



**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

**ECOFISIOLOGIA DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB ESTRESSE SALINO E
ÁCIDO SALICÍLICO NA FASE PÓS-ENXERTIA**

THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA

Campina Grande – PB

Março – 2023

THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA

Engenheiro Agrícola

**ECOFISIOLOGIA DE CAJUEIRO ANÃO PRECOCE SOB ESTRESSE SALINO E
ÁCIDO SALÍCILICO NA FASE PÓS-ENXERTIA**

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

ORIENTADORES: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

Campina Grande – PB

Março – 2023

A779e

Arruda, Thiago Filipe de Lima.

Ecofisiologia de cajueiro anão precoce sob estresse salino e ácido salicílico na fase pós-enxertia / Thiago Filipe de Lima Arruda. – Campina Grande, 2023.

61 f. : il. color.

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

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. Caju (*Anacardium occidentale L.*) – Cultura. 2. Água Salina. 3. Irrigação e Drenagem. 4. Estresse Salino. 5. Ecofisiologia – Cajueiro Anão. I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 634.573(043)



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

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA

ECOFISIOLOGIA DE CAJUEIRO ANÃO
PRECOCE SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO
SALICÍLICO NA FASE PÓS-ENXERTIA

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

Aprovada em: 02/03/2023

Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Orientador(a) - PPGEA/CTRN/UFCG

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

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

Jackson da Silva Nóbrega - Examinador(a) Externo(a) - PDJ/UFCG



Documento assinado eletronicamente por **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-VISITANTE**, em 03/03/2023, às 09:33, 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 **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 03/03/2023, às 17:52, 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 03/03/2023, às 20:49, 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 **Jackson Silva Nóbrega, Usuário Externo**, em 06/03/2023, às 18:27, 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 **3150822** e o código CRC **7DABA1C8**.

Referência: Processo nº 23096.008668/2023-83

SEI nº 3150822

Ao meu bisavô Antônio de Lima (In memorian), o qual me ensinou a ser responsável e educado e quem me aproximou do campo. Sou grato por todos os puxões de orelha e companheirismo. Você meu bisavô, sempre será importante na minha vida! Sei que nesse momento você está bem aqui do meu lado.

MINHA HOMENAGEM

A meus pais, Almeni de Lima Arruda e Marcílio de Souza Arruda, por estarem sempre ao meu lado e me ensinarem tanto, e a minha irmã Thainara de Lima Arruda por sempre me apoiar nas minhas decisões. Aos meus avós, maternos e paternos, por sempre cuidarem de mim: da minha infância até nesse momento.

OFEREÇO

A minha noiva Merillane Dias de Oliveira pelo companheirismo de sempre, por seus ensinamentos e pela força de vontade em me fazer uma pessoa melhor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus por estar sempre me guiando independentemente de quão tortuoso o caminho esteja sendo. A Jesus por ser meu salvador e o meu melhor amigo.

Agradeço a todas as pessoas que acreditaram em mim, pois sem todo esse apoio eu não seria capaz de ter foco para conquistar meus objetivos, sou eternamente grato aos meus pais por todos os ensinamentos e mostrar que humildade vem em primeiro lugar, a minha irmã por acreditar em mim e me apoiar. Deixo meus agradecimentos ao grupo de pesquisa e cada uma que participou desta conquista.

Sou imensamente grato a minha noiva Merillane Dias de Oliveira por sempre estar ao meu lado em cada decisão, suportando-me nos momentos difíceis e ensinando o lado bom da vida e por estar ao meu lado de mãos dadas nesses oito anos. Também sou grato ao meu cachorro “Magoo” por ser a alegria da minha casa o qual não me deixar trazer problemas para meu lar.

Sou grato aos meus orientadores e amigos, Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Dr. Geovani Soares de Lima, por fazerem parte de oito anos da minha vida, da graduação até esse momento e pela presença durante toda essa caminhada. Obrigado por cada momento de conhecimento passado, tornando-me um profissional e uma pessoa melhor. Saibam que vocês são meus amigos de uma generosidade sem igual, diante disso deixo aqui os meus sinceros agradecimentos.

Agradeço também a cada um dos meus amigos que estão comigo desde a graduação me ajudando nessa caminhada, agradeço a Jessica Dayanne Capitulino, André Alisson Rodrigues da Silva, Allesson Ramos de Souza, Cassiano Nogueira de Lacerda, Francisco de Assis, Mirandy Dias, Vitoria Dantas de Sousa, Thamara Costa. Também aos funcionários do LEID Marciano, Branco e Ivanildo, aos professores Sohad, Vera, Sallydelândia, Luciano e a todas as pessoas que fazem parte do grupo “Manejo do solo água e planta na região do semiárido” (MSAP).

Um agradecimento especial à Banca Examinadora pela disponibilidade de estar contribuindo com este trabalho. A Universidade Federal de Campina Grande, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), aos professores e colaboradores que o compõem.

À Fundação de Apoio à Pesquisa da Paraíba – FAPESQ pela concessão de auxílio financeiro (Edital No 09/2021 – Demanda Universal, Termo de Outorga No 3161/2021) para condução da pesquisa e de bolsa de mestrado em pesquisa a (Proc. 309696/2021-6), e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande – PPGEA/UFCG.

“Existem pessoas que surgem em nossas vidas que, sem pedir licença, nos enche de força e proteção. Saibam que essas pessoas são vocês. Vocês são anjos em minha vida. O que vocês fizeram e fazem por mim sempre levarei no meu coração. Ademais, sou imensamente grato”.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Geral.....	17
2.2. Específicos	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. Características morfológicas e botânicas do cajueiro	17
3.2. Disponibilidade e qualidade de água no semiárido	18
3.3. Salinidade no cajueiro anão precoce	20
3.4. Tolerância das plantas ao estresse salino	21
3.5. Efeito dos sais nas plantas	22
3.6. Ácido salicílico como atenuante do estresse salino.....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1. Local do experimento	26
4.2. Delineamento experimental e tratamentos	27
4.3. Aquisição das mudas	28
4.4. Instalação e condução do experimento	28
4.5. Manejo de adubação	30
4.6. Manejo de poda de formação	31
4.7. Tratos fitossanitários.....	31
4.8. Preparo, manejo e aplicação das águas salinas	31
4.9. Preparo e aplicação do ácido salicílico.....	32
4.10. Variáveis avaliadas	33
4.10.1. Variáveis de crescimento.....	33
4.10.2. Variáveis fisiológicas.....	34
4.10.2.1. Trocas gasosas	34

4.10.2.2. Fluorescência da clorofila <i>a</i>	35
4.10.2.3. Pigmentos fotossintéticos	35
4.10.2.4. Extravasamento de eletrólitos no limbo foliar.....	35
4.10.2.5. Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica.....	36
4.11. Análise estatística	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÕES	48
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características químicas e físicas-hídricas do solo utilizado no experimento	29
Tabela 2. Recomendação de adubação mineral para cajueiro anão precoce sob condições irrigadas.....	30
Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, na análise de variância multivariada (MANOVA) e coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.....	39
Tabela 4. Resumo da análise de variância para a fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule do porta enxerto (TCR_{DP}) e do enxerto (TCR_{DE}) do cajueiro anão precoce cultivado com águas salinas e concentrações de ácido salicílico, aos 280 dias após o transplântio.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar durante o período experimental.....	27
Figura 2. Instalação das bases para sustentação dos lisímetros.....	27
Figura 3. Lisímetros utilizados na condução do experimento.....	28
Figura 4. Ilustração das camadas preenchidas do lisímetro.....	29
Figura 5. Transplântio das mudas de cajueiro anão precoce para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem.....	30
Figura 6. Sais utilizados no preparo das águas salinas.....	32
Figura 7. Cortina plástica utilizada para evitar deriva no momento da aplicação do ácido salicílico.....	33
Figura 8. Preparo das amostras para determinação do extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de cajueiro anão precoce.....	36
Figura 9. Preparo das amostras para determinação do conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica no limbo foliar do cajueiro anão precoce.....	37
Figura 10. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores condutividade elétrica (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS) (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (PC1 e PC2)	40
Figura 11. Fluorescência inicial – F_0 (A), máxima – F_m (B), variável – F_v (C) e eficiência quântica do fotossistema II - F_v/F_m (D) de plantas de cajueiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, aos 280 dias após o transplântio....	45
Figura 12. Taxa de crescimento relativo em diâmetro de porta enxerto - TCR_{DP} (A) e do enxerto - TCR_{DE} de plantas de cajueiro, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e das concentrações de ácido salicílico, no período de 220 a 280 dias após o transplântio.....	47

ARRUDA, T. F. de. L. **Ecofisiologia de cajueiro anão precoce sob estresse salino e ácido salicílico na fase pós-enxertia**. 2023. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

A salinidade da água de irrigação pode restringir a produção de caju no semiárido brasileiro. No entanto, a adoção de estratégias de cultivo, como a aplicação de ácido salicílico pode garantir o desenvolvimento da agricultura irrigada. Neste contexto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar o efeito da aplicação de ácido salicílico, via foliar, como atenuante ao estresse salino sobre o crescimento e a fisiologia cajueiro anão precoce na fase pós-enxertia. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, no arranjo fatorial 5×4 , sendo cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e 3,6 dS m^{-1}) e quatro concentrações de ácido salicílico (0, 1, 2 e 3 mM) com três repetições, totalizando 60 unidades experimentais. A irrigação com água de condutividade elétrica acima de 0,4 dS m^{-1} afetou negativamente o conteúdo relativo de água no limbo foliar, as trocas gasosas foliares, os pigmentos fotossintéticos e o crescimento das plantas que não receberam ácido salicílico. Contudo, o ácido salicílico na concentração de 1,0 mM atenuou os efeitos do estresse salino sobre o extravasamento de eletrólitos, o conteúdo relativo de água, as trocas gasosas, a síntese de pigmentos fotossintéticos e o crescimento do cajueiro anão precoce sob CEa de até 3,6 dS m^{-1} . A salinidade da água acima de 0,4 dS m^{-1} diminuiu a fluorescência máxima e variável e a eficiência quântica do fotossistema II, e elevou a fluorescência inicial do cajueiro aos 280 dias após o transplântio. As plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com água de 0,8 dS m^{-1} e aplicação foliar de 1,0 mM de ácido salicílico, obtiveram maior crescimento relativo em diâmetro do porta enxerto e do enxerto no período de 220-280 dias após o transplântio.

Palavras-chave: *Anacardium occidentale* L., água salina, elicitores, tolerância.

ARRUDA, T. F. de. L. **Ecophysiology of early dwarf cashew under saline stress and salicylic acid in the post-grafting phase**. 2023. 62p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

Irrigation water salinity may restrict cashew production in the Brazilian semi-arid region. However, the adoption of cultivation strategies, such as the application of salicylic acid, can guarantee the development of irrigated agriculture. In this context, the objective of this research was to evaluate the effect of applying salicylic acid, via the leaves, as a mitigating factor for saline stress on growth and physiology of early dwarf cashew trees in the post-grafting phase. The experimental design was in randomized blocks, in a 5×4 factorial arrangement, with five levels of electrical conductivity of irrigation water - ECw (0.4; 1.2; 2.0; 2.8 and 3.6 dS m^{-1}) and four concentrations of salicylic acid (0, 1, 2 and 3 mM) with three replications, totaling 60 experimental units. Irrigation with water with an electrical conductivity above 0.4 dS m^{-1} negatively affected the relative water content in the leaf blade, leaf gas exchange, photosynthetic pigments and growth of plants that did not receive salicylic acid. However, salicylic acid at a concentration of 1.0 mM attenuated the effects of salt stress on electrolyte leakage, relative water content, gas exchange, photosynthetic pigment synthesis and growth of early dwarf cashew trees under ECw of up to 3.6 dS m^{-1} . Water salinity above 0.4 dS m^{-1} decreased maximum and variable fluorescence and photosystem II quantum efficiency and increased initial cashew fluorescence at 280 days after transplanting. Precocious dwarf cashew plants cultivated with 0.8 dS m^{-1} water and 1.0 mM salicylic acid foliar application, obtained greater relative growth in rootstock and scion diameter in the period of 220-280 days after transplant.

Key words: *Anacardium occidentale* L., saline water, elicitors, tolerance

1. INTRODUÇÃO

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) é uma frutífera amplamente cultivada no Brasil, sobretudo na região semiárida do Nordeste, tendo grande importância socioeconômica, na geração de emprego e renda. O cultivo desta fruteira é direcionado para a produção de castanha e seus processados e também do seu pseudofruto, além do consumo in natura (Bezerra et al., 2007; Lima et al., 2020; Sousa et al., 2023).

Considerada uma das mais importantes espécies cultivadas das regiões tropicais no mundo, o cajueiro ocupa uma área de aproximadamente 3,4 milhões de hectares com uma produção estimada de 3,1 milhões de toneladas de castanha, destacando-se o Vietnã, a Índia, o Brasil e a Nigéria como principais países produtores mundiais (Oliveira, 2008).

O Nordeste do Brasil possui uma área plantada de aproximadamente 616.189 ha, e produz cerca de 99% da produção nacional de castanha, tendo como principais produtores os estados do Ceará (62.977 t), Piauí (19.20 t) e Rio Grande do Norte (16.920 t) (Suassuna et al., 2017). No ano de 2021, a região Nordeste do Brasil produziu aproximadamente 111.103 t de castanha de caju e a Paraíba, por sua vez, obteve uma produção de aproximadamente 676 t em uma área cultivada de 2,941 ha com uma produção média de 230 kg por hectare (IBGE, 2021). O cajueiro é rico em vitaminas do complexo c, cálcio, fósforo, ferro e possui grande importância na indústria farmacêutica, cosmética, e também é usado no processamento de alimentos do bagaço do pseudofruto “caju” podendo ser aproveitado na culinária (Suassuna et al., 2017).

Existem dois tipos de cajueiro difundidos no Brasil: o cajueiro comum e o anão precoce. Dentre estes, o cajueiro anão precoce se destaca pelo bom desenvolvimento e produção mais elevada do que o comum (Rossetti et al., 2020). Segundo Souza et al. (2020a), o sistema econômico que engloba a cadeia produtiva do caju tem uma grande importância socioeconômica principalmente através da geração de emprego e renda para a população do semiárido.

As áreas agrícolas do semiárido do Nordeste brasileiro estão sujeitas à utilização de água salobra para irrigação como alternativa à escassez de água de baixa salinidade e expansão das áreas irrigadas (Velooso et al., 2023). Devido a irregularidade, má distribuição das chuvas e alta taxa de evaporação nesta região, ocorre o aumento significativo no acúmulo de sais solúveis e/ou sódio trocável nas camadas agricultáveis do solo, resultando em perdas da cobertura vegetal e da produção agrícola (Castro & Santos, 2020). No entanto, devido a reduzida disponibilidade hídrica de águas de baixa salinidade, o uso de águas com elevados teores de sais torna-se uma alternativa para a continuidade da agricultura irrigada (Cabral et al., 2019).

O estresse salino é um dos principais fatores abióticos que afeta negativamente o crescimento, rendimento e qualidade das culturas em todo o mundo (Rehman et al., 2022). O excesso de sais presentes na água de irrigação reduz o potencial osmótico do solo, dificulta a absorção de água e nutrientes provocando alterações severas no metabolismo das plantas (Silva et al., 2021a). A salinidade também induz o estresse oxidativo pelo acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROS) nas plantas que afeta negativamente a estrutura de enzimas, ácidos nucleicos e lipídios (Li et al., 2022), limita as trocas gasosas, danifica a integridade celular e a estrutura da clorofila afetando negativamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas (Liang et al., 2018).

A aplicação de fitohormônio pode ser utilizada como uma estratégia para minimizar as perdas de rendimento induzidas pela salinidade e aumentar a tolerância das plantas ao estresse salino (Quamruzzaman et al., 2021). Dentre os fitohormônios, destaca-se o ácido salicílico, composto fenólico que desempenha papel importante na sinalização de estresses de origem biótico e abiótico (Nazar et al., 2011; Lacerda et al., 2022).

O ácido salicílico é naturalmente produzido pela planta, sendo capaz de atenuar danos causados por condições de estresse por meio da expressão de genes, no qual induz a ativação e catalização de enzimas antioxidativas e proteínas biossintéticas resultando na redução e degradação da EROS nas células (Aldesuquy et al., 2018; Wang et al., 2019; Silva et al., 2020). Estudos relataram que a aplicação foliar de ácido salicílico pode atenuar os efeitos deletérios causados pelo estresse salino em morango (Samadi et al., 2019), amêndoa (Mohammadi et al., 2020), uva (Ekbic et al., 2020), tâmara (Jasim & Ati, 2020), laranja (Mahmoud et al., 2021) e graviola (Silva et al., 2022).

Todavia, são incipientes as informações sobre sua utilização na cultura do cajueiro anão precoce sob irrigação com águas salinas nas condições de semiárido do Nordeste brasileiro. Diante do exposto, é imprescindível a identificação de alternativas que permitam melhorar o desenvolvimento desta cultura através de manejos mais eficientes da irrigação com águas salina e uso de elicitores, a fim de elevar a tolerância desta cultura ao estresse salino. É possível se traçar estratégias de cultivo para minimizar os efeitos deletérios dos sais nas fases de estiagem (verânico), nos cultivos ou quando houver baixa disponibilidade de água para irrigação do cajueiro sob condições do semiárido paraibano com a finalidade de ter uma produção relativa satisfatória ao fim de cada ciclo do cajueiro anão precoce.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico como atenuante do estresse salino na fisiologia e crescimento de cajueiro anão precoce na fase pós-enxertia.

2.2. Específicos

- Avaliar o crescimento das plantas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas salinas e submetidas a concentrações de ácido salicílico, aplicado via foliar;
- Analisar as trocas gasosas e os índices de fluorescência da clorofila *a* do cajueiro anão precoce irrigado com águas salinas e concentrações de ácido salicílico via pulverização foliar;
- Determinar os teores de pigmentos fotossintéticos, o extravasamento de eletrólitos e o conteúdo relativo de água do cajueiro anão precoce cultivado sob diferentes condutividades elétricas da água de irrigação e concentrações de ácido salicílico; e
- Determinar qual a dose de ácido salicílico capaz de atenuar os efeitos deletérios do estresse salino em plantas de caju anão precoce.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Características morfológicas e botânicas do cajueiro

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) pertencente à família Anacardiaceae, é uma espécie tropical e uma das principais frutíferas do Brasil. É uma planta perene, de ramificação baixa e porte médio, possui um tamanho de copa de aproximadamente 5 a 8 m e diâmetro médio entre 12 e 14 m. Dependendo do genótipo, a planta pode chegar a 15 m de altura e 20 m de diâmetro. As folhas podem chegar a medir cerca de 10 a 20 cm de comprimento por 6 a 12 cm de largura e possui aspecto subcoriáceo de curto-peciolas (Barros et al., 2002; Araújo et al., 2018).

O sistema radicular é formado por uma raiz pivotante, muitas vezes bifurcada, profunda e por um conjunto de raízes laterais concentradas entre 15 e 32 cm da superfície do solo (Barros et al., 2002; Araújo et al., 2018). O sistema reprodutivo constitui-se de flores masculinas (estaminadas) e hermafroditas na mesma planta, ou seja, é uma planta andromonóica. No período de inflorescência são encontradas panículas com dois tipos de flores, ocorrendo assim uma distribuição mais homogênea fazendo com que as plantas mais produtivas apresentem um número mais elevado de flores hermafroditas (Sousa et al., 2007; Martins et al., 2017). As flores

são constituídas de cinco sépalas, cinco pétalas, um ovário simples e de sete a quinze estames (Pereira et al., 2021).

O pseudofruto do cajueiro juntamente com seu fruto “castanha”, apresentam crescimento lento, atingindo o tamanho máximo somente perto da completa maturação, devido à grande variação da relação peso do fruto/peso. Os seus produtos, o pseudofruto e a castanha, possuem grande potencial econômico pois são muito usados para processamento industrial para serem cozidas, assadas ou transformadas em farinha de castanha; seu pseudofruto também é utilizado no processamento industrial para produção de doces, sucos e polpas (Marques et al., 2017; Rodrigues et al., 2020).

O fruto chamado de castanha é composto de epicarpo, mesocarpo, endocarpo e a amêndoa coberta por uma panícula (Osmari et al., 2015). O pseudofruto que é a parte suculenta é carnosos, podendo apresentar coloração amarelo, rosado ou vermelho; seu crescimento e amadurecimento ocorre entre 56 e 60 dias após à emissão do fruto (Sousa et al. 2021). O pseudofruto do caju é uma grande fonte de vitamina C, A e do complexo B, proteínas, lipídios e carboidratos, além de sais minerais como cálcio, fósforo e ferro, zinco, magnésio, fibras e gordura insaturada (Neves et al., 2016; Souza et al., 2020b).

O cajueiro anão precoce é uma cultura que apresenta altura média de 3,0 m e diâmetro médio da copa de 5,0 m e apresenta uma produtividade de aproximadamente 338,9 kg/ha em condições de sequeiro (Guilherme et al., 2005; Freitas et al., 2020). A região Nordeste brasileira possui uma área plantada de 585.966 ha e uma produção de aproximadamente 103.848 t anuais (Almeida et al., 2017; Souza et al., 2020a). O cajueiro é uma cultura que tem grande importância econômica na agricultura familiar, sendo adaptada a regiões tropicais e de clima quente suportando longos períodos de estiagem garantindo o sustento das famílias através da comercialização da castanha e do pseudofruto (Alencar et al., 2018).

3.2. Disponibilidade e qualidade de água no semiárido

A região Nordeste abrange 18,27% do território brasileiro, ocupando uma área de 1.561,177,8 km², dos quais 841.260,9 km² (53,9%) caracterizada como semiárido nordestino, região que sempre apresentou problemas socioeconômicos decorrentes da má distribuição temporal e espacial das precipitações (Barroso et al., 2011; Santos et al., 2017).

O relevo do semiárido é acidentado e pouco profundo com solos de baixa fertilidade, e geralmente com problemas relacionados ao acúmulo de sais oriundos do intemperismo natural da rocha mãe. Estes solos possuem boa condutividade hidráulica, mesmo quando ocorrem as chuvas concentradas, por apresentarem um horizonte B de textura argilosa (Lima et al., 2020a).

A agricultura irrigada tem sido uma solução para garantir o desenvolvimento da produção de alimentos e geração de renda para os agricultores, tendo em vista a baixa disponibilidade e qualidade de águas para irrigação, as quais devem ser avaliadas principalmente sob três aspectos: salinidade, sodicidade e toxicidade de íons (Sales et al., 2020).

A salinidade diz respeito ao acúmulo de sais em sua forma solúvel e contribui na diminuição do potencial osmótico da solução do solo e por conseguinte, na absorção de água e nutrientes pelas plantas (Lima et al., 2017). A sodicidade se refere ao acúmulo de íons de sódio (Na^+) os quais estão presentes na água de irrigação e que eleva a percentagem de sódio trocável no solo; para medir o seu risco, utiliza-se a relação de adsorção de sódio. A toxicidade de íons corresponde ao efeito de alguns íons (cloreto, sódio e boro) sobre as plantas, que quando encontrados em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (Silva, 2013).

Os principais sais presentes nas fontes na água do Nordeste brasileiro são principalmente, de Na, Ca e Mg, com proporção de 7:2:1, respectivamente (Medeiros, 1992). Silva Júnior et al. (2012) constataram que na água do semiárido nordestino a maioria dos sais presentes são cloreto de sódio (NaCl), o sulfato de magnésio (MgSO_4), o sulfato de sódio (Na_2SO_4), o cloreto de magnésio (MgCl_2) e o carbonato de sódio (Na_2CO_3).

Em estudo realizado por Medeiros (1992) afirma que a concentração de sulfatos presente nas águas do Nordeste não ultrapassa 10% do total de ânions, enquanto a concentração de sódio chega a ser superior a 50% do total de cátions. Nesta região cerca de 30% possuem águas consideradas de baixa qualidade para irrigação, além disso, nas áreas que são irrigadas com água de baixa e média salinidade, demonstram problema de salinidade devido ao acúmulo de sais decorrentes do manejo inadequado da irrigação (Dias & Blanco, 2016).

As águas encontradas nessa região podem apresentar níveis elevados de sais, promovendo efeitos negativos tanto para os atributos físicos e químicos do solo como para a planta, destacando as alterações morfológicas, químicas e estruturais (Lima et al., 2018). Cerca de 85% da área da região semiárida nordestina é composta por rochas cristalinas impermeáveis fazendo com que a água fique retida em fraturas. Essas fraturas originam os poços que é a principal forma de obtenção de água desta região, porém em pequenas quantidades e de qualidade imprópria para irrigação (Palácio et al., 2009). As fontes de águas desta região se limitam às superficiais como açudes de pequeno e médio porte e subterrâneas de poços artesianos ambas em condições de alto teor de sais, (Medeiros et al., 2003).

Não obstante, a maior parte das áreas agricultáveis da região Nordeste possuem características salinas e sódicas, em parte, devido às más condições de drenagem do solo e o

uso inadequado da irrigação no que reflete na busca por melhores práticas de manejo de irrigação (Ribeiro et al., 2016). Levando em consideração a crescente demanda de alimento pela população é necessário a busca por recursos disponíveis para tal demanda, e no caso do semiárido nordestino, a busca pelo uso de águas na irrigação com altos teores de sais implica em danos à planta (Tanveer et al., 2019). Estas áreas agrícolas, estão sujeitas à utilização de água salobras para irrigação como alternativa à escassez de água e também pela crescente expansão das áreas irrigadas no semiárido (Velooso et al., 2018).

3.3. Salinidade no cajueiro anão precoce

O cajueiro é uma cultura classificada como moderadamente sensível ao estresse salino, podendo ter seu desenvolvimento comprometido em função do excesso de sais, principalmente na fase inicial e pós enxertia (Ferreira-Silva, 2009). Sendo uma frutífera de ciclo perene e que suporta temperaturas que variam entre 33 a 35° C o cajueiro, contudo sofre com as condições adversas impostas pelo estresse salino (Amorim, 2019).

Em estudo desenvolvido por Lima et al. (2020b) avaliando os índices fisiológicos e o acúmulo de fitomassa em clones (Faga 11, Embrapa 51, CCP 76) de cajueiro anão precoce sob estresse salino durante a formação do porta-enxerto, constataram que todos os clones de cajueiro são sensíveis à salinidade da água de irrigação, ocorrendo reduções no crescimento sob irrigação com água a partir de 0,4 dS m⁻¹. Souza et al. (2019) estudando a morfofisiologia e a qualidade de porta-enxertos de cajueiro sob irrigação com água salina, constataram que a salinidade da água a partir de 0,3 dS m⁻¹ afetou negativamente as trocas gasosas e a qualidade de porta-enxerto de cajueiro.

Fátima et al (2022) em pesquisa realizada com clones de porta enxerto de cajueiro anão irrigados com águas salinas, verificaram que os níveis de salinidade da água de irrigação a partir de 2,1 dS m⁻¹ reduziram a eficiência fotoquímica do fotossistema II em pelo menos 10% no que afetou o aparato fotossintético do cajueiro aos 70 dias após o semeio.

O uso de águas com altos teores de sais representa um desafio para as culturas agrícolas e tem sido considerado uma restrição severa à produtividade agrícola principalmente para os cajulcultores (Nadeem et al., 2019). A salinidade, tanto na água como no solo, pode inibir o crescimento das plantas devido ao estresse hídrico causado pela redução do potencial osmótico e diferenciação da pressão osmótica, causando desequilíbrio na absorção de nutrientes minerais (Lima et al., 2020). Em pesquisa com clones de cajueiro anão precoce, Lima et al. (2020) observaram que o aumento da CEa de 0,4 a 3,6 dS m⁻¹ afetou negativamente o acúmulo de fitomassa seca de clones de cajueiro anão.

O decréscimo da produção de fitomassa é uma consequência na redução do crescimento relativo da área foliar da planta, o que tem relação com a diminuição da fotossíntese e o deslocamento da energia destinada ao crescimento para as reações químicas, celulares e metabólicas (Silva Júnior et al., 2012). Sousa et al. (2010) ao avaliarem o efeito da salinidade da água de irrigação no crescimento inicial de mudas de cajueiro BRS 275, verificaram redução na fitomassa seca da folhas foi afetada negativamente pelo aumento da CEa a partir de 3,0 dS m⁻¹.

A resposta das plantas a salinidade depende de fatores, como genótipo, duração e tempo na qual a planta é submetida ao estresse, práticas de manejo de adubação e irrigação (Negrão et al., 2017). Lima et al. (2019) avaliando os teores de pigmentos fotossintéticos e fluorescência do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) sob níveis de condutividade elétrica da água (CEa de 0,4 a 3,6 dS m⁻¹), constataram redução no parâmetros de clorofila *a* e *b*.

3.4. Tolerância das plantas ao estresse salino

A salinidade é um fator que afeta culturas sensíveis de forma deletéria em virtude dos efeitos osmóticos e iônicos (Schossler et al., 2012). No entanto, as respostas das plantas a salinidade dependem de várias características que a planta possui (Coelho, 2013). As plantas são classificadas de acordo com sua tolerância a salinidade: as halófitas e glicófitas; as primeiras são mais tolerantes ao estresse salino pois possuem uma maior capacidade de ajustamento osmótico (Willadino & Camara, 2010). As glicófitas são sensíveis aos sais, havendo uma alta variabilidade entre espécies e não possuem mecanismos bem definidos de tolerância a salinidade (Silva et al., 2018a).

A capacidade de sobrevivência das plantas sensíveis em condições de estresse salino está associada aos mecanismos que conferem tolerância ao estresse; a salinidade pode se manifestar reduzindo o crescimento das plantas pelo estresse osmótico, diminuindo a absorção de água e consequentemente de nutrientes (Willadino & Câmara, 2010; Silva et al., 2019).

As plantas tolerantes à salinidade apresentam cinco processos que as tornam mais resistentes: 1- Seletividade no processo de absorção pelas células das raízes; 2- Carregamento do xilema preferencialmente com K⁺, mais do que com Na⁺; 3- Remoção dos sais do xilema na parte superior das raízes, caule pecíolo ou bainhas foliares; 4- Retranslocação de Na⁺ e Cl⁻ no floema, garantindo a ausência de translocação para tecidos da parte aérea em processo de crescimento; e 5- Excreção de sais através de glândulas ou pelos vesiculares, presentes apenas nas halófitas (Alvarenga et al., 2019).

Para diminuir os efeitos da salinidade e sodicidade, as plantas tolerantes se ajustam osmoticamente compartimentalizando íons de sais nos vacúolos e diminuindo o seu potencial (Dias et al., 2016). Os solutos compatíveis constituem um pequeno grupo de substâncias de natureza química distinta, destacando-se: aminoácidos (prolina), compostos amônio-quaternários (glicina betaína), compostos sulfonium-terciário, polióis (pinitol e manitol), açúcares solúveis (frutose e sacarose) ou poliméricos (frutanas), além de poliaminas (Willadino & Camara, 2010). Além disso, ocorre atuação de enzimas que eliminam os radicais livres protegendo a formação ou estabilidade de novas proteínas (Abdelrahman et al., 2018).

Outro fator que pode ser levado em consideração para caracterizar a tolerância das plantas à salinidade é o estado nutricional, visto que incrementos na concentração de NaCl na solução do solo prejudicam a absorção radicular de nutrientes, principalmente de K^+ e Ca^{2+} e interferem nas funções fisiológicas. Desta forma, a habilidade das plantas em manter altos teores de K^+ e Ca^{2+} e baixos níveis de Na^+ nos tecidos é um dos mecanismos-chaves que contribui para expressar a maior tolerância à salinidade. Na maioria dos casos, plantas tolerantes são capazes de manter altas relações K^+/Na^+ nos tecidos (Dias & Blanco, 2016; Abdelrahman et al., 2018).

3.5. Efeito dos sais nas plantas

O conceito de salinidade pode ser definido como a presença de sais solúveis no solo e/ou na água de irrigação que prejudicam o desenvolvimento das culturas, especialmente em climas secos (Diniz et al., 2017; Tagliaferre et al., 2018). Os principais íons relacionados à salinidade são os cátions sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+) e os ânions cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}) e nitrato (NO_3^-) (Morais et al., 2018; Silva et al., 2020).

O estresse salino provoca alterações no crescimento e desenvolvimento das plantas ocasionando desequilíbrios em todas as fases de desenvolvimento (Seido et al., 2019), esses distúrbios são gerados devido aos efeitos osmóticos e iônicos (Lima et al., 2017). Os efeitos dos sais nas plantas podem variar entre espécies e cultivares de uma mesma espécie, além das condições climáticas da região, tipo de solo, método de irrigação e estágio de desenvolvimento das plantas (Dias & Blanco, 2016; Alvarenga, 2019).

As plantas podem apresentar alguns efeitos deletérios como em estudos realizados por Silva et al. (2019) ao estudar o comportamento do melão no qual a quantidade de sais presentes no solo e na água de irrigação afetaram as características morfofisiológicas da planta. Em cajueiro, constatou-se que à medida em que os níveis de salinidade vão elevando-se ocorre uma redução na absorção de água pela planta, com isso, os estômatos se fecham para diminuir a

perda de água pela evapotranspiração levando a planta a um estresse térmico (Lima et al., 2020a). Estudos realizados com cajueiro anão precoce BRS-226 Planalto, irrigados com água salina, verificou-se que o crescimento do cajueiro anão foi afetado de forma negativa com o aumento da CEa até 3,5 dS m⁻¹, aos 122 dias após o transplântio (Andrade et al., 2022).

A salinidade pode trazer vários efeitos deletérios na planta de caráter osmótico, sendo o acúmulo excessivo de sais o responsável pela dificuldade na absorção de água nas plantas afetando os processos fisiológicos, reduzindo as trocas gasosas, o crescimento e a produção (Pedrotti et al., 2015; Bonifácio et al., 2018; Guimarães et al., 2021).

O potencial osmótico é reduzido pela salinidade, fazendo com que a planta não tenha força para absorver água pela diferença de potencial. Desta forma, quando a planta entra em contato com a salinidade, ocorre o fechamento estomático e, conseqüentemente, a redução na entrada de dióxido de carbono na câmara subestomática resultando na diminuição da taxa de assimilação de CO₂ (Willadino & Câmara, 2010; Martins et al., 2019). As plantas são afetadas pela salinidade em todos os níveis de organização: órgão, tecido e célula; desta forma, a resposta à salinidade é complexa envolvendo especificidades nos níveis de órgãos e células e variabilidade com estágio de desenvolvimento e idade (Kravchik & Bernstein, 2013).

A célula vegetal se ajusta osmoticamente para assegurar a entrada de água, deixando a célula turgida ocorrendo assim, o alongamento da parede celular (Dias & Blanco, 2016). Um destes ajustes comumente citados é a capacidade de algumas culturas tem de acumular íons no vacúolo, solutos orgânicos no citoplasma a fim de permitir a manutenção da absorção de água (Dias & Blanco, 2016). Esta compartimentação do sal permite, as plantas tolerantes, uma maior adaptabilidade a condições de estresse salino, seja na água de irrigação ou no solo, por outro lado, as plantas sensíveis, glicófitas, tendem a excluir os sais na solução do solo, mas não são capazes de realizar o ajuste osmótico afetando toda estrutura morfológica e fisiológica da planta (Dias & Blanco, 2016; Martins et al., 2019).

Em estudo desenvolvido por Carneiro et al. (2007) com clones de cajueiro anão precoce sob estresse salino, foi verificado que a irrigação com água de condutividade elétrica acima de 1,6 dS m⁻¹ provocou redução nos componentes fisiológicos e morfológicos do cajueiro anão. Da mesma forma, Souza et al. (2021) constataram que a salinidade da água a partir de 2,3 dS m⁻¹ afetou negativamente a produção de fitomassa acarretando diminuição no crescimento das plantas.

O estresse iônico também é um efeito desencadeado pelo excesso de sais, em que a toxidez por íons específicos nas folhas pode causar três sintomas específicos: 1- queimadura no ápice das folhas até as bordas por cloretos; 2- surgimento de queimaduras ou necroses; 3-

manchas amarelas ou secas nas bordas e no ápice das folhas velhas por conta do boro (Dias & Blanco, 2016).

As plantas sofrem por problemas de toxicidade quando os íons de sódio presentes no solo e na água de irrigação se acumulam nos tecidos (Silva, 2011; Martins et al., 2019). A toxicidade nas plantas pode ser provocada por sódio, boro, bicarbonatos e cloretos que, em concentração elevada, favorecem distúrbios fisiológicos (Batista et al., 2002; Guimarães et al., 2021). A toxidez dos íons, frequentemente, ultrapassa as concentrações de macro e micronutrientes, reduzindo a absorção destes nutrientes minerais especialmente o NO_3^- , K^+ e Ca^{2+} , ocasionando efeito antagônico em alguns nutrientes (Larcher, 2000).

Nos ambientes salinos o NaCl é geralmente, o sal predominante e, conseqüentemente, aquele que causa maiores danos às plantas (Silva et al., 2020). Em vista disto, o excesso de Na^+ e, sobretudo de Cl^- no protoplasma ocasiona distúrbios em relação ao balanço iônico, além dos efeitos específicos destes íons sobre as enzimas e membranas celulares (Flores, 1990; Silva et al., 2020). Desta forma, os efeitos deletérios causados pela toxicidade nas plantas podem expressar-se fisiologicamente propiciando reflexos diretos e indiretos, visto que a elevada concentração de íons provoca danos nas folhas, além da catalização da senescência foliar (Dias & Blanco, 2016).

O desequilíbrio nutricional ocorre como consequência da evolução dos estresses osmóticos e tóxicos nas plantas pois há uma significativa alteração nos processos de absorção, transporte, assimilação de nutrientes na planta (Farias et al., 2009). O excesso de Na^+ inibe a absorção de nutrientes, como o K^+ e o Ca^{2+} podendo ser chamado de efeito antagônico dos sais em outros cátions presentes no complexo de troca (Farias et al., 2009; Guimarães et al., 2021).

O estresse salino provoca o aumento dos teores dos íons Na^+ e Cl^- nas folhas de berinjela, seguido da redução dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ refletindo o desequilíbrio nutricional como consequência do estresse salino progressivo, o qual também diminui a concentração de K^+ e aumenta os teores de N, Cu^{2+} , Na^+ e Cl^- no caule (Bosco et al., 2019).

A presença de íons na água de irrigação e no solo pode ocasionar problemas de fitotoxicidade sendo este problema, mais evidente em plantas que possuem menor tolerância à salinidade em que surgem quando os íons se acumulam de forma excessiva nos tecidos das plantas causando reduções no rendimento, crescimento e em todos os processos químicos da cultura (Dias & Blanco, 2016). O acúmulo de íons promove, a priori, desbalanço osmótico celular e em seguida, toxidez iônica causando vários danos no citoplasma, principalmente de íons de sódio, cloro e boro (Dias & Blanco, 2016).

O elevado teor de sódio pode contribuir para problemas de interferência na disponibilidade de nutrientes e causar queimaduras no aparato fotossintético (De Pascale et al., 2013). O sódio, quando absorvido em grande quantidade pela planta, torna-se altamente tóxico causando danos fisiológicos e deficiência na absorção de nutrientes como K e Ca, problemas referentes ao estresse hídrico e indução da criação de EROS pelo desbalanço dos sistemas de oxirredução (Dias & Blanco, 2016). O cloreto é um íon de fácil movimentação entre a planta e o solo fazendo com que seja de fácil absorção pelas raízes e rapidamente transferido para o aparato fotossintético causando interferência na absorção de nitratos o que causa desequilíbrio nutricional, amarelamento das folhas e queda precoce (De Pascale et al., 2013; Dias & Blanco, 2016). O boro por sua vez, é um elemento essencial na nutrição sendo absorvido pelas raízes na forma de ácido bórico neutro e como borato e atua na síntese e estrutura da parede celular estando envolvido no crescimento tubo polínico (Brown et al., 2002). Problemas relacionados à toxidez por boro ocorrem pela elevada concentração de boro na água e no solo ocasionando problemas nas nervuras no centro das folhas (Brown et al., 2002; Dias & Blanco, 2016).

3.6. Ácido salicílico como atenuante do estresse salino

O ácido salicílico é um fitohormônio natural que exerce a função antioxidante atenuando os efeitos deletérios dos sais nas plantas. Ele é capaz de se acumular em plantas sob condições adversas, como ataque de patógeno ou por indução de elicitores auxiliando nos processos de acúmulo de pigmentos, fotossíntese, biossíntese, produção de calor, movimentos estomáticos, germinação, absorção de nutrientes (Dat et al., 1998; Silva et al., 2020).

Na natureza ou de forma sintética, existem vários compostos que exercem a função de proteção na planta aumentando sua tolerância aos estresses provenientes do acúmulo de sais solúveis ou em sua forma trocável e um destes compostos é o ácido salicílico (Antoniou et al., 2016). O ácido salicílico auxilia na proteção e no aumento da atividade de enzimas antioxidantes em condições estressantes, tornando as plantas tolerantes ao estresse (Rajeshwari & Bhuvaneshwari, 2017).

Estudos relacionados ao ácido salicílico associado à indução de tolerância das plantas ao estresse salino apontam afeito benéfico da sua pulverização em diversas culturas, como observado em cevada (Pirasteh-Anosheh et al., 2017), tomate (Gharbi et al., 2018), e graviola (Silva et al., 2021). Contudo, os efeitos da aplicação deste fitohormônio depende de alguns fatores, como concentração, espécie, estágio de desenvolvimento da cultura e o modo de aplicação (Poór et al., 2019).

Silva et al. (2021b) em pesquisa com a gravioleira sob irrigação com águas salinas, constataram que a aplicação do ácido salicílico através de pulverização foliar na concentração de 1,3 mM atenuou os efeitos deletérios do estresse salino no extravasamento de eletrólitos, aumentou a taxa de assimilação de CO₂ e a eficiência instantânea da carboxilação.

O ácido salicílico pode aumentar a atividade da RuBisCO, absorção de potássio, conteúdo de ATP e manter uma ótima relação K⁺/Na⁺ nas plantas, favorecendo desta forma na tolerância das plantas ao estresse salino (Lee et al., 2014). De acordo com Nahar et al. (2016) a substituição de Na⁺ por K⁺, exclusão de Na⁺ e retenção de K⁺ intracelular são mecanismos importantes para tolerância das plantas ao estresse salino.

A aplicação foliar do ácido nas concentrações de 0, 3, 6,0 e 9,0 mM em porta-enxertos de videira americana (1103P, 110R e 41B), em estresse salino máximo da água de irrigação de 8,0 dS m⁻¹ trouxe benefícios atenuando os efeitos deletérios dos sais no crescimento dos porta-enxertos de videira americana (EKBIC et al., 2020).

Conforme apresentado, percebe-se que a pulverização foliar de ácido salicílico tem mostrado eficiência no processo de aclimatação de plantas ao estresse ocasionado pela salinidade. Todavia, não há relatos na literatura sobre a utilização do ácido salicílico na cultura do caju anão precoce sendo de fundamental importância a realização de estudos, no intuito de viabilizar alternativas que contribuam para a mitigação dos problemas ocasionados pela salinidade na cultura.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

A pesquisa foi desenvolvida durante o período de fevereiro a novembro de 2022 sob condições de casa de vegetação pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (CTRN/UFCG), localizada em Campina Grande, PB, situada pelas coordenadas geográficas 07°15'18" latitude S, 35°52'28" de longitude W e altitude média de 550 m. De acordo com a classificação climática Köppen, a região possui clima com temperaturas mais moderadas, considerado tropical com estação seca do tipo *As*. As condições de temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar estão apresentadas na Figura 1.

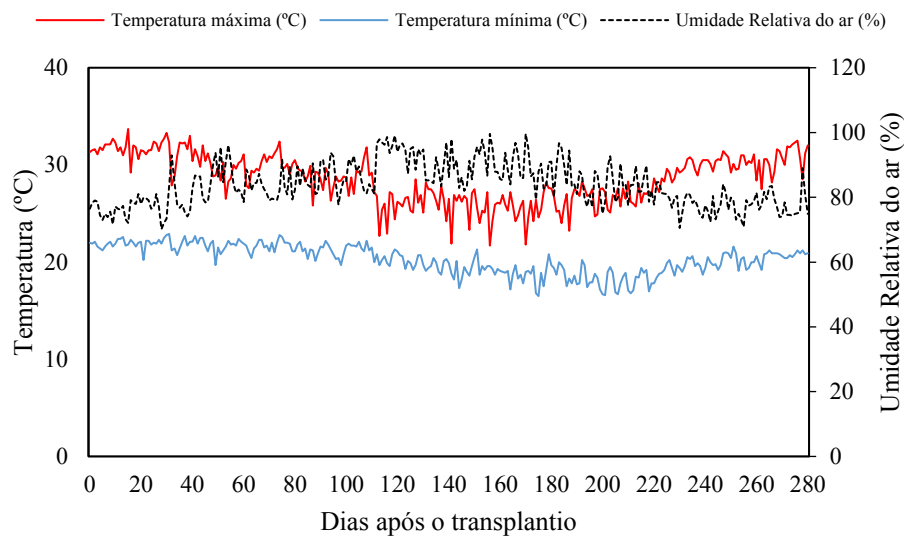


Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar durante o período experimental

4.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5×4 , cujos tratamentos foram constituídos pela combinação de dois fatores: cinco níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e 3,6 dS m^{-1}) e quatro concentrações de ácido salicílico (0; 1; 2 e 3 mM), com três repetições totalizando 60 parcelas experimentais (Figura 2). Os níveis de condutividade elétrica foram estabelecidos de acordo com estudo de Lima et al. (2020a) em pesquisa realizada com cajueiro anão precoce. Já as concentrações de ácido salicílico foram definidas por meio da pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2021a) em pesquisa realizada com gravioleira cv. Morada nova.



Figura 2. Instalação das bases para sustentação dos lisímetros

4.3. Aquisição das mudas

Foram adquiridas do viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças localizado no município de Pacajus - CE, cultivadas em sacolas de polietileno com dimensões 10 × 20 cm e capacidade volumétrica de 0,5 L, enxertadas pelo tipo fenda cheia, usando o clone CCP 76 porta-enxerto e a BRS 226 Planalto como enxerto. As mudas estavam com 150 dias após a enxertia as quais foram irrigadas com água de baixa condutividade elétrica (CEa 0,4 dS m⁻¹) até 45 dias após o transplante.

O clone CCP 76 é recomendado tanto para o cultivo em sequeiro como irrigado, destacando-se pelo aproveitamento do pedúnculo para o mercado de mesa, pois é um dos mais saborosos e possui elevada produção (Cavalcante, 2013). Já a BRS 226 possui alta produtividade e boa qualidade do pedúnculo (caju) e da amêndoa, sendo resistente à resinose e podridão preta da haste, doenças que vêm causando prejuízos significativos aos cajucultores (Cavalcante, 2013).

4.4. Instalação e condução do experimento

Foram utilizados vasos adaptados a lisímetros de drenagem de 250 L de capacidade para o cultivo das plantas (Figura 3). Os lisímetros foram perfurados na base onde foi acoplada a um dreno transparente de 20 mm de diâmetro para permitir a drenagem. A extremidade do dreno, que ficou dentro do lisímetro, foi envolvida com uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução do material de solo. Abaixo de cada dreno foi inserida uma garrafa plástica para a coleta de água drenada e estimativa do consumo de água pela planta. Os lisímetros foram dispostos no espaçamento 1,0 m entre linhas e 1,5 m entre lisímetros (1,0 m × 1,5 m).



Figura 3. Lisímetros utilizados na condução do experimento

Os vasos foram preenchidos com uma camada de 0,5 kg de brita seguida de 260 kg de material de solo representativo da região semiárida (Figura 4) com Neossolo Regolítico

(Entisol) de textura franco-argilo-arenoso, proveniente do Riachão do Bacamarte, PB, o solo foi coletado na profundidade de 0-30 cm (horizonte A) e devidamente destorroado e homogeneizado.

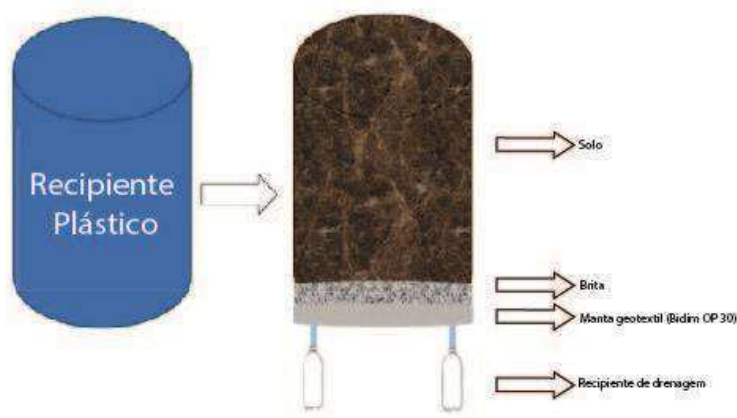


Figura 4. Ilustração das camadas preenchidas do lisímetro

Antes de iniciar o experimento, uma amostra de solo foi coletada para determinação dos parâmetros químicos e físico-hídrico (Tabela 1) no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS) da UAEEA/UFCG, conforme metodologia de Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas-hídricas do solo utilizado no experimento

Características químicas								
pH (H ₂ O)	M.O.	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
1:2,5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmol _c kg ⁻¹					
4,93	9,3	10,7	0,2	0,51	1,77	1,60	2,64	0,51
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CE _{es}	CTC	RAS	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) ^{0,5}	%	Areia	Silte	Argila	33,42 kPa ¹	1519,5 kPa ²
1,15	7,23	0,38	7,05	760,9	164,5	74,6	13,07	5,26

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} referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

O transplântio das mudas para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem (Figura 5) foi realizado em fevereiro de 2022. Antes do transplântio, as mudas foram aclimatadas durante o período de 7 dias na casa de vegetação. Durante este período as plantas foram

irrigadas com água de baixa salinidade ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$). A aplicação das águas salinas iniciou-se 45 dias após o transplântio das mudas.



Figura 5. Transplântio das mudas de cajueiro anão precoce para os vasos adaptados como lisímetros de drenagem

4.5. Manejo de adubação

As adubações de nitrogênio, fósforo e potássio foram baseadas na recomendação de Oliveira (2002) para o cultivo irrigado do cajueiro anão precoce (Tabela 2), sendo as aplicações realizadas em coberturas parceladas semanalmente durante a fase pós-enxertia, conforme as exigências nutricionais da planta durante o primeiro ciclo.

Tabela 2. Recomendação de adubação mineral para cajueiro anão precoce sob irrigação.

ADUBAÇÃO	N (g/planta)	P resina (mg/dm^3)			K solo ($\text{mmol}_e/\text{dm}^3$)		
		0 a 12	13 a 30	> 30	0 a 1,5	1,6 a 3,0	> 30
		(P ₂ O ₅ g/planta)			(K ₂ O g/planta)		
Plantio	0	200	150	100	-	-	-
0-1 ano	60	-	-	-	60	40	20
1-2 anos	80	200	150	100	100	60	40
2-3 anos	150	250	200	120	140	100	60
3-4 anos	200	300	250	150	180	140	80

Fonte: Oliveira (2002)

Como fonte de micronutrientes, foi aplicado via foliar com o auxílio de um pulverizador costal a cada 15 dias $2,5 \text{ g L}^{-1}$ de Dripsol Micro[®] contendo: Ca (1%); Mg (1,4%); S (2,7%); Zn (0,5%); B (0,05%); Fe (0,5%); Mn (0,05%); Cu (0,5%) e Mo (0,02%).

4.6. Manejo de poda de formação

As podas de formação foram feitas retirando pontas de galhos secos, ramos indesejados (ramos ladrões), mantendo o tamanho de 20 cm para cada e proporcionando a formação de copa uniformes e abertas para melhor entrada de luz. Foi utilizado tesoura de poda de 1,5 mm para realização das podas, sendo a tesoura mergulhada em solução composta por álcool para desinfetar o equipamento prevenindo o transporte de vetores entre as plantas.

4.7. Tratos fitossanitários

O controle de pragas foi realizado utilizando-se inseticida químico classificado como sintético, empregando como princípio ativo a Deltametrina® para o controle de cochonilha, mosca branca e lagartas. Também foi utilizado fungicidas de contato para combate de antracnose fungo comum ao cajueiro.

4.8. Preparo, manejo e aplicação das águas salinas

Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,4; 1,2; 2,0; 2,8 e 3,6 dS m⁻¹) foram preparados dissolvendo-se os sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg (Figura 6) respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,4 dS m⁻¹). Essas proporções de sais são comumente encontradas em fontes de água utilizada para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros et al., 1992). No preparo das águas de irrigação foi considerada a relação entre a CEa e a concentração de sais (Richards, 1954), utilizando-se a Equação 1.

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

Em que:

Q - quantidade de sais a ser aplicado (mg L⁻¹); e

CEa - elétrica da água (dS m⁻¹).



Figura 6. Sais utilizados no preparo das águas salinas

Antes do transplântio das mudas para os lisímetros, foi determinado o volume de água necessário para elevar o nível de umidade do solo correspondente à capacidade de campo. Após o transplântio, a irrigação foi realizada a cada 2 dias aplicando-se em cada vaso, o volume correspondente ao obtido pelo balanço de água determinado pela Equação 2.

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

Em que:

VI - volume de água a ser aplicada (mL);

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

V_d - volume de água drenado (mL); e

FL - fração de lixiviação (0,15), aplicada a cada 30 dias.

4.9. Preparo e aplicação do ácido salicílico

As concentrações de ácido salicílico foram obtidas mediante dissolução do produto em 30% de álcool etílico (95,5%), por se tratar de uma substância de baixa solubilidade em água à temperatura ambiente, os 70% restantes foram de água destilada. Para diminuir a tensão superficial das gotas na superfície foliar foi utilizado na preparação da solução o adjuvante Wilfix® na concentração de 0,5 mL L⁻¹ de solução.

As aplicações foliares foram realizadas aos 30 dias após o transplântio (DAT), entre o período das 17 e 17:45 h, com o auxílio de um pulverizador costal modelo da Jacto - Jacto XP com capacidade de 12 L, possui pressão de trabalho (máxima) 88 psi (6 bar) e Bico JD 12P. As pulverizações subsequentes ocorreram a cada 30 dias. Para evitar a deriva do ácido salicílico durante a aplicação foliar nas plantas, foi colocada uma cortina plástica, conforme observado na Figura 7. O volume da solução aplicado por planta foi de 194 mL.



Figura 7. Cortina plástica utilizada para evitar deriva no momento da aplicação do ácido salicílico

4.10. Variáveis avaliadas

4.10.1. Variáveis de crescimento

O crescimento do cajueiro anão precoce foi avaliado aos 280 dias após o transplântio pela altura de copa (AC), diâmetro de caule abaixo da enxertia (DCab), no ponto da enxertia (DCp) e acima da enxertia (DCa), diâmetro de copa (D_{copa}), volume de copa (V_{copa}) e o índice de vigor vegetativo (IVV). A AC foi medida tomando-se como referência a distância do colo da planta à inserção do meristema apical. O DCab foi medido próximo ao colo da planta (5,0 cm do solo). O DCp foi determinado no ponto de ligação entre porta-enxerto/enxerto e o DCa a 5,0 cm acima do ponto da enxertia da planta com auxílio de um paquímetro digital. O D_{copa} foi obtido através da média do diâmetro da copa observado na direção da linha (DL) e da entrelinha (DE) de plantio. Já o volume da copa (V_{copa}) calculado a partir da altura da copa (AC), DL e DE, utilizando-se da Equação 3 e o IVV de acordo com a Equação 4, conforme Portella et al. (2016).

$$V_{\text{Copa}} = \frac{\pi}{6} \times AC \times DL \times DE \quad (3)$$

$$IVV = \frac{[H + D_{\text{copa}} + (DC \times 10)]}{100} \quad (4)$$

Em que:

V_{copa} - volume de copa (m^3);

D_{copa} - diâmetro de copa (m);

IVV - índice de vigor vegetativo;

AC - altura da copa (m);

DL - diâmetro da copa na direção da linha (m);

DE - diâmetro da copa na direção da entrelinha (m); e

DC - diâmetro do caule (mm).

A partir dos dados de diâmetro de caule abaixo da enxertia e acima aos 220 e 280 DAT foi determinada a taxa de crescimento relativo do porta enxerto (TCR_{DP}) e do enxerto (TCR_{DE}), variável que verifica a rapidez no crescimento das plantas quando comparadas com ao seu tamanho inicial. A taxa de crescimento relativo foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Benincasa (2003), conforme a Equação 5.

$$\text{TCR} = \frac{(\text{Ln}A_2 - \text{Ln}A_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (5)$$

Em que:

TCR – taxa de crescimento relativo;

A_1 – variável no tempo t_1 ;

A_2 – variável no tempo t_2 ;

T_1 – tempo 1 em dias; e

T_2 – tempo 2 em dias.

4.10.2. Variáveis fisiológicas

4.10.2.1. Trocas gasosas

As trocas gasosas foliares foram mensuradas pela taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); transpiração - E ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), foram avaliadas utilizando-se um analisador

de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo “LCPro+” da ADC BioScientific Ltda., sob condições naturais de temperatura do ar, irradiação de 1200 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} , avaliadas na terceira folha, contada a partir do ápice caulinar. Também foram mensuradas a eficiência instantânea no uso da água - $EiUA (A/E)$ [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$] e a eficiência instantânea da carboxilação - $EiCi (A/Ci)$ [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$].

4.10.2.2. Fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência da clorofila *a* foi determinada através da fluorescências inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) na mesma folha em que foram avaliadas as trocas gasosas, utilizando-se um fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da *Opti Science* em folhas pré-adaptadas ao escuro mediante uso de pinças foliares durante 30 min, entre as 7 e 10 h da manhã, de modo a garantir que todos os aceptores estivessem oxidados, ou seja, com os centros de reação abertos (Sá et al., 2015).

4.10.2.3. Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofila *a*, *b*, clorofila total e carotenoides foram determinados de acordo com metodologia citada por Arnon (1949), fazendo uso de extratos vegetais a partir de amostras de 1 disco do limbo da terceira folha madura a partir do ápice. Em seguida, foram quantificados os teores de clorofila e carotenoides, utilizando-se um espectrofotômetro no comprimento de onda de absorbância (ABS) de 470, 647 e 663, conforme as Equações 6, 7, 8 e 9:

$$\text{Clorofila } a \text{ (Cl } a) = (12,25 \times \text{ABS}_{663}) - (2,79 \times \text{ABS}_{647}) \quad (6)$$

$$\text{Clorofila } b \text{ (Cl } b) = (21,5 \times \text{ABS}_{647}) - (5,10 \times \text{ABS}_{663}) \quad (7)$$

$$\text{Clorofila total (Cl t)} = (7,15 \times \text{ABS}_{663}) + (18,71 \times \text{ABS}_{647}) \quad (8)$$

$$\text{Carotenóides (Car)} = ((1000 \times \text{ABS}_{470}) - (1,82 \times \text{Cl } a) - (85,02 \times \text{Cl } b)) / 198 \quad (9)$$

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

4.10.2.4. Extravasamento de eletrólitos no limbo foliar

O extravasamento de eletrólitos (%EE) foi determinado com o uso de um perfurador de cobre a fim de obter, por unidade experimental, 5 discos foliares de área conhecida os quais foram lavados e acondicionados em erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada (Figura 8). Após fechados com papel alumínio, os erlenmeyers foram acondicionados à temperatura de 25

°C por 90 min sendo em seguida, aferida a condutividade elétrica inicial (X_i) utilizando-se de um condutivímetro de bancada. Posteriormente os erlenmeyers foram submetidos à temperatura de 80 °C, por 90 min, em estufa de secagem e após os 90 min, foram retirados para resfriamento do conteúdo; em seguida, foi aferida a condutividade elétrica final (X_f). O extravasamento de eletrólitos no limbo foliar foi expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total após o tratamento por 90 min a 80 °C, conforme metodologia proposta por Scotti-Campos et al. (2013), considerando-se a Equação 10.

$$\%EE = \left(\frac{X_i}{X_f} \times 100 \right) \quad (10)$$

Em que:

% EE - porcentagem de dano celular (%);

X_i - condutividade elétrica inicial; e

X_f - condutividade elétrica final.



Figura 8. Preparo das amostras para determinação do extravasamento de eletrólitos no limbo foliar das plantas de cajueiro anão precoce

4.10.2.5. Conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica

O conteúdo relativo de água (CRA) e o déficit de saturação hídrica (DSH) foram determinados utilizando-se 6 discos foliares com área de 1 cm² do terço médio de cada planta (Figura 9). Para isso, imediatamente após a coleta das folhas, foi determinada a massa fresca (MF); em seguida, as amostras foram colocadas em sacos plásticos imersas em água destilada e acondicionadas por 24 h. Posteriormente, foi retirado o excesso de água com papel toalha, obtendo-se a massa túrgida (MT); após, as amostras foram levadas à estufa com circulação de ar (temperatura $\approx 65 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante) para determinação da massa seca

(MS). O CRA e o déficit de saturação hídrica (DSH) foram determinados conforme Lima et al. (2015), pela Equação 11 e 12.

$$\text{CRA} = \frac{\text{MF}-\text{MS}}{\text{MT}-\text{MS}} \times 100 \quad (11)$$

$$\text{DSH} = \frac{\text{MT}-\text{MF}}{\text{MT}-\text{MS}} \times 100 \quad (12)$$

Em que:

CRA - conteúdo relativo de água (%);

DSH - déficit de saturação hídrica (%);

MF - massa fresca de folha (g);

MT - massa túrgida (g); e

MS - massa seca (g).



Figura 9. Preparo das amostras para determinação do conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica no limbo foliar do cajueiro anão precoce

4.11. Análise estatística

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

A partir da redução das dimensões, os dados originais das variáveis de cada componente principal foram submetidos à análise de variância multivariada (MANOVA) pelo teste de

Hotelling (1947) a 0,05 de probabilidade para a condutividade elétrica da água de irrigação e para as concentrações de ácido salicílico, assim como para interação entre os mesmos. Apenas as variáveis com coeficiente de correlação maior ou igual a 0,6 foram mantidas em cada componente principal (PC) (Hair et al., 2009).

As variáveis que apresentaram coeficiente de correlação menor que 0,6 foram submetidas ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) a 0,05 de probabilidade. Em seguida, foi realizada a análise de variância pelo teste F ao nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, aplicou-se a análise de regressão polinomial utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2019).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espaço multidimensional das variáveis originais foi reduzido para dois componentes principais (PC1 e PC2) com autovalores maiores que $\lambda \geq 1,0$, de acordo com Kaiser (1960). Os autovalores e porcentagem de variância explicada para cada componente (Tabela 3) representaram juntos 93,63% da variação total. O PC1 apresentou 83,14% da variância total formada pela maioria das variáveis analisadas, exceto pela eficiência instantânea no uso da água (*EiUA*). O PC2 representou 10,48% da variância restante, sendo formada pela variável *EiUA*.

Observou-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e as concentrações de ácido salicílico (AS) para os dois componentes principais (Tabela 3). Também foi verificado efeito significativo ($p \leq 0,01$) dos fatores quando analisados de forma isolada.

Tabela 3. Autovalores, porcentagem de variância total explicada, na análise de variância multivariada (MANOVA) e coeficientes de correlação (r) entre variáveis originais e os componentes principais.

	Componentes principais																		
	PC1									PC2									
Autovalores (λ)	15,03									1,17									
Porcentagem de variância total (S ² %)	83,14									10,48									
Teste de Hotelling (T ²) para os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	0,01									0,01									
Teste de Hotelling (T ²) para concentrações de ácido salicílico (SA)	0,01									0,01									
Teste de Hotelling (T ²) para interação (CEa × SA)	0,01									0,01									
PCs	Coeficientes de correlação																		
	CRA	%EE	Ci	A	E	gs	CEi	EiUA	Cl a	Cl b	Cl t	Car	Dab	Dnp	Dac	AP	D _{Copa}	V _{Ccopa}	
PC1	-0,96	0,91	0,94	-0,93	-0,96	-0,95	-0,96	-0,61	-0,95	-0,95	-0,97	-0,92	-0,89	-0,77	-0,91	-0,97	-0,89	-0,93	
PC2	-0,15	0,19	0,09	0,33	-0,16	0,15	0,10	0,74	-0,18	-0,16	-0,18	-0,27	-0,18	0,05	0,17	-0,16	0,33	0,14	
	Valores médios																		
	CRA	% EE	Ci	A	E	gs	CEi	EiUA	Cl a	Cl b	Cl t	Car	Dab	Dnp	Dac	AP	D _{Ccopa}	V _{Ccopa}	
S1AS1	90,6	16,8	162	19,2	2,1	0,23	0,129	8,75	737,5	317,5	1055,0	258,7	26,29	24,99	18,90	0,82	0,79	0,30	
S1AS2	93,5	15,4	154	23,1	2,4	0,28	0,152	9,76	810,3	358,4	1168,7	266,8	29,23	28,00	20,38	0,88	0,82	0,33	
S1AS3	91,8	18,4	167	18,1	2,3	0,22	0,110	7,77	759,1	340,5	1099,6	262,3	26,64	24,08	18,56	0,86	0,68	0,28	
S1AS4	89,7	19,0	190	16,4	2,1	0,20	0,097	8,01	711,0	332,6	1043,6	261,4	25,82	22,21	17,95	0,84	0,65	0,26	
S2AS1	85,2	18,0	211	18,2	2,0	0,21	0,105	8,01	700,7	304,8	1005,5	247,7	21,04	23,74	17,40	0,77	0,75	0,30	
S2AS2	86,1	16,4	200	21,9	2,3	0,26	0,117	9,09	769,7	344,1	1113,8	253,5	27,07	26,60	19,36	0,84	0,81	0,32	
S2AS3	84,5	19,6	213	17,9	2,2	0,21	0,097	7,91	721,2	326,8	1048,0	249,2	24,40	20,98	17,39	0,80	0,71	0,29	
S2AS4	82,5	20,3	214	16,0	2,1	0,18	0,082	7,86	675,5	319,3	994,8	248,4	23,85	20,15	17,29	0,78	0,63	0,28	
S3AS1	81,0	19,8	225	17,3	2,1	0,19	0,086	7,92	700,7	282,6	983,2	220,5	20,16	19,14	18,39	0,75	0,68	0,29	
S3AS2	81,8	18,1	214	18,1	2,2	0,24	0,086	8,18	736,5	319,0	1055,5	225,6	25,11	19,93	16,53	0,81	0,70	0,29	
S3AS3	80,3	21,6	229	17,2	2,2	0,19	0,076	8,21	721,2	306,3	1027,5	221,8	25,53	22,55	16,20	0,76	0,67	0,26	
S3AS4	78,4	22,3	229	16,7	2,1	0,17	0,070	8,01	675,5	296,0	971,5	227,9	23,14	21,93	16,75	0,73	0,62	0,26	
S4AS1	78,5	22,8	231	16,7	1,9	0,17	0,069	7,78	578,6	273,1	851,6	203,2	18,75	18,18	17,66	0,71	0,65	0,27	
S4AS2	79,3	20,8	243	17,1	2,1	0,21	0,069	8,58	685,1	303,0	988,1	214,3	21,40	18,93	15,87	0,76	0,67	0,26	
S4AS3	77,9	24,8	247	14,8	2,0	0,17	0,058	7,44	641,9	291,0	932,9	210,7	21,33	21,43	15,55	0,72	0,67	0,24	
S4AS4	76,0	25,7	257	14,5	2,0	0,15	0,055	7,42	601,2	281,2	882,4	216,5	23,13	22,67	16,08	0,68	0,59	0,23	
S5AS1	69,2	33,5	277	12,2	1,7	0,13	0,035	7,32	492,6	244,3	736,9	190,6	17,45	17,28	14,25	0,62	0,54	0,22	
S5AS2	72,2	33,9	266	15,9	1,8	0,16	0,055	8,58	523,7	275,8	799,4	195,0	19,52	17,98	16,26	0,67	0,67	0,23	
S5AS3	71,6	34,1	266	15,1	1,8	0,14	0,049	8,51	545,6	264,8	810,4	191,7	19,66	20,35	15,11	0,64	0,58	0,23	
S5AS4	70,3	37,9	259	13,1	1,7	0,13	0,038	7,52	515,0	255,9	770,9	197,0	19,08	21,14	14,62	0,63	0,57	0,22	

S – CEa, S1 (0,4 dS m⁻¹); S2 (1,2 dS m⁻¹); S3 (2,0 dS m⁻¹); S4 (2,8 dS m⁻¹); S5 (3,6 dS m⁻¹); AS – ácido salicílico, AS1 (0 mM); AS2 (1,0 mM); AS3 (2,0 mM); AS4 (3,0 mM); CRA (conteúdo relativo de água - %); % EE (porcentagem de extravasamento de eletrólitos); Ci (concentração interna de CO₂ - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); gs (condutância estomática - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); E (transpiração - $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); A (taxa de assimilação de CO₂ - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$); CEi (eficiência instantânea da carboxilação - $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$); EiUA (eficiência instantânea do uso da água - $[(\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}) / (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})]$); Cl a (clorofila a - $\mu\text{g mL}^{-1}$); Cl b (clorofila b - $\mu\text{g mL}^{-1}$); Car (carotenoides - $\mu\text{g mL}^{-1}$); Dab (diâmetro de caule abaixo da enxertia); Dnp (diâmetro de caule no ponto da enxertia); Dac (diâmetro de caule acima da enxertia); AP (altura de plantas - m); D_{Ccopa} (diâmetro de copa - m); V_{Ccopa} (volume de copa - m³).

As projeções bidimensionais dos efeitos dos tratamentos sobre as variáveis no primeiro e segundo componente principal (PC1 e PC2) estão apresentadas nas Figuras 10A e 10B. No primeiro (PC1) foi identificado um processo caracterizado, possivelmente, pelo efeito da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e das concentrações de ácido salicílico. Verificou-se que os coeficientes de correlação para a CRA, %EE, C_i , A , E , g_s , CE_i , Cl_a , Cl_b , Cl_t , Car, Dab, Dnp, Dac, AP, D_{Copa} e V_{Copa} foram superiores a 0,75 (Tabela 3).

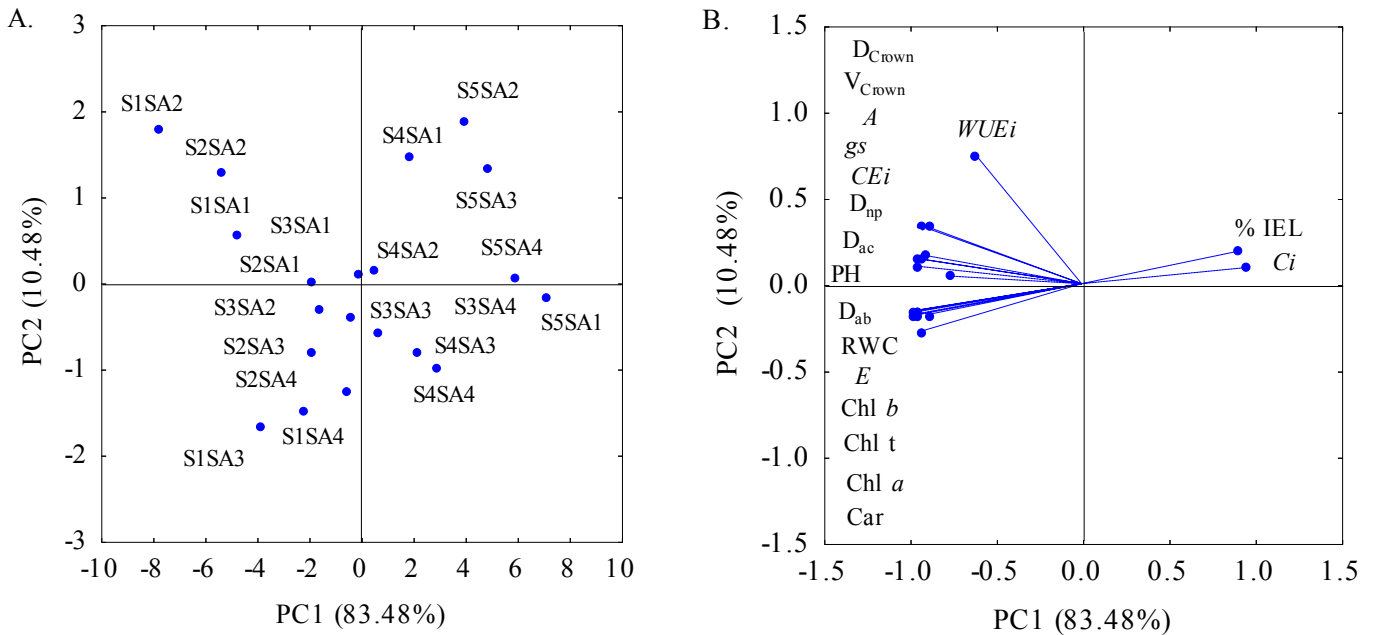


Figura 10. Projeção bidimensional dos escores dos componentes principais para os fatores condutividade elétrica (CEa) e concentrações de ácido salicílico (AS) (A) e das variáveis analisadas (B) nos dois componentes principais (PC1 e PC2).

A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM (AS2) se destacou das demais concentrações apresentando os maiores valores para as variáveis avaliadas (Tabela 3), mesmo nas plantas irrigadas com CEa de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$, exceto para extravasamento de eletrólitos (%EE) e concentração interna de CO_2 (C_i). O aumento da concentração interna de CO_2 pode estar relacionada com a redução das atividades da RuBisCO (ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase) no qual o estresse causado pelo aumento da salinidade tem influência direta resultando na não mobilização do carbono. (Dias et al., 2018; Silva et al., 2019).

Efeito estes, associado ao excesso de sais presentes na água de irrigação, o que dificulta a homeostase osmótica e iônica, promove o acúmulo de íons tóxicos que induz a peroxidação lipídica e desestabiliza a produção de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos da membrana limitando a manutenção da turgidez celular (Sharma et al., 2020; Soares et al., 2022). Além

disso, níveis elevados de C_i na célula refletem dificuldade de assimilação mediante inibição da atividade da redução da condutância estomática que elevou a C_i refletindo no seu uso na fotossíntese (Prywes et al., 2022).

No componente principal PC1, é possível notar que as plantas irrigadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ e sob aplicação foliar com ácido salicílico na concentração de 1,0 mM (S1AS2) apresentaram os maiores valores (Tabela 3) de CRA (93,5%), A (21,3 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), E (2,4 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), g_s (0,28 mol H₂O m⁻² s⁻¹), CE_i (0,152 [(μmol m⁻² s⁻¹)(μmol mol⁻¹)⁻¹]), Cl_a (810,3 μg mL⁻¹), Cl_b (358,4 μg mL⁻¹), Cl_t (1168,7 μg mL⁻¹), Car (266,8 μg mL⁻¹), Dab (29,23 mm), Dnp (28 mm), Dac (20,38 mm), AP (0,88 m), D_{Copa} (0,82 m) e V_{Copa} (0,33 m³).

Ao comparar os resultados obtidos nas plantas do tratamento S1AS2 com as cultivadas sob S1AS1 (testemunha), verifica-se aumento de 3,20; 20,31; 14,29; 21,74; 17,83; 9,87; 12,8; 10,78; 3,13; 11,18; 12,04; 7,83; 7,32; 3,80 e 10,00% no CRA, A , E , g_s , C_i , Cl_a , Cl_b , Cl_t , Car , Dab , Dnp , Dac , AP , D_{Copa} e V_{Copa} respectivamente, demonstrando o efeito benéfico do ácido salicílico na concentração de 1,0 mM.

Por outro lado, as plantas que não receberam aplicação de ácido salicílico e irrigadas com CEa de 3,6 dS m⁻¹ (S5AS1) apresentaram os menores valores médios de CRA (69,2 %), A (12,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), E (1,7 mmol H₂O m⁻² s⁻¹), g_s (0,13 mol H₂O m⁻² s⁻¹), C_i (0,035 [(μmol m⁻² s⁻¹)(μmol mol⁻¹)⁻¹]), Cl_a (492,6 μg mL⁻¹), Cl_b (244,3 μg mL⁻¹), Cl_t (736,9 μg mL⁻¹), Car (190,6 μg mL⁻¹), Dab (17,45 mm), Dnp (17,28 mm), Dac (14,25 mm), PH (0,62 m), D_{Copa} (0,54 m) e V_{Copa} (0,22 m³).

Para o segundo componente principal (PC2), nota-se que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM promoveu aumento da eficiência instantânea no uso da água, mesmo nas plantas irrigadas com CEa de 3,6 dS m⁻¹ (Tabela 3), sendo o maior valor de $EiUA$ [9,76 (μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] registrado nas plantas cultivadas com CEa de 0,4 dS m⁻¹ (S1AS2). Por outro lado, as plantas que não receberam tratamento (AS1) tiveram redução da $EiUA$ com incremento da condutividade elétrica da água de irrigação obtendo menor valor de $EiUA$ [7,32 (μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] nas plantas irrigadas com CEa de 3,6 dS m⁻¹ (S5AS1).

O conteúdo relativo de água no limbo foliar é uma importante variável indicadora do estresse salino (Ahmad et al., 2018). Os resultados obtidos neste estudo indicam redução do CRA do cajueiro anão precoce pela exposição ao estresse salino. Entretanto, a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM, foi capaz de elevar o CRA, nas plantas irrigadas com CEa de 3,6 dS m⁻¹. De acordo com Sousa et al. (2023), em condições de estresse salino, a manutenção ou aumento do CRA indica um possível ajustamento osmótico permitindo a

turgescência das folhas. Lamnai et al. (2022) avaliando os efeitos da aplicação de ácido salicílico em plantas de morangueiro sob estresse salino (0 a 80 mM de NaCl), constataram que a aplicação de ácido salicílico na concentração de 0,25 mM atenuou os danos causados pela salinidade e manteve altos níveis de CRA nas plantas tratadas. Soares et al. (2022) verificaram que a aplicação de ácido salicílico até a concentração de 4,5 mM estimulou a síntese de clorofila total, aumentou a taxa de assimilação de CO₂ e a eficiência instantânea do uso da água do melão cultivado em sistema hidropônico.

No presente estudo, também foi constatado que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação comprometeu as trocas gasosas, reduziu os teores de pigmentos fotossintéticos e o crescimento do cajueiro anão precoce. O excesso de sais presente na água de irrigação, especialmente Na⁺ e Cl⁻, restringe a capacidade das raízes de absorver água dos solos (Soni et al., 2021). Posteriormente, o estresse salino causou estresse osmótico e desequilíbrio iônico (Farouk et al., 2020), que resultou no fechamento estomático, redução da transpiração, taxa de assimilação de CO₂, eficiência instantânea de carboxilação e uso da água (Chrysargyris et al., 2019; Silva et al., 2022).

Reduções na *gs*, *E*, *A*, *CEi* e *EiUA* em função do incremento da condutividade elétrica da água irrigação também foram observados em outros estudos com frutíferas, como acerola (Dias et al., 2021b; Dantas et al., 2021), tangerina (Sá et al., 2015), graviola (Silva et al., 2021) e goiaba (Lacerda et al., 2022).

A degradação na síntese de pigmentos fotossintéticos é um dos efeitos mais notáveis em plantas sob estresse salino (Lotfi et al., 2020). A salinidade aumenta a atividade da enzima clorofilase, tornando o complexo de pigmentos e proteínas instáveis, enquanto as EROS, induzidas pelo estresse salino, degradam os pigmentos fotossintéticos além da relação que os pigmentos fotossintéticos tem com a fluorescência da clorofila *a* (Soares et al., 2021). Reduções na síntese de pigmentos fotossintéticos também foram observados por Lima et al. (2020c) em porta-enxertos de cajueiro anão precoce (Faga 11, Embrapa 51 e CCP 76) sob estresse salino (CEa variando de 0,4 a 3,6 dS m⁻¹) durante a fase de formação de mudas.

Apesar dos efeitos deletérios ocasionados pelo aumento da Cea, observado no presente estudo, a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM amenizou os efeitos do estresse salino, promovendo redução no extravasamento de eletrólitos, aumento no conteúdo relativo de água, na síntese de pigmentos fotossintéticos, melhoria nas trocas gasosas e no crescimento do cajueiro anão precoce. A redução da porcentagem de extravasamento de eletrólitos no limbo foliar dos cajueiros pode ser explicada pela proteção da membrana celular, como também na atividade fotossintética já que o AS interage na sinalização das espécies

reativas de oxigênio (EROS) reduzindo o estresse oxidativo (Batista et al., 2019; Yudina et al., 2020).

O efeito benéfico do ácido salicílico pode estar relacionado à sua capacidade de reduzir o acúmulo de íons de Na^+ e Cl^- e aumentar a absorção de K^+ , resultando em uma melhor razão K^+/Na^+ (Hundare et al., 2022). Além disso, o AS atua na intensificação da capacidade antioxidante da planta e na proteção das membranas contra a deterioração (Antonic et al., 2016; Esan et al., 2017) promovendo desta forma, maior tolerância ao estresse salino.

As melhorias observadas sobre as variáveis fisiológicas do cajueiro anão precoce em função da aplicação foliar de ácido salicílico na concentração 1,0 mM, refletiu nas variáveis de crescimento, sobretudo nas plantas irrigadas com CEa de 0,4 e 1,2 dS m^{-1} . Resultados semelhantes foram obtidos em pesquisa desenvolvida por Silva et al. (2021), avaliando a morfofisiologia da gravioleira (*Annona muricata* L.) sob estresse salino (CEa variando de 0,8 a 4,0 dS m^{-1}) e aplicação foliar de ácido salicílico (AS variando de 0 a 3,6 mM), constataram que a aplicação foliar de AS na concentração de 1,6 mM atenuou os efeitos deletérios da salinidade promovendo aumento no diâmetro de caule, altura de planta e diâmetro de copa.

No componente principal PC1, é possível observar que o tratamento S5AS1 (CEa = 3,6 dS m^{-1} e AS = 0 mM) também resultou no maior extravasamento de eletrólito do limbo foliar - %EE (33,5%) e concentração interna de CO_2 - C_i (277 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) das plantas de cajueiro. O estresse salino promoveu aumento no extravasamento de eletrólitos do limbo foliar do cajueiro anão precoce. Nesse caso, houve a ruptura da membrana, o que pode estar associada ao acúmulo de íons tóxicos e à indução da peroxidação lipídica, desestabilizando a produção de lipídios, proteínas e ácidos nucleicos da membrana, e limitando a manutenção da turgidez celular (Samadi et al., 2019). Tal fato, corrobora a redução observada no conteúdo relativo de água das folhas do cajueiro que não receberam tratamento com AS.

Aumento no extravasamento de eletrólito em função do estresse salino, também foi verificado em pesquisa desenvolvida por Sousa et al. (2023) avaliando a morfofisiologia de porta-enxertos de cajueiro anão precoce sob estresse salino (CEa variando de 0 a 100 mM L^{-1}), constataram aumento de 25,23%, ao comparar as plantas irrigadas com o maior nível salino (100 mM L^{-1}) em relação à testemunha (0 mM L^{-1}), sendo o %EE (29,56%) obtida no porta enxerto CCP 09/CCP 76.

As variáveis fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), taxa de crescimento relativo em diâmetro do porta enxerto (TCR_{DP}) e do diâmetro do enxerto (TCR_{DE}) apresentaram coeficientes de correlação menor que 0,6 para

análise multivariada (Tabela 3) e por isso foram removidas do banco de dados e analisadas por meio da análise univariada.

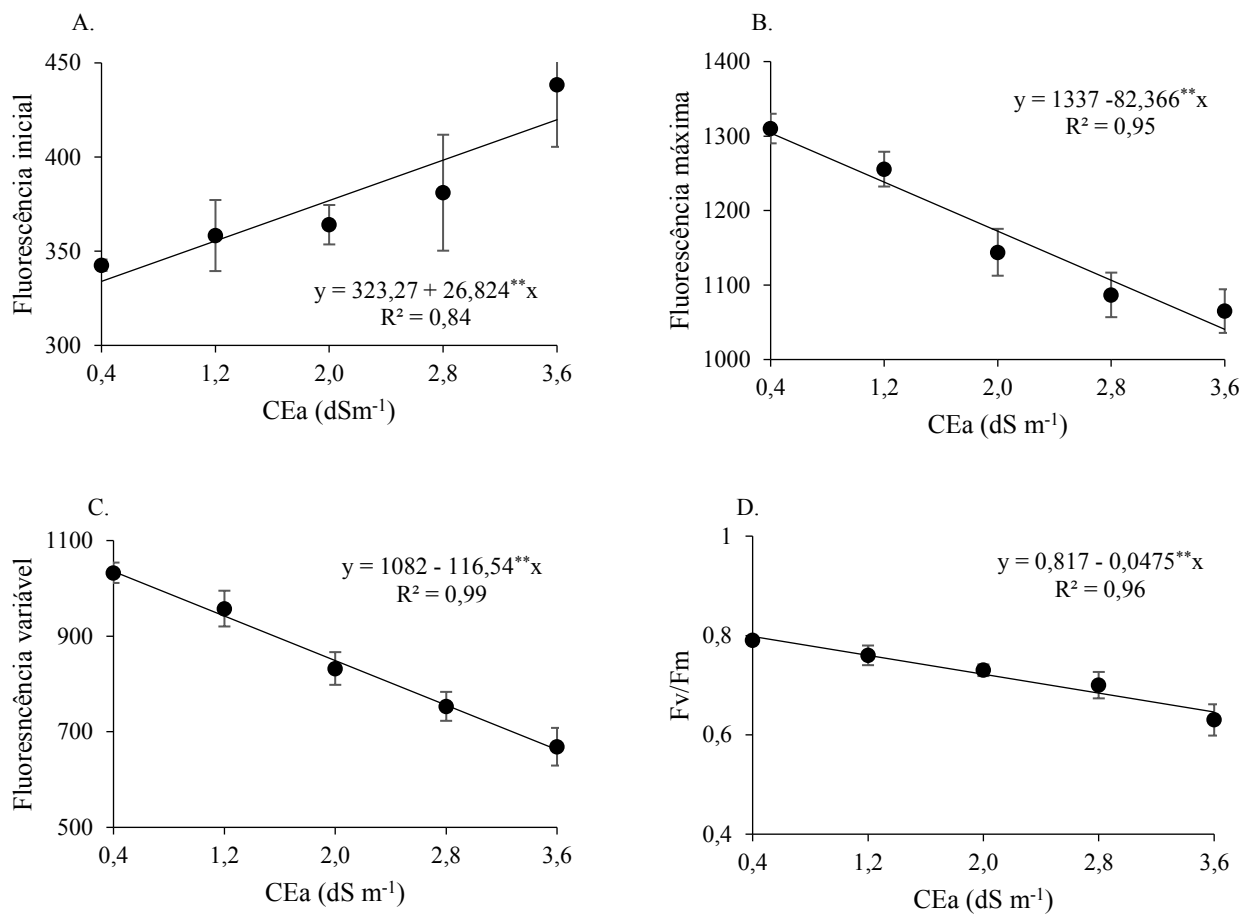
Houve interação significativa ($p \leq 0.01$) entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e as concentrações de ácido salicílico para as TCR_{DP} e TCR_{DE} (Tabela 4). Já a salinidade, de forma isolada, afetou a eficiência fotoquímica das plantas representada pelos índices de fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) das plantas de cajueiro anão precoce.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para a fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), taxa de crescimento relativo em diâmetro do caule do porta enxerto (TCR_{DP}) e do enxerto (TCR_{DE}) do cajueiro anão precoce cultivado com águas salinas e concentrações de ácido salicílico, aos 280 dias após o transplantio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	TCR_{DP}	TCR_{DE}
Níveis salinos (NS)	4	16496,041*	136642,79**	262471,097**	0,04619**	$9,0 \times 10^{-6**}$	$2,0 \times 10^{-6**}$
Regressão linear	1	5526,20**	521027,81**	1043077,75**	0,177**	$3,0 \times 10^{-5**}$	$3,0 \times 10^{-6**}$
Regressão quadrática	1	7668 ^{ns}	12325,89 ^{ns}	627,21 ^{ns}	0,00526 ^{ns}	$4,0 \times 10^{-6ns}$	$2,0 \times 10^{-6**}$
Ácido salicílico ($C_7H_6O_3$)	3	2189,75 ^{ns}	3753,62 ^{ns}	5578,44 ^{ns}	0,002156 ^{ns}	$5,0 \times 10^{-6**}$	$4,0 \times 10^{-6**}$
Regressão linear	1	2852,08 ^{ns}	4004,71 ^{ns}	15513,28 ^{ns}	0,00563 ^{ns}	$1,1 \times 10^{-5*}$	$1,0 \times 10^{-8ns}$
Regressão quadrática	1	350,41 ^{ns}	245,19 ^{ns}	1075,69 ^{ns}	0,001 ^{ns}	$2,0 \times 10^{-6**}$	$1,1 \times 10^{-6**}$
Interação (NS \times AS)	12	6749,22 ^{ns}	1564,98 ^{ns}	9407,10 ^{ns}	0,00668 ^{ns}	$3,0 \times 10^{-6**}$	$2,0 \times 10^{-6**}$
Blocos	8	5273,45 ^{ns}	34893,38 ^{ns}	49964,031 ^{ns}	0,00862 ^{ns}	$2,0 \times 10^{-6ns}$	$2,5 \times 10^{-7ns}$
Resíduo	3	6180,82	9491,58	1035,32	0,005102	$3,69 \times 10^{-7}$	$3,8 \times 10^{-7}$
CV (%)		20,86	8,31	12,92	9,94	15,27	18,22

ns, * e ** não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$, respectivamente. CV: coeficiente de variação

A salinidade da água aumentou de forma linear a fluorescência inicial (F_0) das plantas de cajueiro anão precoce (Figura 11A), cujo acréscimo foi de 8,29% por incremento unitário da CEa. Ao comparar a F_0 das plantas submetidas à irrigação com água de 3,6 dS m^{-1} em relação as que receberam CEa de 0,4 dS m^{-1} , verifica-se aumento de 21,19%. O aumento da F_0 resulta em um menor aproveitamento da energia disponível, o que demonstra os danos provocados pelo estresse salino na captação de energia luminosa pelos pigmentos fotossintéticos (Lotfi et al., 2020; Martins et al., 2020). Comportamento esse já observado na cultura do cajueiro por Lima et al. (2019), em que constataram aumento de 19,68% na F_0 das plantas ao serem irrigadas com água de até 3,6 dS m^{-1} . Silva et al. (2022) avaliando a eficiência fotossintética da gravioleira (*Annona muricata* L.) cv. Morada Nova sob estresse salino (CEa variando de 0,8 a 4,0 dS m^{-1}), constataram que o incremento nos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação resultou em aumento na fluorescência inicial de 2,27% por acréscimo unitário da CEa.



**Significativo a $p \leq 0,01$ pelo teste F. Barras na vertical representa o erro padrão da média ($n = 3$)

Figura 11. Fluorescência inicial – F_0 (A), máxima – F_m (B), variável – F_v (C) e eficiência quântica do fotossistema II - F_v/F_m (D) de plantas de cajueiro, em função da condutividade elétrica da água de irrigação - CEa, aos 280 dias após o transplântio.

De forma contrária ao que foi observado na F_0 (Figura 11A), a fluorescência máxima reduziu com o aumento da CEa (Figura 11B), com decréscimos de 6,16% por incremento unitário da CEa. As plantas irrigadas com a água de 3,6 dS m⁻¹ tiveram redução na F_m de 20,21% (263,57) em relação às cultivadas com água de menor salinidade (0,4 dS m⁻¹). Desta forma, o estresse salino limitou a captação da energia nos centros de reação luminoso, provavelmente pelo acúmulo excessivo de íons específicos provocar desbalanço na atividade metabólica da planta levando a formação de espécies reativas de oxigênio, que limita a atividade energética dos pigmentos fotossintéticos (Saddiq et al., 2021).

Fernandes et al. (2022) observaram redução de 14,59% na F_m das plantas de pinheira irrigadas com CEa de 4,0 dS m⁻¹. De acordo com estes autores a redução na F_m pode ser

explicada pela ação do excesso de sais na fotorredução da quinona A, e nas membranas dos tilacóides como consequência da entrada de elétrons no fotossistema.

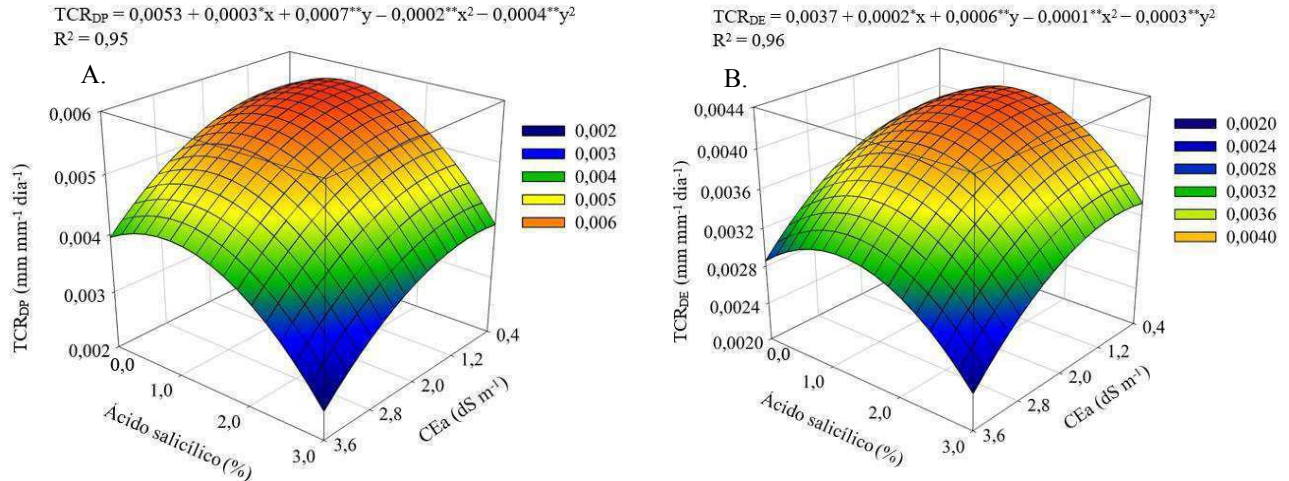
De forma similar à F_m , a fluorescência variável (F_v) apresentou reduções com os incrementos na salinidade da água (Figura 11C), cujo decréscimo foi de 10,77% por aumento unitário da CEa. Comparando-se em termos relativos, verifica-se redução de 36,01% na F_v das plantas irrigadas com a CEa de 3,6 dS m⁻¹ em relação as submetidas ao menor nível de condutividade elétrica da água (0,4 dS m⁻¹). Por se tratar da energia potencial ativa no fotossistema, essa redução demonstra a limitação na ativação da cadeia transportadora de elétron, responsável pela geração de energia na forma de ATP e NADPH para o ciclo de Calvin reduzindo a capacidade fotossintética da planta (Silva et al., 2018b; Lotfi et al., 2020).

Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2022) analisando a eficiência fotoquímica de plantas de gravioleira (*Annona muricata* L.) cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas de CEa (0,8 e 4,0 dS m⁻¹), em que observaram redução na F_v de 17,41% nas plantas cultivadas sob CEa 4,0 dS m⁻¹ em relação às que receberam 0,8 dS m⁻¹.

A eficiência quântica do fotossistema II também foi afetada pelo estresse salino (Figura 11D), apresentando redução de 5,81% por incremento unitário da CEa, equivalente a diminuição de 19,05% entre as plantas cultivadas entre a salinidade de 0,4 e 3,6 dS m⁻¹. Situação que indica dano fotoquímico nas plantas de cajueiro, sendo uma parte da energia luminosa disponível na membrana do tilacóides que, associada ao dano metabólico do estresse salino, acelera a produção de EROS e, conseqüentemente, a degradação de clorofilas no centro de reação (Martins et al., 2020; Saddiq et al., 2021). Respostas similares foram observadas por Diniz et al. (2021) em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) e Xavier et al. (2022) em goiabeira (*Psidium guajava* L.).

As plantas de caju irrigadas com água de 0,8 dS m⁻¹ e submetida à concentração de 1,0 mM de ácido salicílico, obtiveram maiores taxas de crescimento relativo em diâmetro do porta enxerto e do enxerto (Figura 12A e 12B), sendo de 0,0057 e 0,0041 mm mm⁻¹ dia⁻¹ para TCR_{DP} e TCR_{DE}, respectivamente. As plantas de cajueiro irrigadas com água de 0,8 dS m⁻¹ e submetidas à concentração de AS de 1,0 mM aumentaram em 5,65% (0,00031 mm mm⁻¹ dia⁻¹) e 7,9% (0,0003 mm mm⁻¹ dia⁻¹) a TCR_{DP} e TCR_{DE}, respectivamente, em relação às cultivadas com CEa de 0,8 dS m⁻¹ e sem aplicação do AS (0 mM). As plantas irrigadas com água de 0,8 dS m⁻¹ e submetidas à concentração de AS de 1,0 mM apresentaram aumento em 59,56% (0,0039 mm mm⁻¹ dia⁻¹) e 59% (0,00024 mm mm⁻¹ dia⁻¹) a TCR_{DP} e TCR_{DE}, respectivamente, em relação ao menor valor encontrado dos cajueiros cultivadas com CEa de 3,6 dS m⁻¹ e aplicação do AS (3 mM). Verifica-se ainda que a aplicação foliar de ácido salicílico em

concentrações maiores que 1,0 mM, intensificaram os efeitos do estresse salino, sendo registrado os menores valores de TCR_{DP} ($0,0025 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) e TCR_{DE} ($0,0023 \text{ mm mm}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) nas plantas irrigadas com CEa de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ e pulverizadas com AS na concentração de $3,0 \text{ mM}$.



X e Y - CEa e Concentração de AS, respectivamente; * e ** Significativo a $p \leq 0,05$ e $0,01$ respectivamente.

Figura 12. Taxa de crescimento relativo em diâmetro de porta enxerto - TCR_{DP} (A) e do enxerto - TCR_{DE} de plantas de cajueiro, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa e das concentrações de ácido salicílico, no período de 220 a 280 dias após o transplante.

O ácido salicílico aplicado em concentrações adequadas pode atuar na sinalização de genes e proteínas antioxidantes em condições de estresse salino, possibilitando maior acúmulo de íons responsáveis pela osmorregulação e estrutura de membranas, como K^+ e Ca^{+2} , e diminuir a concentração de íons tóxicos Na^+ e Cl^- (Sousa et al., 2022). Tal fato pode estar relacionado ao aumento nas taxas de crescimento relativo em diâmetro do porta enxerto e do enxerto observados neste estudo (Figura 12).

Diversas estratégias têm sido empregadas pelos cientistas para amenizar o efeito deletério do estresse salino e tornar as plantas tolerantes à essas condições. Os achados desta pesquisa demonstram que a aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de $1,0 \text{ mM}$, pode ser utilizada no intuito de promover maior tolerância do cajueiro anão precoce ao estresse salino e, desta forma, contribuir com o desenvolvimento da agricultura irrigada, em regiões semiáridas, onde comumente são encontradas águas com elevadas concentrações de sais.

6. CONCLUSÕES

A aplicação foliar de ácido salicílico na concentração de 1,0 mM atenua os efeitos deletérios do estresse salino sobre a porcentagem de extravasamento de eletrólitos, o conteúdo relativo de água, as trocas gasosas, a síntese de pigmentos fotossintéticos e o crescimento do cajueiro anão precoce irrigado com CEa de até 3,6 dS m⁻¹, aos 280 dias após o transplântio.

O aumento da condutividade elétrica da água acima de 0,4 dS m⁻¹ afeta negativamente o status hídrico foliar, as trocas gasosas, os pigmentos fotossintéticos, os índices de fluorescência da clorofila a e o crescimento das plantas que não recebem tratamento com ácido salicílico.

As plantas de cajueiro anão precoce cultivadas com água de 0,8 dS m⁻¹ e aplicação foliar de 1,0 mM de ácido salicílico, obtiveram maior crescimento relativo em diâmetro do porta enxerto e do enxerto no período de 220-280 dias após o transplântio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelrahman, M.; Burritt, D. J.; Tran, L. S. P. The use of metabolomic quantitative trait locus mapping and osmotic adjustment traits for the improvement of crop yields under environmental stresses. **Seminars in Cell & Development Biology**, v.83, n.1, p.86-94, 2018.
- Aldesuquy, H. S.; Ibraheem, F. L.; Ghanem, H. E. Exogenously supplied salicylic acid and trehalose protect growth vigor, chlorophylls and thylakoid membranes of wheat flag leaf from drought-induced damage. **Journal of Agriculture and Forest Meteorology Research**, v.1, n.1, p.13-20, 2018.
- Alencar, N. dos S.; Gonçalves, J. F.; Oliveira, E. A. F. de; Lucena, T. C. de; Sousa, R. M. de. Produção da castanha de caju nas microrregiões do Ceará no período de 1993 a 2016. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v.4, n.1, p.103-116, 2018.
- Almeida, L. H. F. de; Cordeiro, S. A.; Pereira, R. S.; Couto, L. C.; Lacerda, K. W. de S. Viabilidade econômica da produção de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Nativa**, v. 5, n.1, p.09-15, 2017.
- Alvarenga, C. F.; Silva, E. M. D.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. de; Silva, L. A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, v.42, n.1, p.191-200, 2019.
- Ahmad, P.; Aluemeni M. N.; Wijaua L.; Alan P.; Bhadway R.; Sddique K. H M. Exogenous application of calcium to 24-epibrassinosteroid pre-treated tomato seedlings mitigates NaCl toxicity by modifying ascorbate–glutathione cycle and secondary metabolites. **Scientific Reports**, v.8, n.1, p.1-15, 2018.
- Antoniou, C.; Savvides, A.; Christou, A.; Fotopoulos, V. Unravelling chemical priming machinery in plants: the role of reactive oxygen–nitrogen–sulfur species in abiotic stress tolerance enhancement. **Current Opinion in Plant Biology**, v.33, n.1, p.101-107, 2016.
- Araújo, S. C. A.; Nobre, R. G.; Souza, L. de P.; Almeida, L. L. de S.; Pinheiro, F. W. A.; Elias, J. J. Produção de porta-enxerto de cajueiro irrigado com águas salinizadas e adubação potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.2, p. 2519-2528, 2018.
- Amorim, F. F. V. R. **Doses de ferro no crescimento, trocas gasosas e eficiência nutricional de mudas enxertadas de cajueiro-anão**. 72p. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Fitotecnia)) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

- Andrade, E. M. G.; Silva, S. S. da; Lima, G. S. de; Soares, L. A. da A.; Silva, A. A. R. Da; Lacerda, C. N. de. Early dwarf cashew cultivation with saline water and cattle manure. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.17, n.1, p.10-16, 2022.
- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- Antonic, D.; Milosevic, S.; Cingel, A.; Lojic, M.; Trifunovic-Mouncilov, M.; Petric, M.; Sibotic, A.; Simonovic, A. Effects of exogenous salicylic acid on *Impatiens walleriana* L. grown in vitro under polyethylene glycol-imposed drought. **South African Journal of Botany**, v.105, n.1, p.226-233, 2016.
- Barros, L. M.; Paiva, J. R.; Cavalcanti, J. J. V.; Araújo, J. P. P. Cajueiro. In: BRUCKNER, C. H. (Ed.). **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, p.159-176. 2002.
- Barroso, A. D. A.; Gomes, G. E.; Lima, A. E. D. O.; Palácio, H. A. D. Q.; Lima, C. A. D. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.588-593, 2011.
- Batista, M. J.; Novaes, F.; Santos, D. G.; Suguino, H. H. **Drenagem como instrumento de dessalinização e prevenção da salinização de solos**. 2. ed., rev. e ampliada. Brasília: CODEVASF, 216p, 2002.
- Batista, V. C. V.; Pereira, I. M. C.; Paulo-Marinho, S. de O.; Canuto, K. M.; Pereira, R. de C. A.; Rodrigues, T. H. S.; Daloso, D. de M.; Gomes Filho, E.; Carvalho, H. H. de. Salicylic acid modulates primary and volatile metabolites to alleviate salt stress-induced photosynthesis impairment on medicinal plant *Egletes viscosa*. **Environmental and Experimental Botany**, v.167, n.1, e103870, 2019.
- Bezerra, M. A.; Lacerda, C. V. de; Gomes Filho, E.; Abrel, C. E. B. de; Prisco J. T. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 449-461, 2007.
- Benincasa, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Bonifácio, B. F.; Nobre, R. G.; Sousa, A. D. S.; Gomes, E. M.; Silva, E. M. D.; Sousa, L. D. P. Efeitos da adubação potássica e irrigação com águas salinas no crescimento de porta-enxerto de goiabeira. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.4, p.101-110, 2018.
- Bosco, M. R. O.; Oliveira, A. B.; Hernandez, F. F. F. Influência do estresse salino na composição mineral da berinjela. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.2, p.157-164, 2019.
- Brown, P. H.; Bellaloui, N.; Wimmer, M. A.; Bassil, E. S.; Ruiz, J.; Hu, H.; Pfeffer, H.; Dannel, F.; Römheld, V. Boron in Plant Biology. **Plant Biology**, v.4, p.211-229, 2002.

- Cabral, J. H. A.; Silva, P. F.; Matos, R. M.; Bonou, S. I.; Santos, B. D. B.; Lima, V. L. A. de; Dantas Neto, J. Estatística multivariada na qualidade da água residuária utilizadas na irrigação na região semiárida brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.4, p.121-133, 2019.
- Carneiro, P. T.; Cavalcanti, M. L. F.; Brito, M. E. B.; Gomes, A. H. S.; Fernandes, P. D.; Gheyi, H. R. Sensibilidade do cajueiro anão precoce ao estresse salino na pré-floração. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.2, p.150-155, 2007.
- Castro, F. C.; Santos, A. M. dos. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, v.19, n.1, e19002, 2020.
- Cavalcante Júnior, L. F. **Eficiências de absorção, transporte e utilização de nutrientes de mudas de cajueiro-anão-precoce**. 65p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- Chrysargyris, A.; Xylia P.; Nicolas, S.; Tzortzakis, N. Physiochemical properties of petunia edible flowers grown under saline conditions and their postharvest performance under modified atmosphere packaging and ethanol application. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.99, n.1, p.3644-3652, 2019.
- Coelho, D. S. **Influência da salinidade nos aspectos nutricionais e morfofisiológicos de genótipos de sorgo forrageiro**. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, 2013.
- Dat, J. F.; Lopez-Delgado, H.; Foyer, C. H.; Scott, I. M. Paralell changes in H₂O₂ and catalase during thermotolerance induced by salicylic acid or heat acclimation in mustard seedlings. **Plant Physiology**, v.116, n.1, p.1351-1357, 1998.
- Dantas, M. V.; Lima, G. S. de; Silva, A. A. R. da; Melo, A. S. de; Medeiros, L. C. de. Gas exchange and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salinity stress and salicylic acid. **Comunicata Scientiae**, v.12, n.1, e3664, 2021.
- De Pascale, S.; Orsini, F.; Pardossi, A. **Irrigation water quality for greenhouse horticulture**. In: Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. p.169-204, 2013.
- Dias, N. S.; Blanco, F. F. Efeito dos sais no solo e nas plantas. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura**: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTA Sal, p. 151-161, 2016.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Sá, F. V. da S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. Dos A.; Fernandes, P. D. Gas exchanges and photochemical

- efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.22, n.9, p.628-633, 2018.
- Dias, A. S.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Melo, A. S. de; Silva, P. C. C.; Soares, L. A. dos A. Effect of combined potassium-phosphorus fertilization on gas exchange, antioxidant activity and fruit production of West Indian cherry under salt stress. **Arid Land Research and Management**, v.36, n.1, p.163-180, 2021b.
- Diniz, G. L.; Sales, G. N.; Sousa, V. F. O.; Andrade, F. H. A.; Silva, S. S.; Nobre, R. G. Produção de mudas de mamoeiro sob salinidade da água irrigação e adubação fosfatada. **Revista de Ciências Agrárias**, v.41, n.1, p.218-228, 2017.
- Diniz, G. L.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R. Irrigation with saline water and silicate fertilization in the cultivation of ‘Gigante Amarelo’ passion fruit. **Revista Caatinga**, v.34, n.1, p.199-207, 2021.
- Ekbic, H. B.; Ozcan, N.; Erdem, H. Impacts of salicylic acid treatments on salt resistance of some American grapevine rootstocks. **Fresenius Environmental Bulletin**, v.29, n. 2, p.685-692, 2020.
- Esan, A. M.; Masili, K.; Dada, F. A.; Olaya, C. O. Comparative effects of indole acetic acid and salicylic acid on oxidative stress marker and antioxidant potential of okra (*Abelmoschus esculentus*) fruit under salinity stress. **Scientia Horticulturae**, v.216, n.1, p.278-283, 2017.
- Farias, S. G. G.; Santos, D. R.; Freire, A. L.; Silva, R. B. Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Steud) em solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n.5, p.1499-1505, 2009.
- Farouk, S.; Elhindi, K. M.; Alotaibi, M. A. Silicon supplementation mitigates salinity stress on *Ocimum basilicum* L. via improving water balance, ion homeostasis, and antioxidant defense system. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.206, n.1, e111396, 2020.
- Fátima, R. T. de; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Figueiredo, F. R. A.; Souza, L. P.; Pimenta, T. A. Photochemical efficiency of cashew rootstocks under salt stress and foliar application of potassium silicate. **Comunicata Scientiae**, v.13, n.1, e3760, 2022.
- Fernandes, E. A.; Soares, L. A. dos A.; Lima, G. S. de; Gheyi H. S.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D. Photosynthetic pigments, photochemical efficiency and growth of custard-apple under salt stress and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, n.5, p.365-373, 2022.

- Ferreira-Silva, S. L.; Voigt, E. L.; Viégas, R. A.; Paiva, J. R. de; Silveira, J. A. G. Influência de porta enxertos na resistência de mudas de cajueiro ao estresse salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.4, p.361-367, 2009.
- Ferreira, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- Ferreira, F. N.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Sá, F. V. da S.; Dias, A. S.; Pinheiro, F. W. Photosynthetic efficiency and production of *Annona squamosa* L. under salt stress and fertilization with NPK. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.7, p.446-452, 2021.
- Flores, H. E. Polyamines and plant stress. In: Alscher, R. G.; Cumming, J. R. (ed.): **Responses in plants: Adaptation and acclimation mechanism**. p. 217-239, 1990.
- Freitas, A. S. D.; Dantas, B. D. S.; Araújo, Í. M. D. S.; Garruti, D. D. S. Suitability of peduncles of new cashew tree clones for commercial purposes. **Revista Ciência Agronômica**, v.51, n.3, e20196986, 2020.
- Gharbi, E.; Lutts, S.; Dailly, H.; Quinet, M. Comparison between the impacts of two different modes of salicylic acid application on tomato (*Solanum lycopersicum*) responses to salinity. **Plant Signaling & Behavior**, v.13, n.1, e1469361, 2018.
- Guilherme, E. D. A.; Lacerda, C. F. D.; Bezerra, M. A.; Prisco, J. T.; Gomes-Filho, E. Desenvolvimento de plantas adultas de cajueiro anão precoce irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n.1, p.253-257, 2005.
- Guimarães, R. F. B.; Maia Júnior, S. O.; Lima, R. F.; Souza, A. R.; Andrade, J. R.; Nascimento, R. Growth and physiology of ornamental sunflower under salinity in function of paclobutrazol application methods. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.12, p.853-861, 2021.
- Govaerts, B.; Sayre K. D.; Lichter K.; Dendoover L.; Decker J. Influence of permanent raised bed planting and residue management on physical and chemical soil quality in rainfed maize/wheat systems. **Plant and Soil**, v. 291, n. 1, p.3 9-54, 2007.
- Hair, F. J.; Black C. W.; Badin B. J.; Anderson R. E.; Tathan R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Tradução Adonai Schlup Sant'Anna. Porto Alegre: Bookman. 2009, 688p.
- Hotelling, H. Multivariate quality control. In: Eisenhart, C.; Hastay, M. W.; Wallis, W. A. **Techniques of statistical analysis**. New York: John Wiley & Sons. 1947. 73p.

- Hundare, A.; Joshi, V.; Joshi, N. Salicylic acid attenuates salinity-induced growth inhibition in vitro raised ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) plantlets by regulating ionic balance and antioxidative system. **Plant Stress**, v.4, n.1, e100070, 2022.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística . **Produção de castanha-de-caju (cultivo)**. 2021.
- Jasim, N. S.; Ati, M. A. A. Effect of salicylic acid on antioxidant enzymes and biochemical contents of date palm plantlets (*Phoenix dactylifera* L.) under salt stress conditions. **Indian Journal of Ecology**, v.47, n.2, p.378-382, 2020.
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, v.20, p.141–151.
- Lacerda, C. N. de; Soares, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Fatima, 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, n.1, p.451-458, 2022.
- Larcher, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos. 2000. 531p.
- Lamnai, K; Anaya, F.; Fghire, R.; Zine, H.; Janah, I.; Wahbi, S.; Loufi, K. Combined effect of salicylic acid and calcium application on salt-stressed strawberry plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.69, n.12, p.1-14, 2022.
- Lee, S. Y.; Damodaran, P. N.; Roh, K. S. Influence of salicylic acid on rubisco and rubisco activase in tobacco plant grown under sodium chloride in vitro. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.21, n.5, p.417-426, 2014.
- Li, Z.; Zhu, L.; Zhao, F.; Li, J.; Zhang, X.; Kong, X.; Wu, H.; Zhang, Z. Plant salinity stress response and nano-enabled plant salt tolerance. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, n.1, e843994, 2022.
- Liang, W.; Ma, X.; Wan, P.; Liu, L. Plant salt-tolerance mechanism: A review. **Biochemical and biophysical research communications**, v.495, n.1, p.286-291, 2018.
- Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. A.; Xavier, D. A.; Santos Junior, J. A. Water relations and gas exchange in castor bean irrigated with saline water of distinct cationic nature. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.13, p. 1581-1594, 2015
- Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Freitas, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. **Irriga**, v.22, n.4, p.757-774, 2017.
- Lima, G. S. de; Andrade, E. M. G; Ketounou, T. R.; Lima, V. L. A. de; Gheyi, H. R.; Silva, S. S. da; Soares, L. A. dos A. Fotossíntese, eficiência fotoquímica e crescimento da aceroleira

- cultivada com águas salinas e adubação nitrogenada. **Bioscience Journal**, v.35, n.1, p.67-78, 2018.
- Lima, G. S. de; Silva Neto, V. E. da; Gheyi, H. R.; Nobre, R. N.; Diniz, L. G.; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D.; Fernandes, A. de A.; Francisco, W. A. P. Photosynthetic pigments and photochemical efficiency of precocious dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.) under salt stress and potassium fertilization. **AIMS Agriculture and Food**, v.4, n.1, p.1007-1019, 2019.
- Lima, C. A. D.; Montenegro, A. A. D. A.; Lima, J. L. de; Almeida, T. A. B.; Santos, J. C. N. D. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.25, n.3, p.531-542, 2020a.
- Lima, G. S. de; Silva, J. B.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Souza, L. P. Physiological indices and phytomass partition in precocious dwarf cashew clones irrigated with saline waters. **Comunicata Scientiae**, v.11, n.1, e3196, 2020b.
- Lima, G. S. de; Silva, J. B. D.; Souza, L. D. P.; Nobre, R. G.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R. Tolerance of precocious dwarf cashew clones to salt stress during rootstock formation stage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, n. 1, p.474-481, 2020c.
- Lotfi, R.; Ghassemi-Golezani, K.; Pessarakli, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v.26, n.1, e101635, 2020.
- Kravchik, M.; Bernstein, N. Effects of salinity on the transcriptome of growing maize leaf cells point at cell-age specificity in the involvement of the antioxidative response in cell growth restriction. **BMC Genomics**, v.14, n.24, p.1-13, 2013.
- Ma, X.; Zheng, J.; Zhang, X.; Hu, Q.; Quian, R. Salicylic acid alleviates the adverse effects of salt stress on *Dianthus superbus* (*Caryophyllaceae*) by activating photosynthesis, protecting morphological structure, and enhancing the antioxidant system. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1, e600, 2017.
- Mahmoud, L. M.; Vincent, C. I.; Grosser, J. W.; Dutt, M. The response of salt-stressed Valencia sweet orange (*Citrus sinensis*) to salicylic acid and methyl jasmonate treatments. **Plant Physiology Reports**, v.26, n.1, p.137-151, 2021.
- Marques, J. J. S.; Araújo, J. M.; Lima, S. L. da; Reis, F. A. Competitividade das exportações brasileiras de castanha de caju e o efeito da crise de 2008. **Ensaio FEE**, v. 38, n.1, p.135-162, 2017.

- Martins, M. V. V.; Lima, J. S.; Viana, F. M. P.; Cardoso, J. E.; Araújo, F. S. D. A.; Ootani, M. A. Influência das épocas de floração e dos períodos de proteção fenológica à infecção do oídio no clone de cajueiro-anão BRS 189. **Revista Ceres**, v.64, n.6, p. 574-581, 2017.
- Martins, J. B.; Santos Júnior, J. A.; Bartusch, V. P.; Gheyi, H. R.; Bezerra Neto, E.; Silva, M. M. D. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.9, p.662-668, 2019.
- Medeiros, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. 173p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1992.
- Medeiros, J. F.; Lisboa, R. A.; Oliveira, M.; Silva Júnior, M. J.; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.1, p.469-472, 2003.
- Mohammadi, H.; Imani, A.; Asghari, M. R.; Talaie, A. R. Exogenous salicylic acid mitigates adverse effects of salinity on some photosynthesis-related parameters of almond. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v.22, n.2, p.519-534, 2020.
- Morais, M. A. S.; Jardim, A. M. R. F.; Oliveira, E. N.; Oliveira, F. R.; Matos, N. A.; Simões, A. N. O NaCl inibe a germinação e a atividade da amilase em duas espécies de feijão. **Revista Nordestina de Ciências Biológicas**, v.1, n.1, p.50-56, 2018.
- Moustafa-Farag, M.; Mohamed, H. I.; Mahmoud, A.; Elkelish, A.; Misra, A. N.; Guy, K. M.; Karman, M.; Ai, S.; Zhang, M. Salicylic acid stimulates antioxidant defense and osmolyte metabolism to alleviate oxidative stress in watermelons under excess boron. **Plants**, v.9, n.1, e724, 2020.
- Nadeem, M., Li, J.; Yahya, M.; Sher, A.; Ma, C.; Wang, X.; Qiu, L. Research Progress and perspective on drought stress in legumes: A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 1, p. 1-32, 2019.
- Nahar, K.; Hasanuzzaman, M.; Rahman, A.; Alam, M.; Mahmud, J. A.; Suzuki, T.; Fujita, M. Polyamines confer salt tolerance in mung bean (*Vigna radiata* L.) by reducing sodium uptake, improving nutrient homeostasis, antioxidant defense, and methylglyoxal detoxification systems. **Frontiers in Plant Science**, v.7, n.1, p.1104, 2016.
- Nazar, R.; Ighal, N.; Suede, S.; Khan, N. A. Salicylic acid alleviates decreases in photosynthesis under salt stress by enhancing nitrogen and sulfur assimilation and antioxidant metabolism

- differentially in two mungbean cultivars. **Journal of Plant Physiology**, v.168, n.1, p.807-815, 2011.
- Negrão, S.; Schmöckel, S. M.; Tester, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. **Annals of Botany**, v.119, n.1, p.1-11, 2017.
- Neves, W. B. P.; Carmo, S. K. S.; Palácio, C. M.; Melo, R. P. F. Caracterização físico-química do caju obtido na região do oeste potiguar. **Química: Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v.5, n.2, p.48-58, 2016.
- Oliveira, V. H. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002.
- Oliveira, V. H. Cajulicultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.01-248, 2008.
- Osmari, M. P.; Matos, L. F. de; Salab, B. L.; Diaz, T. G.; Giotto, F. M. Líquido da casca da castanha de caju: características e aplicabilidades na produção animal. **PUBVET**, v.9, n.3, p.143-149, 2015.
- Palácio, H. A. Q.; Carneiro Neto, J. A.; Teixeira, A. dos S.; Andrade, E. M. Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, n.1, p.316–324, 2009.
- Pedrotti, A.; Chagas, R. M.; Ramos, V. C.; Prata, A. P. N.; Lucas, A. A. T.; Santos, P. B. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.1308-1324, 2015.
- Pereira, J. S. **Biologia floral e reprodutiva do cajueiro-anão**. 77p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- Pirasteh-Anosheh, H.; Emam, Y.; Rousta, M. J.; Ashraf, M. Salicylic acid induced salinity tolerance through manipulation of ion distribution rather than ion accumulation. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.36, n.1, p.227-239, 2017.
- Portella, C. R.; Marinho, C. S.; Amaral, B. D.; Carvalho, W. S. G.; Campos, G. S.; Silva, M. P. S. D.; Sousa, M. C. D. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliatoeiro 'flying Dragon' e limoeiro 'cravo' em fase de formação do pomar. **Bragantia**, v.75, n.1, p. 70-75, 2016.
- Poór, P.; Borbély, P.; Bódi, N.; Bagyánszki, M.; Tari, I. Effects of salicylic acid on photosynthetic activity and chloroplast morphology under light and prolonged darkness. **Photosynthetica**, v.57, n.2, p.367-376, 2019.
- Prywes, N.; Naiya R. P.; Tuck O. T.; Valentin-Alvarado L. E.; Savage D. F. Rubisco function, evolution, and engineering. **ArXiv Preprint**, v. 2207, n. 1, e10773, 2022.

- Quamruzzaman, M.; Manik, S. M. N.; Shabala, S.; Zhou, M. Improving performance of salt-grown crops by exogenous application of plant growth regulators. **Biomolecules**, v.11, n.1, e788, 2021.
- Rajeshwari, V.; Bhuvaneshwari, V. Salicylic acid induced salt stress tolerance in plants. **International Journal of Plant Biology and Research**, v. 5, n. 3, p. 1067-1073, 2017.
- Rehman, Z.; Hussain, A.; Saleem, S.; Khilji, S. Exogenous application of salicylic acid enhances salt stress tolerance in lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* Steud. Wats)'. **Pakistan Journal of Botany**, v.54, n.1, p.371-378, 2022.
- Ribeiro, M. R.; Ribeiro Filho, M. R.; Jacomine, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. da S.; Lacerda, C. F. de; Gomes Filho, E. (eds.). **Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados**. 2.ed. Fortaleza: INCTSal. 2016. p. 9-16.
- Richards, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture. 1954. 160 p. USDA Handbook 60.
- Rodrigues, R. C. E.; Silva, G. F. da; Junior, S. D.; Albuquerque, P. M. Estudo da resistência bacteriana frente ao líquido da castanha de caju (*Anacardium occidentale*). **Brazilian Journal of Health Review**, v.3, n.6, p.18076-18094, 2020.
- Rossetti, A. G.; Vidal Neto, F. D. C.; Barros, L. D. M. Sampling of cashew nuts from cashew tree clones. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.42, n.1, e.563, 2020.
- Sá, F. V. S.; Brito, M. E. B.; Silva, L. A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira - Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. **Comunicata Scientiae**, v.6, n.4, p.463-470, 2015.
- Saddiq, M. S.; Iqbal, S.; Hafeez, M. B.; Ibrahim, A. M.; Raza, A.; Fatima, E. M.; Ciarmiello, L. F. Effect of salinity stress on physiological changes in winter and spring wheat. **Agronomy**, v.11, n.6, p.1193, 2021.
- Sales, J. M. de J.; Netto, A. D. O. A.; Monteiro, A. S. C.; Carvalho, C. M. de. Variabilidade espaço-temporal da qualidade da água em área de agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n.3, p.4071-4085, 2020.
- Samadi, S.; Habibi, G.; Vaziri, A. Effects of exogenous salicylic acid on antioxidative responses, phenolic metabolism and photochemical activity of strawberry under salt stress. **Iranian Journal of Plant Physiology**, v.9, n.2, p.2685-2694, 2019.
- Santos, W. M. dos; Souza, R. M. S.; Souza, E. S. de; Almeida, A. Q. de; Antonino, A. C. D. Variabilidade espacial da sazonalidade da chuva no semiárido brasileiro. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.2 n.4 p.368-376, 2017.

- Schossler, T. R.; Machado, D. M.; Zuffo, A. M.; Andrade, F. R.; Piauilinino, A. C. Salinidade: efeitos na fisiologia e na nutrição mineral de plantas. **Enciclopédia biosfera**, v.8, n.15; p.1563-1578, 2012.
- 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.5, n.1, p.1002-1013, 2013.
- Sharma, A.; Kumar, V.; Shalзад, B.; Ramakrishnan, M.; Sidhu, G. P. S.; Bali, A. S.; Honda, N.; Kapoor, D.; Yadav, P.; Khanna, K.; Bakshi, A. S.; Rehman, A.; Kohli, S. K.; Kham, E. A.; Parihar, R. D.; Yuan, H.; Thukral, A. K.; Bhardwaj, R.; Zhong, B. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.39, n.1, p.509-531, 2020.
- Seido, S. L.; Sousa, L. P.; Silva, M. J.; Donzeli, V. P.; Queiroz, S. O. P. Rizobactérias promotoras de crescimento em melão sob estresse salino. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.1, e5623, 2019.
- Silva, E. C.; Nogueira, R. J. M. C.; Araújo, F. P.; Melo N. F.; Azevedo Neto. Physiological responses to salt stress in Young umbu plants. **Environmental and Experimental botany**, v.63, n.1, p.147-157, 2008.
- Silva, I. N. Qualidade de água na irrigação. **Agricultura Científica no Semi Árido**, v.7, n.3, p.1-15, 2011.
- Silva Junior, G. S.; Morais, M. B.; Camara, T. R.; Willadino, L. Crescimento de genótipos diplóides de bananeira submetidos ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.1, p.1145-1151, 2012.
- Silva, V. F. **Avaliação da qualidade da água em barragem subterrânea no semiárido**. 85p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2013.
- Silva, F. G. da; Dutra, W. F.; Dutra, A. F.; Oliveira, I. M. de; Filgueiras, L. M. B.; Melo, A. S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n.1, p.946-952, 2015.
- Silva, J. R. I.; Jardim, A. L. R. F.; Barroso Neto, J.; Leite, M. L. M. V.; Teixeira, V. I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.11, n.13, p.127-139, 2018a.
- Silva, A. F.; Sousa, F. de O.; Santos, G. L. dos; Araújo Júnior, E. S.; Silva, S. L. F. da; Macedo, C. E. C. de; Melo, A. S. de; Maia, J. M. Antioxidant protection of photosynthesis in two

- cashew progenies under salt stress. **Journal of Agricultural Science**, v.10, n.10, p.388-404, 2018b.
- Silva, S. S. da; Lima, G. S. de; Lima, V. L. A. de; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos A.; Lucena, R. C. M. Gas exchanges and production of watermelon plant under salinity management and nitrogen fertilization. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.49, n.1, e54822, 2019.
- Silva, A. A. R.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V.; Veloso, L. L. S.; Gheyi, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v.33, n.4, p.1092-1101, 2020.
- Silva, J. A. da; Tavares, C. D. A.; Morais, S. M. de; Oliveira, M. S. C. Caracterização química e fitoquímica, toxicidade e atividade antioxidante *in vitro*, de Clones de Pedúnculos de Caju (*Anacardium Occidentale* L.). **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.8, p.79458-79470, 2021a.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. De; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Souza, A. R. de; Fernandes, P. D. Salicylic acid relieves the effect of saline stress on soursop morphology. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.1, e007021, 2021b.
- Silva, A. A. R. da; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V. de; Gheyi, H. R.; Soares L. A. dos A.; Veloso L. L. de S. A. Salicylic acid improves physiological indicators of soursop irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, n.6, p.412-419, 2022.
- Soares, L. A. dos A. Oliveira, S. G. de; Lima, G. S. de; Fernandes, P. D.; Araújo, R. H. C. R.; Fernandes, E. A. Physiological changes of pomegranate seedlings under salt stress and nitrogen fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, n.1, p.4 53-459, 2021.
- Soares, M. D. M.; Dantas M. V.; Lima G. S. de; Oliveira V. K. N.; Soares L. A. do A.; Gheyi H. R. Physiology and yield of 'Gaúcho' melon under brackish water and salicylic acid in hydroponic cultivation. **Arid Land Research and Management**, v. 1, n.1, p.1-20, 2022.
- Soni, S.; Sharawat, N.; Kumar, A.; Kumar, N.; Lata, C.; Mann, A. Effect of saline irrigation on plant water traits, photosynthesis and ionic balance in durum wheat genotypes. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v.2 8, n.4, p.2510-2517, 2021.
- Sousa, L. B. D.; Feitoza, L. D. L.; Gomes, R. L. F.; Lopes, Â. C. D. A.; Soares, E. B.; Silva, E. M. P. D. Aspectos de biologia floral de cajueiros anão precoce e comum. **Ciência Rural**, v.37, n.3, p.882-885, 2007.
- Sousa, A. B. O.; Bezerra, M. A.; Farias, F. C. Desenvolvimento inicial do clone BRS 275 de cajueiro sob irrigação com diferentes níveis salinos. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.1, p.166-171, 2010.

- Sousa, T. L. T. L.; Shinohara, N. K. S.; Lima, G. S. de; Furtado, A. F. T. de L.; Marques, M. D. F. F.; Andrade, S. A. C. Aspectos nutricionais do caju e panorama econômico da Cajucultura. **Research, Society and Development**, v.10, n.11, e229101119435, 2021.
- Sousa, V. F. O.; Santos, A. S.; Sales, W. S.; Silva, A. J.; Gomes, F. A. L.; Dias, T. J.; Araújo, J. R. E. S. Exogenous application of salicylic acid induces salinity tolerance in eggplant seedlings. **Brazilian Journal of Biology**, v.84, n.1, e257739, 2022.
- Sousa, V. F. de O.; Santos, G.; Maia, J. M.; Júnior, S de O. M.; João S. P. de O.; Costa, J. E.; Silva, A. F. da; Dias, T. J.; Ferreira-Silva, S. L.; Taniguchi, C. A. K. Salinity-tolerant dwarf cashew rootstock has better ionic homeostasis and morphophysiological performance of seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.2, p.92-100, 2023.
- Souza, L. P. de; Nobre, R. G.; Fatima, R. T.; Pimenta, T. A.; Diniz, G. L.; Barbosa, J. L. Morfofisiologia e qualidade de porta-enxerto de cajueiro sob peróxido de hidrogênio e estresse salino. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.13, n.3, p.3477-3486, 2019.
- Souza, I. C. da C.; Carvalho, A. C. B.; Silva Neto, J. M. D.; Fernandes, J. P. C.; Rocha Junior, J. D.; Araújo, F. M. M. C.; Melo, R. L. F. Caracterização físico-química dos frutos tropicais do Nordeste Brasileiro. **Research, Society and Development**, v.9, n. 6, e125963562, 2020a.
- Souza, L. P. de; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; Fatima, R. T. de; Silva, E. L. de.; Elias, J. J. Alocação de fitomassa e crescimento de clones de cajueiro irrigados com águas de diferentes salinidades. **Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v.7, n.1, p.52-63, 2020b.
- Souza, L. de P.; Nobre, R. G.; Gheyi, H. R.; de Fátima, 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, n.1, p.169–183, 2021.
- Suassuna, C. F. Ferreira, N. M.; Sá, F. V. da S.; Bertino A. M. P.; Mesquita, E. F. de; Paiva, E. P. de; Jesus, P. L. de; Bertino, A. Substratos e ambientes para produção de mudas de cajueiro anão precoce. **Agrarian**, v.9, n.1, p.197-209, 2017.
- Tagliaferre, C.; Guimarães, D. U. G. G.; Gonçalves, L. J.; Amorim, C. F. A.; Matsumoto, S. N.; D'arêde, E. O. Produtividade e tolerância do feijão caupi ao estresse salino. **Irriga**, v.23, n.1, p.168-179, 2018.
- Tanveer, M.; Shahzad, B.; Sharma, A.; Khan, E. A. 24-Epibrassinolide application in plants: An implication for improving drought stress tolerance in plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.135, n.1, p.295-303, 2019.
- Teixeira, P. C.; Donagemma, G. K.; Fontana, A.; Teixeira, W. G. **Manual de métodos de**

- análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017.
- Veloso, L. L. de S. A.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de; Barbosa, J. L.; Melo, E. M.; Gheyi, H. R.; Gonçalves, E. B.; Souza, C. M. A. Quality of soursop (*Annona muricata* L.) seedlings under different water salinity levels and nitrogen fertilization. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, n.1, p.306-310, 2018.
- Veloso, L. L. de S. A.; Azevedo, C. A. V. de; Nobrega, R. G.; Lima, G. S. de; Capitulino, J. D.; Silva, F. de A. H₂O₂ alleviates salt stress effects on photochemical efficiency and photosynthetic pigments of cotton genotypes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, n.1, p.34-41, 2023.
- Willadino, L.; Câmara, T. R. L. Tolerância das plantas à salinidade: aspectos fisiológicos e bioquímicos. **Enciclopédia Biosfera**, v.6, n.11, p.21, 2010.
- Wang, Y. Y.; Wang, Y.; Li, G. Z.; Hao, L. Arabidopsis plant response that alters salicylic acid to cadmium exposure: underlying mechanisms affecting antioxidation and photosynthesis-related processes. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 169, n.1, p.645-653. 2019.
- Xavier, A. V.; Lima, G. S. de; Gheyi, H. R.; Silva, A. A. R. da; Lacerda, C. N. de; Soares, L. A. dos A.; Fernandes, P. D. Salicylic acid alleviates salt stress on guava plant physiology during rootstock formation. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.26, n.1, p.855-862, 2022.
- Yudina, L.; Sukhova, E.; Gromova, E.; Nerush, V.; Vodeneev, V.; Sukhov, V. A light- induced decrease in the photochemical reflectance index (PRI) can be used to estimate the energy-dependent component of non-photochemical quenching under heat stress and soil drought in pea, wheat, and pumpkin. **Photosynthesis Research**, v.146, n.1, p. 175-187, 2020.