



**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 QUIABEIRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS
SALINAS E ÁCIDO SALICÍLICO EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

ALLYSSON JONHNNY TORRES MENDONÇA

Campina Grande - PB

Março - 2023

ALLYSSON JONHNNY TORRES MENDONÇA

Engenheiro Agrônomo

**ECOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS
SALINAS E ÁCIDO SALICÍLICO EM CULTIVO HIDROPÔNICO**

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. Geovani Soares de Lima

Prof^a. Dr^a. Lauriane Almeida dos Anjos Soares

Campina Grande – PB

2023

M539e Mendonça, Allysson Johnhny Torres.
Ecofisiologia de quiabeiro sob soluções nutritivas salinas e ácido salicílico em cultivo hidropônico / Allysson Johnhny Torres Mendonça. – Campina Grande, 2023.
84 f.: il. color.

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

"Orientação: Prof. Dr. Geovani Soares de Lima, Profa . Dra . Lauriane Almeida dos Anjos Soares".

Referências.

1. *Abelmoschus esculentus* L. Moench.
2. Salinidade.
3. Osmorregulação.
4. Solução Nutritiva. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 635.648(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA MARIA ANTONIA DE SOUSA CRB 15/398



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

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

ALLYSSON JONHNNY TORRES MENDONÇA

ECOFISIOLOGIA DE QUIABEIRO SOB
SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALINAS E
ÁCIDO SALICÍLICO EM CULTIVO
HIDROPÔNICO

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

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

Lauriane Almeida dos Anjos Soares - Orientador(a) - UAGRA/CCTA/UFCG

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

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



Documento assinado eletronicamente por **LAURIANE ALMEIDA DOS ANJOS SOARES, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/03/2023, às 17:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-VISITANTE**, em 03/03/2023, às 19:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jackson Silva Nóbrega, Usuário Externo**, em 06/03/2023, às 18:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 08/03/2023, às 22:18, 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 **3151286** e o código CRC **26769. C57**

Foi pensando nas pessoas que executei este projeto, por isso o dedico a todos aqueles a quem, de alguma forma, esta pesquisa possa ajudar.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antônio Mendonça Filho e Francisca Cleide Torres Mendonça, pela dedicação, esforço, confiança e ensinamentos principalmente pelo incentivo para nunca desistir dos meus sonhos.

A toda minha família que sempre acreditou e esteve ao meu lado em todos os momentos, mesmo estando longe. Aos meus irmãos Antônio Felix de Mendonça Netto e Alana Ayalla Torres Mendonça, sobrinhos Theo, Larah Mendonça e Anna Julia, e minha cunhada Juliana.

À minha namorada Tamirys Gonçalves por sempre está presente tanto nos momentos bons quanto nos ruins, seu companheirismo foi essencial para que eu pudesse chegar aonde cheguei mesmo sendo difícil a distância durante alguns dias.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo, possibilitando assim o desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, por todo o conhecimento adquirido.

Ao meus Orientadores, D. Sc. Geovani Soares de Lima e D. Sc. Lauriane Almeida dos Anjos Soares, por todos os ensinamentos, paciência, principalmente pela disponibilidade e dedicação, tornando possível a concretização deste trabalho. Foram meses de orientações, conversas e reuniões para concluirmos essa dissertação. Todas foram realizadas com muita alegria, por tudo isso quero agradecê-los de verdade. Tenho certeza que cada momento estava sendo guiado por pessoas competentes e principalmente dedicadas à orientação.

À banca examinadora pela contribuição para a melhoria deste trabalho.

Agradeço aos companheiros de casa (Saulo Soares e Jean Telvio) pela ajuda na montagem do experimento e pelos conselhos nos momentos de dificuldade.

Agradeço, em especial, a Valeska Karolini Oliveira pelo o companheirismo e ajuda ao longo de todo o experimento.

Aos colegas de turma do mestrado e do grupo de pesquisa, pelos momentos de estudos e trocas de conhecimentos. A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte dessa conquista, o meu muito obrigado.

A todos que fazem parte do corpo de técnicos, professores, porteiros, auxiliares de serviços e demais funcionários da Universidade Federal de Campina Grande, em possibilitar sua estrutura para me formar. **Muito obrigado!**

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT.....	xv

CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 Geral	19
2.2 Específicos.....	19
3. REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 Aspectos gerais da cultura do quiabo	20
3.2 Disponibilidade de água no semiárido brasileiro	21
3.3 Salinidade da água e seus efeitos sobre as plantas.....	22
3.4 Cultivo com águas salobras em sistema hidropônico.....	23
3.5 Ácido salicílico na atenuação do estresse salino.....	24
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

CAPÍTULO II - TROCAS GASOSAS, CLOROFILA E CRESCIMENTO DO QUIABEIRO HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO

RESUMO	35
ABSTRACT.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. MATERIAL E MÉTODOS	38
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4. CONCLUSÕES	50
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

CAPÍTULO III - FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE QUIABEIRO HIDROPÔNICO CULTIVADO COM ÁGUAS SALOBRAS E ÁCIDO SALICÍLICO

RESUMO	56
ABSTRACT.....	57
1. INTRODUÇÃO.....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS	59

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4. CONCLUSÕES.....	75
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
CAPITULO IV - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
APÊNDICE	82

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO II	
Tabela 1. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva indicada por Hoagland e Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do quiabeiro cv Canindé.....	39
Tabela 2. Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos (%EE), teor relativo de água (TRA), condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>), eficiência instantânea do uso da água (<i>E_iUA</i>) e eficiência instantânea da carboxilação (<i>E_iC_i</i>) das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e aplicação de ácido salicílico (AS), aos 64 dias após o transplantio.	43
Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para os teores de clorofila <i>a</i> (<i>Cl a</i>), <i>b</i> (<i>Cl b</i>) e carotenoides (<i>Car</i>) das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico aos 64 dias após o transplantio.....	45
Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplantio.	48
CAPÍTULO III	
Tabela 1. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (<i>F₀</i>), fluorescência máxima (<i>F_m</i>), fluorescência variável (<i>F_v</i>), eficiência quântica do fotossistema II na fase escura (<i>F_v/F_m</i>), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (<i>F_s</i>), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (<i>F_{ms}</i>), a eficiência quântica do fotossistema II na fase luminosa (<i>YII</i>) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico aos 50 dias após o transplantio.....	64
Tabela 2. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), parte aérea (FSPA), raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) e volume de raiz (VR) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico aos 64 dias após o transplantio.....	67
Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de fruto por planta (NFP), massa fresca de frutos (MFF), peso médio de fruto por plantas (PMF), comprimento médio de frutos (CMF) e diâmetro médio de frutos (DMF) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico aos 64 dias após o transplantio.	70

Tabela	Resumo da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST) e ácido ascórbico (AA) do quiabeiro cv Caniné cultivado sob solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico.....	72
---------------	--	----

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO II

Figura	Dados diários de temperaturas (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental.....	38
1.		
Figura	Condutância estomática - gs (A), transpiração - E (B), taxa de assimilação de CO ₂ - A (C) e eficiência instantânea do uso da água - EiUA (D) do quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico, em função da solução nutritiva salina – CEsn, aos 63 dias após o transplantio.	44
2.		
Figura	Superfície de resposta para os teores de clorofila a - Cl a (A), b - Cl b (B) e carotenoides - Car (C) das plantas de quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico, em função da interação entre solução nutritiva salina – CEsn e concentrações de ácido salicílico (AS), aos 63 dias após o transplantio	47
3.		
Figura	Altura de plantas - AP (A), diâmetro de caule - DC (B), número de folhas - NF (C) e área foliar - AF (D) de quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico, em função da solução nutritiva salina – CEsn, aos 63 dias após o transplantio.	49
4.		

CAPÍTULO III

Figura	Dados diários de temperaturas máxima e mínima e umidade relativa média do ar durante o período experimental	59
1.		
Figura	Fluorescência máxima - F _m (A), fluorescência variável - F _v (B) e a taxa de transporte de elétrons – ETR (C) do quiabeiro cv Canindé, em função da solução nutritiva salina - CEsn em sistema hidropônico, aos 50 dias após o transplantio.	65
2.		
Figura	Fitomassa seca de folhas - FSF (A), caule - FSC (B), parte aérea - FSPA (C), raiz - FSR (D), fitomassa seca total – FST (E) e volume de raiz - VR (F) do quiabeiro cv Canindé, em função da solução nutritiva salina – CEsn em cultivo hidropônico, aos 63 dias após o transplantio.....	67
3.		
Figura	Número de fruto por planta - NFP (A), massa fresca dos frutos – MFF (B), peso médio de fruto por plantas - PMF (C) e comprimento médio de frutos – CMF (D) do quiabeiro cv Canindé, em função da solução nutritiva salina – CEsn em cultivo hidropônico, aos 64 dias após o transplantio	69
4.		
Figura	Potencial hidrogeniônico – pH (A), sólidos solúveis – SS (B), acidez titulável – AT (C), açúcares solúveis totais – AST (D) e ácido ascórbico – AA (E) dos frutos de quiabeiro cv Canindé, em função da interação entre níveis salinos da solução nutritiva – CEsn e concentrações de ácido salicílico em cultivo hidropônico.....	71
5.		

LISTA DE APÊNDICES

Página

CAPÍTULO II

Apêndice	Detalhes da semeadura em recipientes descartáveis (A) e plantas inseridas nos perfis hidropônicos (B) do quiabeiro	83
1.		
Apêndice	Visão geral do experimento: fase vegetativa (A) e em plena floração das plantas (B) de quiabeiro	83
2.		

CAPÍTULO III

Apêndice	Visão geral do experimento: fase frutificação (A) e em plena produção das plantas (B) de quiabeiro.....	84
1.		
Apêndice	Colheita dos frutos (A) e determinação de sólidos solúveis (B) em quiabeiro.....	84
2.		

MENDONÇA, A. J. T. **Ecofisiologia de quiabeiro sob soluções nutritivas salinas e ácido salicílico em cultivo hidropônico**. 2023. 84p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

RESUMO

Um dos fatores limitantes para a produção agrícola na região semiárida do Nordeste brasileiro são as altas concentrações de sais presente nas águas utilizadas na irrigação. Para reduzir os efeitos da salinidade nas plantas, é fundamental o uso de estratégias para atenuar os danos deletérios do estresse salino, destacando-se a aplicação foliar de ácido salicílico. Neste sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico como atenuante do estresse salino na fisiologia, crescimento, produção e pós-colheita de frutos de quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, em Pombal-PB, utilizando-se o sistema de cultivo hidropônico tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes - NFT. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,2; 2,4 e 3,6 mM) distribuídos em delineamento inteiramente casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de CEs_n considerado as parcelas e as concentrações de AS as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. O aumento dos níveis salinos da solução nutritiva a partir de 3,0 dS m⁻¹ inibiu a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas foliares, a fluorescência máxima e variável e a taxa de transporte de elétrons quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico, aos 63 dias após o transplante. A condutividade elétrica da solução nutritiva acima de 3,0 dS m⁻¹ reduziu o crescimento, volume da raiz, número e massa fresca de fruto por planta, comprimento médio de frutos e peso médio de frutos de quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico. A aplicação exógena de 1,8 e 2,4 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina, respectivamente de 4,0 e 9,0 dS m⁻¹ amenizou o estresse salino nos teores de clorofila *a* e *b* e produção de frutos respectivamente na cultura do quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico tipo NFT. As concentrações de 2,1 e 2,4 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina, de 9,0 dS m⁻¹ elevaram os teores de sólidos solúveis e acidez titulável, respectivamente, em frutos de quiabeiro cv Canindé.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* L. Moench, salinidade, osmorregulação, solução nutritiva.

MENDONÇA, A. J. T. **Ecophysiology of okra under saline nutrient solutions and salicylic acid in hydroponic cultivation**. 2023. 84p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Federal University of Campina Grande, Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

ABSTRACT

One of the limiting factors for agricultural production in the semi-arid region of Northeast Brazil is the high concentrations of salts present in the water used for irrigation. To reduce the effects of salinity on plants, it is essential to use strategies to mitigate the deleterious damage caused by saline stress, with emphasis on the foliar application of salicylic acid. In this sense, the objective of this work was to evaluate the effects of foliar application of salicylic acid as an attenuator of saline stress in the physiology, growth, production and postharvest of fruits of okra cv Canindé in a hydroponic system. The work was carried out in a greenhouse, in Pombal-PB, using the hydroponic cultivation system of the Nutrient Laminar Flow Technique - NFT. The treatments consisted of four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC_{sn} (3.0; 5.0; 7.0 and 9.0 dS m⁻¹) and four concentrations of salicylic acid - SA (0; 1.2; 2.4 and 3.6 mM) distributed in a completely randomized design in a split-plot scheme, with EC_{sn} levels considered as plots and AS concentrations as subplots, with four replications and two plants per plot. The increase in the saline levels of the nutrient solution from 3.0 dS m⁻¹ inhibited the synthesis of photosynthetic pigments, the foliar gas exchange, the maximum and variable fluorescence and the electron transport rate of okra cv Canindé in hydroponic cultivation, at 63 days after transplantation. The electrical conductivity of the nutrient solution above 3.0 dS m⁻¹ accompanied growth, root volume, number and fresh mass of fruit per plant, average fruit length and average fruit weight of okra cv Canindé in cultivation hydroponic. The exogenous application of 1.8 and 2.4 mM of salicylic acid associated with saline nutrient solution, respectively 4.0 and 9.0 dS m⁻¹, alleviated saline stress in chlorophyll a and b contents and fruit production respectively in the culture of okra cv Canindé in NFT hydroponic system. The concentrations of 2.1 and 2.4 mM of salicylic acid associated with saline nutrient solution of 9.0 dS m⁻¹ increased the levels of soluble solids and titratable acidity, respectively, in fruits of okra cv Canindé.

Keywords: *Abelmoschus esculents* L. Moench, salinity, tolerance, osmoregulation.

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO GERAL

O quiabeiro (*Abelmoschus esculents* L. Moench) originário da África e pertencente à família Malvaceae é uma hortaliça amplamente consumida no Brasil, adaptada em regiões de clima tropical e subtropical (SANTOS et al., 2019). De acordo com o IBGE (2017), no ano de 2017 o Brasil produziu cerca de 111.967 t de quiabos, sendo o estado de Minas Gerais, o maior produtor dessa cultura. O estado da Paraíba fica na 20ª posição com uma produção anual de 448 t. Devido sua rusticidade seu cultivo apresenta baixo custo de produção (SALES et al., 2021). Estudos prévios avaliaram a eficiência do uso de polímero naturais de quiabo no tratamento de água e efluentes como coagulante e floculante natural (FREITAS et al., 2015; CHUNG et al., 2018).

A região semiárida do Nordeste brasileiro tem apresentado limitações para expansão de áreas irrigadas devido à irregularidade e a má distribuição das precipitações ao longo do ano, quando associada às elevadas taxas de evapotranspiração, resulta em escassez hídrica para as plantas (FONTES JÚNIOR; MONTENEGRO, 2017). Outro aspecto a ser considerado é que as fontes de águas disponíveis para irrigação nesta região normalmente possuem elevadas concentrações de sais, tornando-se um fator de estresse para as plantas (SANTOS et al., 2017; TAVARES FILHO et al., 2020).

O efeito iônico é caracterizado por um acúmulo gradual de sais, principalmente Na^+ e Cl^- nos tecidos da planta. Este efeito ocorre lentamente e pode causar clorose, necrose e ressecamento nas folhas, limitando a fotossíntese levando a uma redução na captação de CO_2 impedindo que ocorra a divisão celular, afetando assim o crescimento e a produção das plantas (HURA et al., 2017; CARILLO et al., 2019).

Segundo Mendonça et al. (2022) os níveis de tolerância do quiabeiro cv Canindé, com base na produção relativa, cultivado em sistema hidropônico pode ser considerado tolerante à salinidade até $\text{CE}_{\text{sn}} = 5,05 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo a perdas máximas de 20% no rendimento.

Além dos efeitos negativos do excesso de sais sobre as plantas, ocorrem também impactos ambientais através da formação de solos afetados por sais (CASTRO; SANTOS, 2020). Neste contexto, o sistema hidropônico é uma alternativa viável para o cultivo em regiões afetadas pela escassez hídrica e ocorrência de fontes hídricas com alta concentrações de sais, permitindo o uso racional da água em 70% em relação aos outros sistemas convencionais (com solo), proporcionando o controle do pH e da condutividade elétrica, e o fornecimento no uso de fertilizantes (SAUSEN et al., 2020).

O uso de águas salobras em cultivo de diferentes hortaliças, principalmente do cultivo hidropônico (sem solo), está associado à ausência do potencial matricial, sendo amplamente comprovado por diversos estudos (CRUZ et al., 2018; LIRA et al., 2018).

Por conseguinte, é necessário o uso de estratégias para reduzir os efeitos danosos do estresse salino sobre as plantas, destacando-se a aplicação exógena de ácido salicílico (SILVA et al., 2020). O uso de reguladores de crescimento vegetal pode minimizar os efeitos deletérios do estresse salino sobre as plantas, ativando os genes capazes de atuar no mecanismo de defesa da planta contra estresse abióticos e bióticos, no processo fotossintético e que promovem o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) nos cloroplastos, reduzindo a intensidade dos efeitos depressivos do estresse salino; dessa forma atuando nas células danificadas promovendo a sua morte e conseqüentemente, eliminando o agente danificador. Os efeitos atenuadores do AS estar associado ao aumento na síntese de osmólitos compatíveis, como glicina betaína, prolina, sorbitol, trealose e sacarose (LAKZAYI et al., 2014; MAZARO et al., 2015; NAZAR, et al., 2015; PRIMAK; LIMA 2017; SHARMA et al., 2017; METHENNI et al., 2018; FIGUEIREDO et al., 2019).

O efeito benéfico da aplicação de ácido salicílico foi observado por diversos autores. Veloso et al. (2021) em estudo com pimentão cv All Big sob irrigação com água de condutividade elétrica de 1,8, 0,8 e 1,6 dS m⁻¹ associada a uma concentração de 1,6 mM de AS, observaram aumento na atividade fotossintética e nos componentes de produção. Nóbrega et al. (2020) em pesquisa com melancia sob CEa (0,50; 1,01; 2,25; 3,49 e 4,00 dS m⁻¹), verificaram que a dose de 1,0 mM de ácido salicílico estimulou o crescimento da parte aérea e de plântulas. Oliveira et al. (2023) em pesquisas com pepino cv 'Hiroshi' sob CEs_n (2.1, 3.6, 5.1, and 6.6 dS m⁻¹), constataram que a aplicação exógena de ácido salicílico nas concentrações entre 1,4 e 2,0 mM reduziu os efeitos deletérios do estresse salino e promoveu aumento na produção e melhoria na qualidade pós-colheita dos frutos do pepino.

Apesar da importância do quiabeiro no contexto social e econômico no semiárido do Nordeste brasileiro, pesquisas testando-se os efeitos da solução nutritiva salina e das concentrações de ácido salicílico em condições hidropônicas, ainda são incipientes.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico como atenuante do estresse salino na fisiologia, crescimento, produção e pós-colheita de frutos de quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico tipo NFT.

2.2 Específicos

Avaliar o crescimento do quiabeiro cv Canindé cultivado com solução nutritiva salina e aplicação exógena de ácido salicílico;

Analisar as alterações nas trocas gasosas e eficiência fotoquímica do quiabeiro cv Canindé sob solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico;

Quantificar os teores de pigmentos fotossintéticos e as relações hídricas do quiabeiro cv Canindé sob níveis de solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico;

Determinar os componentes de produção do quiabeiro cv Canindé em função da solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico;

Avaliar a qualidade pós-colheita dos frutos do quiabeiro cv Canindé sob solução nutritiva salina e aplicação exógena de ácido salicílico;

Quantificar a dose de ácido salicílico capaz de atenuar os efeitos deletérios do estresse salino de quiabeiro cv Canindé em função da solução nutritiva salina; e

Atribuir o limite da condutividade elétrica da solução nutritiva capaz de obter produção do quiabeiro cv Canindé.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais da cultura do quiabo

O quiabeiro (*Abelmoschus esculents* L. Moench) anteriormente *Hibiscus esculentus* L., é uma hortaliça-fruto originária da Etiópia, de ciclo anual, pertencente à família das Malvaceae, sendo amplamente cultivada no Brasil, com grande importância para as regiões semiáridas (MOURA; GUIMARÃES, 2015). Se destacando como maior produtor a Índia. Devido sua rusticidade destaca-se por apresentar ciclo precoce, baixo custo de produção, alto rendimento, elevado valor alimentício e nutritivo (COSTA et al., 2017; SANTOS et al., 2019).

A morfologia do quiabeiro é caracterizada por folhas grandes de coloração esverdeadas, limbo profundamente recortados, lobados e com pecíolos longos; é uma planta arbustiva, variando entre 1 a 3 m de altura, com porte ereto e caule semilenhoso, podendo ocorrer ramificações laterais, sendo estimulada por práticas de manejo no cultivo, sistema radicular muito profundo, sua raiz pivotante pode atingir até 1,90 m de profundidade (MORAES et al., 2018). As flores são regulares e solitárias com ovário súpero e numerosos estames. O fruto é de cor variável, pubescente, de 10 a 30 cm de comprimento e de 2 a 3 cm de largura (NWANGBURUKA et al., 2011).

O fruto do quiabeiro tem grande importância nutricional devido seu papel no combate aos radicais livres e por possuir em sua composição vitaminas, como A, C e B1, bem como se destaca como fonte de cálcio com função no fortalecimento ósseo. O fruto fresco oferece, à nutrição humana, proteína, fibra e vitamina C; suas sementes são as principais fontes de proteínas e óleos (OLIVEIRA et al., 2020).

Sua propagação é realizada via sementes, sendo mais comum a semeadura direta. O fruto do quiabeiro é do tipo cápsula fibrosa com sementes arredondadas, de coloração variável; com a produção ocorrendo principalmente na haste principal e nas laterais, cada fruto pode conter aproximadamente 60 sementes. (COSTA et al., 2017). A temperatura ideal para o cultivo do quiabeiro é entre 22 e 25 °C, possuindo um desenvolvimento satisfatório em regiões de clima quente. Em temperaturas menores e acima de 35 °C ocorre a queda de flores e de frutos jovens (SANTOS et al., 2019).

De acordo com o censo agropecuário do IBGE (2017), o Brasil produziu no ano de 2017 cerca de 111.967 toneladas de quiabos, sendo os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Bahia e Goiás os maiores produtores dessa cultura, representando 68,9% da produção

nacional correspondente a 77.157 t. O Nordeste é a segunda região maior produtora, produzindo 32.187 t. O estado da Paraíba fica na 20ª posição com uma produção anual de 448 t.

No mercado existe uma grande diversidade de cultivares disponíveis, bem como de vários formatos, cores e diferentes exigências agronômicas. Dentre as cultivares mais estudadas estão: Santa Cruz 47, Valença, Roxo, Amarelinho e Canindé (CARVALHO et al., 2020; MATOS et al., 2020; COSTA et al., 2022). A variedade Santa Cruz 47 tem se destacado na produção, sendo largamente cultivada no Brasil, apresentando uma alta produtividade e a excelente uniformidade de plantas e frutos (SOUZA et al., 2014).

3.2 Qualidade da água no semiárido brasileiro

O semiárido brasileiro apresenta extensão territorial de 982.563 km², abrangendo os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Ceará, Piauí, Alagoas, Sergipe e parte de Minas Gerais. Nessa região a irregularidade da precipitação pluvial e altas taxas de evaporação favorecem a escassez de água superficial e subterrânea, desfavorecendo a implantação de sistemas de produção agrícola convencionais em sequeiros (CABRAL et al., 2016; SÓSTENES, 2019).

Na maior parte de abrangência do semiárido nordestino, a presença de solos cristalinos limita o acesso à água existente nos aquíferos subterrâneos. Quando se tem acesso por meio de poços de baixa profundidade, a qualidade da água é fator limitante para o consumo animal, humano e para irrigação dos cultivos, devido às altas concentrações de sais (SANTOS et al., 2021).

Nessa região, é comum encontrar fontes de água com alta concentração de sais principalmente sódio, resultando em restrições para uso em agricultura (WALTER et al., 2018). Apesar de não ser uma prática comum no semiárido nordestino, a mistura de água com altas concentrações de sais pode ser uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade de água, bem como reduzir a relação de adsorção de sódio e da condutividade elétrica das águas diluídas (SANTOS et al., 2009; CARVALHO et al., 2020).

Devido aos sais presentes limitarem o crescimento e produção das culturas, faz-se necessário a utilização de técnicas e produtos que amenizem o efeito dos sais nas plantas (ANDRADE et al, 2018).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), é indicativo da qualidade da água, a quantidade de cloreto, cálcio, sódio, potássio e sulfato e outros componentes dissolvidos na água tendo sua

classificação quanto a condutividade elétrica para o uso na agricultura como nenhuma restrição ($CEa < 0,7 \text{ dS m}^{-1}$), moderada ($0,7 > CEa < 3,0 \text{ dS m}^{-1}$) e severa ($CEa > 3,0 \text{ dS m}^{-1}$).

3.3 Salinidade da água e seus efeitos sobre as plantas

A salinidade é um dos estresses abióticos que mais ameaçam a produção agrícola no século 21. Espera-se que os efeitos adversos aumentem devido às mudanças climáticas nos últimos anos, principalmente nas regiões semiáridas (AHMADI; SOURI, 2018; SOUANA et al., 2020). Esse estresse pode estar relacionado com a forma natural da pedogênese ou pela ação antropogênica, causando maior impacto econômico (JAYAKANNAN et al., 2015; DALIAKOPOULOS et al., 2016).

A salinidade pode ser definida como a existência de sais solúveis no solo que podem prejudicar a produção 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; WALTER et al., 2018; SILVA et al., 2020). Dentre seus efeitos, o acúmulo excessivo de sais reduz o potencial osmótico, o que dificulta a absorção de água nas plantas, afeta o processo fisiológico reduzindo o crescimento, as trocas gasosas e a produção, ocasionando prejuízos de ordem econômica e social (PEDROTTI et al., 2015; BONIFÁCIO et al., 2018; GUIMARÃES et al., 2021).

As respostas das plantas ao estresse salino ocorrem em duas fases. A primeira é caracterizada por reduzir o crescimento independente de íons, que ocorre dentro de minutos ou dias, causando o fechamento estomático e inibição da expansão celular, principalmente da parte aérea. A segunda fase ocorre ao longo de dias ou mesmo semanas e está relacionada ao aumento dos níveis de íons fitotóxicos que atrasam os processos metabólicos, causam senescência prematura e, finalmente, morte celular (LIMA et al., 2019; ISAYENKOV; MAATHUIS, 2019; ALVES et al., 2020).

Além disso, o estresse salino pode promover o desbalanceamento nutricional em que altas concentrações de íons Na^+ e Cl^- podem resultar em distúrbios na absorção de Ca^{2+} e K^+ modificando a absorção desses nutrientes pelo sistema radicular e sua translocação à parte aérea, aumentando assim a relação Na^+/K^+ (COVA et al., 2017; HU et al., 2020). A redução nas concentrações de K^+ causada pelo excesso de NaCl , deve-se principalmente ao aumento do

efluxo de K^+ em decorrência dos danos na membrana diminuindo o influxo (ALVES et al., 2009).

A planta tem sua produção de biomassa reduzida quando associada às alterações que o estresse salino promove nos processos fisiológicos e bioquímicos da planta, incluindo o estresse oxidativo caracterizada pelo aumento dos níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs), que ocasionam danos nas membranas e tecidos celulares (NÓBREGA et al., 2020)

Unlukara et al. (2008) ao avaliarem cinco níveis de salinidade da água de irrigação (1,5, 2,5; 3,5; 5,0 e 7,0 $dS\ m^{-1}$), constataram que CEa a partir de 3,48 $dS\ m^{-1}$ resultou em diminuição no número de frutos de quiabeiro em solo. Modesto et al. (2019) ao avaliarem sete níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva (2,08; 4,47; 7,90; 9,46; 12,84; 14,82; 18,61 $dS\ m^{-1}$), relataram uma salinidade limiar encontrada de 5,43 $dS\ m^{-1}$. O aumento da CESn até 18,61 $dS\ m^{-1}$ não afetou a qualidade do fruto de quiabeiro.

Soares et al. (2020) verificaram que o incremento da salinidade da água de 2,3 $dS\ m^{-1}$ reduziu o comprimento e peso dos frutos, acidez titulável, relação sólidos solúveis/acidez titulável e o potencial hidrogênio em frutos de quiabeiro cultivados em vasos. Lima et al. (2020), em pesquisa com quiabo cv Valença cultivadas sob diferentes níveis de condutividade elétrica da água (0,3; 1,0; 1,7; 2,4 e 3,1 $dS\ m^{-1}$) em sistema convencional, constataram que a salinidade da água diminuiu a taxa de assimilação de CO_2 e a eficiência instantânea da carboxilação, crescimento e produção.

3.4 Cultivo com águas salobras em sistema hidropônico

O sistema hidropônico pode mitigar os efeitos do estresse salino nas plantas devido o potencial total de água sob hidroponia depender do potencial osmótico, e o potencial matricial é nulo na ausência de solo (CRUZ et al., 2018; LIRA et al., 2018). Altas concentrações de sais, como Na^+ e Cl^- , na solução nutritiva, pode afetar negativamente o processo metabólico das plantas incluindo a absorção de nutrientes. A absorção, transporte e assimilação desses nutrientes em condições de salinidade não funcionam adequadamente devido aos efeitos antagônicos e competitivos do excesso de sais, resultando em desequilíbrios nutricionais e redução do crescimento e desenvolvimento da planta (SILVA, 2014; SAHIN et al., 2018).

Cultivo hidropônico, usando água salobra, emprega várias estratégias, como frequência de circulação da solução nutritiva que minimiza ainda mais os danos causados pelo excesso de sais e aumenta a produção agrícola (SILVA JÚNIOR et al., 2019). SILVA et al. (2016) relataram que o aumento da frequência da circulação da solução nutritiva minimiza as variações

na concentração de sais e promove maior oxigenação na solução nutritiva, atenuando assim os efeitos deletérios da salinidade.

Para alcançar produtividade em cultivo de hortaliças em sistemas hidropônicos com o uso de água salobras, deve-se utilizar uma solução nutritiva de qualidade, pH, temperatura e condutividade elétrica adequada conforme a cultura, pois a utilização de águas com concentrações elevadas de sais nesse cultivo em condições de uma temperatura alta e umidade pode acarretar em problemas fisiológicos nas plantas, como a queima das bordas e murcha nas horas quentes do dia, afetando assim a produção (FERNANDES et al., 2018).

Lima et al. (2018) em pesquisa com o pimentão cv Rúbia sob solução nutritiva salina (2,0; 3,5; 4,5; 5,5 e 6,5 dS m⁻¹), verificaram que o estresse salino não ocasionou perdas na produtividade. Dantas et al. (2021) estudando os efeitos da solução nutritiva salina (CESn entre 2,1 e 5,1 dS m⁻¹), constataram uma redução linearmente com o aumento dos níveis de CESn nas trocas gasosas e no crescimento de abobrinha italiana em cultivo hidropônico.

Modesto et al. (2019) ao avaliarem a produção do quiabeiro submetidos a estresse salino em cultivo hidropônico, obtiveram uma produtividade máxima estimada do quiabeiro de 31,36 t ha⁻¹. Esses autores constataram que a salinidade limiar da solução nutritiva do quiabeiro em cultivo hidropônico foi de 5,43 dS m⁻¹.

3.5 Ácido salicílico como atenuante do estresse salino

O ácido salicílico é um composto fenólico natural, incluído na categoria de fitohormônios. É sintetizado pelas plantas sendo amplamente distribuído, tanto nas estruturas reprodutivas quanto nas folhas. Está envolvido no crescimento e nos processos fisiológicos da planta, como indução floral, abertura e fechamento estomático, fotossíntese, transpiração e absorção de íons (FIGUEIREDO et al., 2019; SILVA et al., 2020). O ácido salicílico participa de diversos processos bioquímicos e fisiológicos na planta, como metabolismo de nitrogênio, síntese de prolina, de glicina-betaína, açúcares solúveis e fotossíntese, auxiliando na manutenção da homeostase osmótica e iônica, na atividade antioxidante atuando no combate as EROS, e regulação de vias hormonais (KHAN et al., 2015; KOO et al., 2020).

O efeito benéfico do ácido salicílico em diferentes espécies de plantas sob estresse salino está associado ao seu papel na atividade de enzimas antioxidantes protegendo as membranas contra danos oxidativos (ESAN et al., 2017). De acordo com Souri e Tohidloo (2019) o tempo e o método de aplicação, bem como a concentração de ácido salicílico pode influenciar significativamente as respostas das plantas ao estresse salino.

A aplicação exógena do ácido salicílico pode atuar na indução de algumas proteínas e induzir a tolerância aos diferentes estresses, destacando o estresse salino (JAYAKANNAN et al., 2015). O AS está envolvido na ativação e sinalização da expressão dos genes que participam dos mecanismos de defesa da planta, no processo fotossintético que promove o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) nos cloroplastos, reduzindo a intensidade dos efeitos deletérios do estresse salino, dessa forma atuando nas células danificadas promovendo a sua morte e conseqüentemente, eliminando o agente danificador (MAZARO et al., 2015; SHARMA et al., 2017). O AS também contribui com o aumento da síntese de osmólitos compatíveis como glicina betaína (LAKZAYI et al., 2014).

Silva et al. (2020) verificaram que a aplicação exógena de ácido salicílico induziu a tolerância ao estresse salino em plantas de *Annona muricata* L., favorecendo a taxa de crescimento relativo no diâmetro do caule, transpiração, condutância estomática, fotossíntese e eficiência instantânea de carboxilação. De acordo com Veloso et al. (2021), a concentração média de ácido salicílico estimada em 1,7 mM atenuou os efeitos deletérios da salinidade da água na condutância estomática, transpiração, taxa de assimilação de CO₂ e eficiência instantânea da carboxilação, além de aumentar a biossíntese total de clorofila e os diâmetros polar e equatorial em frutos de pimentão cv All Big. A irrigação com água de condutividade elétrica de 1,8, 0,8 e 1,6 dS m⁻¹, associada ao ácido salicílico na concentração de 1,6 mM, estimula a biossíntese de clorofilas *a* e *b* e número de frutos em plantas de pimentão, respectivamente.

Os efeitos da aplicação foliar com ácido salicílico na redução dos efeitos deletérios do estresse salino foram observados em morango (SAMADI et al., 2019), melão (OLIVEIRA et al., 2022), graviola (SILVA et al., 2020) e laranja (MAHMOUD et al., 2021).

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMADI, M.; SOURI, M. K. Growth and mineral elements of coriander (*Corianderum sativum* L.) plants under mild salinity with different salts. **Acta Physiologia Plantarum**, v. 40, p. 94-99, 2018.
- ALVES, L. S.; VÉRAS, M. L. M.; SOUSA, N. A.; ARAÚJO, F. F. de; MELO, E. N. de; ABRANTES, E. G. de; DANTAS, A. P. J.; DIAS, T. J.; BEZERRA, A. C.; LEAL, M. P. da S. Morphophysiology of ornamental sunflower plant irrigated with saline water and application of silicon. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, p. 1427-1432, 2020.
- ANDRADE, F. H. A.; PEREIRA, W. E.; MORAIS, R. R.; SILVA, A. F. da; NETO, M. A. B. Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 190-199, 2018.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 145p. Irrigação e Drenagem, 29.
- BONIFÁCIO, B. F. NOBRE, R. G.; SOUSA, A. D. S.; GOMES, E. M.; SILVA, E. M. da; 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, p. 101-110, 2018.
- CABRAL, S. L.; CAMPOS, J. N.; SILVEIRA, C. S.; PEREIRA, J. M. R. O intervalo de tempo para uma máxima previsibilidade da precipitação sobre o Semiárido Brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 105-113, 2016.
- CARVALHO, P. H. M. S.; SANTOS, E. E. F. S.; BATISTA, G. S.; NOVAIS, S.; J. C.; REIS, L. S. Strategy for the use of bracket water in rabanet cultivation in a semi-arid region. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1-15, 2020.
- CARVALHO, J. R. de; SETUBAL, J. W.; SOUSA, R. L. de; MOTA, P. R. D.; ALVES, T. N.; SILVA, V. B. da; SOUZA, I. da S. M. de; ASSIS, H. J. C. de. Okra cultivars under different pollinations and their effects on the physical and physiological quality of seeds. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 94728–94738, 2020.
- CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Salinidade do solo e risco de desertificação na região semiárida. **Mercator**, v. 19, p. 1-13, 2020.
- CHUNG, C. Y.; SELVAJOO, A.; SETHU, V.; KOYANDE, A. K.; ARPUTHAN, A.; LIM, Z. C. Treatment of palm oil mill effluent (POME) by coagulation flocculation process using peanut–okra and wheat germ–okra. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 20, p. 1951-1970, 2018.

- COSTA, K. D. da S. Melhoria do quiabeiro quanto à precocidade, produção e qualidade: uma revisão de literatura. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Universidade do Vale do Paraíba. 2017. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0214_0069_02.pdf> Acesso em 24 de Jan 2023.
- COSTA, J. P. B. M.; OLIVEIRA, F. A.; SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MARQUES, I. C. S.; CORDEIRO, C. J. X.; GÓIS, H. M. M. N. Okra salt stress reduction under potassium fertigation. **Horticultura Brasileira**. v. 40, p. 360-366. 2022.
- COVA, A. M. W.; FREITAS, F. T. O.; VIANA, P. C.; RAFAEL, M. R. S.; AZEVEDO NETO, A. D.; SOARES, T. M. Content of inorganic solutes in lettuce grown with brackish water in different hydroponic systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, p. 150-155, 2017.
- CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S. G.; LIRA, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 622-627, 2018.
- DALIAKOPOULOS, I. N.; TSANIS, I. K.; KOUTROULIS, A.; KOURGIALAS, N. N.; VAROUCHAKIS, A. E.; KARATZAS, G. P.; RITSEMA, C. J. The threat of soil salinity: a European scale review. **Science of The Total Environment**, v. 573, p.727-739, 2016.
- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, L. de A.; FERNANDES, P. D.; Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous application of H₂O₂ in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, v. 12, e3464, 2021.
- 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, p. 218-228, 2018.
- ESAN, A. M.; MASISI, K.; DADA, F. A.; OLAIYA, 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, p. 278-283, 2017.
- FERNANDES, J. M. P.; FERNANDES, A. L. M.; DIAS, N. da S.; COSME, C. R.; NASCIMENTO, L. V.; QUEIROZ, I. S. R. de. Salinidade da solução nutritiva na produção de alface americana em sistema hidropônico NFT. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, p. 2570-2678, 2018.

- FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. de F. Q.; SILVA, R. T. da; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I. da; BRUNO, R. de L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida á estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 24, p. 662-675, 2019.
- FONTES JÚNIOR, R. V. P.; MONTENEGRO, A. A. A. Temporal dependence of potentiometric levels and groundwater salinity in alluvial aquifer upon rainfall and evapotranspiration. **Brazilian Journal of Water Resources**, v. 22, p. 1-9, 2017.
- FREITAS, T. K. F. S.; OLIVEIRA, V. M.; SOUZA, M. T. F.; GERALDINO, H. C. L.; ALMEIDA, V. C.; FÁVARO, S. L.; GARCIA, J. C. Optimization of coagulation flocculation process for treatment of industrial textile wastewater using okra (*A. esculentus*) mucilage as natural coagulant. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 538-544, 2015.
- 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, p. 853-861, 2021.
- HU, W.; LU, Z.; MENG, F.; LI, X.; CONG, R.; REN, T.; SHARKEY, T. D.; LU, J. The reduction in leaf area precedes that in photosynthesis under potassium deficiency: the importance of leaf anatomy. **New Phytologist**, v. 227, p. 1749-1763, 2020.
- HURA, T.; SZEWCZYK-TARANIEK, B.; HURA, K.; NOWAK, K.; PAWLOWSKA, B. Physiological responses of *Rosa rubiginosa* to saline environment. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 228, p. 1-11, 2017.
- ISAYENKOV, S. V.; MAATHUIS, F. J. M. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1-11, 2019.
- JAYAKANNAN, M.; BOSE, J.; BABORINA, O.; SHABALA, S.; MASSART, A.; POSCHENRIEDER, C.; RENGEL, Z. The NPR1-dependent salicylic acid signalling pathway is pivotal for enhanced salt and oxidative stress tolerance in Arabidopsis. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, p. 1865-1875, 2015.
- KHAN, M. I. R.; FATMA, M.; PER, T. S.; ANJUM, N. A.; KHAN, N. A. Salicylic acid-induced a biotic stress tolerance and underlying mechanism plants. **Frontier in Plant Science**, v. 6, p. 1-17, 2015.
- KOO Y. M.; HEO A. Y.; CHOI H. W. Salicylic acid as a safe plant protector and growth regulator. **The Plant Pathology Journal**, v. 36, p.1-10, 2020.

- LAKZAYI, M.; SABBAGH, E.; RIGI, K.; KESHTEHGAR, A. Effect of salicylic acid on activities of antioxidant enzymes, flowering and fruit yield and the role on reduce of drought stress. **International Journal Farming & Allied Sciences**, v. 3, p. 980-987, 2014.
- LIMA, N. da S.; SILVA, E. F. de F.; MENEZES, D.; CAMARA, T. R.; WILLADINO, L. G. Fruit yield and nutritional characteristics of sweet pepper grown under salt stress in hydroponic system. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 297-305, 2018.
- LIMA, G. S. de; DIAS, A. S.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 214-225, 2019.
- LIMA, G. S. de; SOUZA, C. M. A. de; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; GUEDES, M. A. Gas exchanges, growth and production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 1937-1950, 2020.
- LIRA, R. M.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 13-19, 2018.
- 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, p. 1-15, 2021.
- MATOS, S. S.; COSTA, R. M.; SOUSA, R. C. M.; LEITE, M. R. L.; FURTADO, M. B.; FARIAS, M. F.; SERRANO, L. J. P. Produtividade de quiabeiro sob influência de diferentes doses de esterco bovino. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, p. 137-144, 2020
- MAZARO, S. M.; BORSATTI, F. C.; DALACOSTA, N. L.; LEWANDOWSKI, A.; DANNER, M. A.; BUSSO, C.; JUNIOR, A. W. Qualidade pós-colheita de acerolas tratadas com ácido salicílico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, p. 512-517, 2015.
- METHENNI, K.; ABDALLAH, M. B.; NOUAIRI, I.; SMAOUI, A.; ZARROUK, M.; YOUSSEF, N. B. Salicylic acid and calcium pretreatment alleviate the toxic effect of salinity in the Oueslatio live variety. **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 349-358, 2018.
- MENDONÇA, A. J. T.; SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; OLIVEIRA, V. K. N.; GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F. dos; AZEVEDO, C. A. V. de;

- LIMA, V. L. A. de; FERNANDES, P. D. Salicylic Acid Modulates Okra Tolerance to Salt Stress in Hydroponic System. **Agriculture**, v. 12, p. 1-22, 2022.
- MODESTO, F. J. N.; SANTOS, M. A. C. dos; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. dos. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido á salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, v. 24, p. 86-97, 2019.
- MORAES, E. R. de; REIS, A. C. dos; SILVA, N. E. P. da; FERREIRA, M; MENEZES, F. G. de. Nutrientes no solo e produção de quiabo conforme doses de silicato de cálcio e magnésio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, p. 60-65, 2018.
- MORAIS, M. A. S.; JARDIM, A. M. R. F.; OLIVEIRA, E. N.; OLIVEIRA, F. R; MATOS, N. A.; SIMÕES, A. N. O NaCl inibe a germinação e a atividade da amilase em duas espécies de feijão. **Revista Nordestina de Ciências Biológicas**, v. 1, p. 50-56, 2018.
- MOURA, A. P.; GUIMARÃES, J. A. **Manejo de pragas na cultura do quiabeiro**. Circular Técnica n. 138, Embrapa Hortaliças, 2015.
- NAZAR, R.; UMAR, S.; KHAN, N. A.; SAREER, O. Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation underdrought stress. **South African Journal of Botany**, v. 98, p. 84-94, 2015.
- NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; RIBEIRO, J. E. S.; VIEIRA, L. S.; FIGUEIREDO, F. R. A.; FÁTIMA, R. T.; BRUNO, R. L. A.; DIAS, T. J. Salinidade e ácido salicílico no desenvolvimento inicial de melancia. **Revista Desafios**, v. 7, p. 162-171, 2020.
- NWANGBURUKA, C. C.; KEHINDE, O. B.; OJO, D. K.; DENTON, O. A.; POPOOLA, A. R. Morphological classification of genetic diversity in cultivated okra, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench using principal component analysis (PCA) and single linkage cluster analysis (SLCA). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 11165–11172, 2011.
- OLIVEIRA, T. W. N.; DAMASCENO, A. N. C.; OLIVEIRA, V. A. de; SILVA, C. E. de O.; BARROS, N. V. dos S.; MEDEIROS, M. M. L. de, ARAÚJO, I. M. da S.; MEDEIROS, S. R. A. Physico-chemical and sensory characterization of cookie type cookies made with eggplant flour (*Solanum melongena* L.) and okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Brazilian Journal of Development**, v. 6. p. 14259-14277, 2020.
- OLIVEIRA, V. K. N.; LIMA, G. S. de; SOARES, M. D. M.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R.; PAIVA, F. J. S.; MENDONÇA, A. J. T.; FERNANDES, P. D. Salicylic acid does not mitigate salt stress on the morphophysiology and production of hydroponic melon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, e262664, 2022.

- OLIVEIRA, V. K. N.; SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; LACERDA, C. F. de; AZEVEDO, C. A. V. de; NOBRE, R. G.; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L. A. de. Foliar application of salicylic acid mitigates saline stress on physiology, production, and post-harvest quality of hydroponic japanese cucumber. **Agriculture**, v. 13, p. 1-24, 2023.
- 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, p. 1308-1324, 2015.
- PRIMAK, T. K.; LIMA, C. S. M. Ácido salicílico nas características agrônômicas e físico-químicas de couve folhas. **Revista científica eletrônica de agronomia**, v. 32, p. 1-14, 2017.
- SAHIN, U.; EKINCIB, M.; ORSA, S.; TURANC, M.; YILDIZB, S.; YILDIRIM, E. Effects of individual and combined effects of salinity and drought on physiological, nutritional and biochemical properties of cabbage (*Brassica oleracea* var. capitata). **Scientia Horticulturae**, v. 240, p. 196-204, 2018.
- SALES, J. R. da S.; MAGALHÃES, C. L.; FREITAS, A. G. S.; GOES, G. F.; SOUSA, H. C. de.; SOUSA, G. G. de. Physiological indices of okra under organomineral fertilization and irrigated with salt water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 466-471, 2021.
- 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, p. 2685-2694, 2019.
- SANTOS, E. E. F.; SANTOS, N. T. dos; LIMA, D. S.; SACRAMENTO, L. S.; SANTOS, M.; MENDES, A. Efeito da diluição de água salina na salinização de um solo cultivado com leucena. In: Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE). **In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 1-6, 2009.
- SANTOS, A. N.; SILVA, E. F. F.; SILVA, G. F.; BEZERRA, R. R.; PEDROSA, E. M. R. Concentração de nutrientes em tomate cereja sob manejos de aplicação da solução nutritiva com água salobra. **Revista Ciência Agronômica**. v. 48, p. 576-585, 2017.
- SANTOS, R. S. S.; SILVA, D. N.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; FERNANDES, C. S.; MIRANDA, J. H. Cultivo da rúcula em substrato de fibra de coco sob solução nutritiva salina. **Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas**, v. 27, p. 12-21. 2018.

- SANTOS, H. C.; PEREIRA, E. M.; MEDEIROS, R. L. S.; COSTA, P. M. A.; PEREIRA, W. E. Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 97-102, 2019.
- SANTOS, M. R.; FERNANDES, W. S. F.; SOUZA, J. A. S.; SOUZA, V. A. P. Eficiência de sistema de irrigação por gotejamento utilizando água salobra. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, p. 73248-73262, 2021.
- SANTANA JÚNIOR, E. B.; COELHO, E. F.; GONÇALVES, K. S.; CRUZ, J. L. Comportamento fisiológico e vegetativo de cultivares de bananeira sob salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 82-88, 2020.
- SAUSEN, D.; FERREIRA, C. R. L.; LOPES, S. C. D.; MARQUES, L. P.; SOUZA, A. J. M.; ALBUQUERQUE ALVES, E. C. G.; CORDEIRO, K. A. S. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 14888- 14903, 2020.
- SHARMA, A. M.; GUPTA, S. K.; MAJUMDER, B.; MAURYA, V. K.; DEEBA, F.; ALAM, A.; PANDEY, V. Salicylic acid mediated growth, physiological and proteomic responses in two wheat varieties under drought stress, **Journal of Proteomics**, v. 163, p. 28-51, 2017.
- SILVA, A. O. A fertirrigação e o processo de salinização de solos em ambiente protegido. **Revista Nativa Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 2, p. 180-186, 2014.
- SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. de S.; SILVA FILHO, J. A. da; CARMO, F. F. do. Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 447-454, 2016.
- SILVA JÚNIOR, F. J.; SANTOS JUNIOR, J. A.; DIAS, N. S.; GREYI, H. R.; RIVERA, R. C.; SILVA, G. F.; FERNANDES, C. S. Green onion production under strategies of replacement and frequencies of circulation of brackish nutritive solutions. **Bioscience Journal**, v. 35, p. 796-805, 2019.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; VELOSO, L. L. S.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1092-1101, 2020.
- SOARES, L. A. dos A.; SILVA, R. G. da; LIMA, G. S. de; SALES, G. N. B.; COSTA, F. B. da.; NETA, A. M. de S. S.; MOREIRA, R. C. L.; GOMES, J. P. Preservation by lactic

- fermentation and physicochemical characterization of okra produced under water salinity and potassium fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 2495-2508, 2020.
- SOSTENES, G. S. Análise temporal do comportamento da precipitação pluviométrica na Região Metropolitana do Cariri (CE), Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 63, 2019.
- SOUANA, K.; TAÏBI, K.; AIT ABDERRAHIM, L.; AMIRAT, M.; ACHIR, M.; BOUSSAID, M.; MULET-SALORT, J. M. Salt-tolerance in *Vicia faba* L. is mitigated by the capacity of salicylic acid to improve photosynthesis and antioxidant response. **Scientia Horticulturae**, v. 273, p. 1-12, 2020.
- SOURI, M. K.; TOHIDLOO, G. Effectiveness of different methods of salicylic acid application on growth characteristics of tomato seedlings under salinity. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 6, p. 1-7, 2019.
- SOUZA, I. M.; SOUZA, J. A. M.; ALVES, J. D. N.; PIRES, E. S.; CORDEIRO, R. A. M. Avaliação da produção de mudas de quiabeiro em estufa com diferentes substratos orgânicos. **Nucleus**, v. 11, p. 73-82, 2014.
- 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, p. 168-179, 2018.
- TAVARES FILHO, G. S.; SILVA, D. F.; LINS, R. C.; ARAÚJO, C. A. S.; OLIVEIRA, F. F.; MATIAS, S. S. R. Desenvolvimento de mudas de *Moringa oleifera* (Lam.) submetida a diferentes níveis de água salina. **Brazilian Journal of Development**. v. 6, p. 48671- 48683, 2020.
- UNLUKARA, A.; KURUNÇ, A.; KESMEZ, G. D.; YURTSEVEN, E. Growth and Evapotranspiration of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as Influenced by Salinity of Irrigation water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 134, p. 160-166, 2008.
- VELOSO, L. L. de S. A.; LIMA, G. S. de; SILVA, A. A. R. de; SOUZA, L. de P.; LACERDA, C. N. de; SILVA, I. J. da; CHAVES, L. H. G.; FERNANDES, P. D. Attenuation of salt stress on the physiology and production of bell peppers by treatment with salicylic acid. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, p. 2751–2768. 2021.
- WALTER, J.; LÜCK, E.; BAURIEGEL, A.; FACKLAM, M.; ZEITZ, J. Seasonal dynamics of soil salinity in peatlands: **A Geophysical Approach**, v. 310, p. 1-11, 2018.

CAPÍTULO II

TROCAS GASOSAS, CLOROFILA E CRESCIMENTO DO QUIABEIRO HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO

Trabalho aceito à Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.

TROCAS GASOSAS, CLOROFILA E CRESCIMENTO DO QUIABEIRO HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO E ÁCIDO SALICÍLICO

RESUMO

As altas concentrações de sais nas águas no semiárido do Nordeste brasileiro é um dos fatores limitantes para produção agrícola e de salinização e/ou sodificação dos solos. Assim, é de extrema importância a identificação de estratégias que amenizem os efeitos do estresse salino sobre as plantas, dentre elas têm-se a aplicação foliar de ácido salicílico. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico como atenuante do estresse salino nas trocas gasosas, relações hídricas, pigmentos fotossintéticos e crescimento do quiabeiro cv Canindé cultivado em sistema hidropônico. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação em sistema hidropônico do tipo NFT, em Pombal-PB. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹) e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,2; 2,4 e 3,6 mM) distribuídos em delineamento inteiramente casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de CEs_n considerado as parcelas e as concentrações de AS as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. A CEs_n a partir de 3,0 dS m⁻¹ inibiu a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas foliares e o crescimento do quiabeiro cv Canindé. A aplicação de 1,8 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina de 3,0 e 4,0 dS m⁻¹ respectivamente, promoveram os maiores incrementos nos teores de clorofila *a* e *b* das plantas de quiabeiro cv Canindé.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* L. Moench, salinidade, cultivo sem solo, fitormônio.

GAS EXCHANGE, CHLOROPHYLL AND GROWTH OF HYDROPONIC OKRA UNDER SALINE STRESS AND SALICYLIC ACID

ABSTRACT

The high concentrations of salts in the waters in the semiarid region of the Brazilian Northeast are one of the limiting factors for agricultural production and for soil salinization and/or sodification. Thus, it is extremely important to identify strategies that mitigate the effects of saline stress on plants, among them the foliar application of salicylic acid. In this sense, the objective was to evaluate the effect of foliar application of salicylic acid as an attenuator of salt stress on gas exchange, water relations, photosynthetic pigments and growth of okra cv Canindé cultivated in a hydroponic system. The work was carried out in a greenhouse in a hydroponic system of the NFT type, in Pombal-PB. The treatments consisted of four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC_{sn} (3.0; 5.0; 7.0 and 9.0 dS m⁻¹) and four concentrations of salicylic acid - AS (0; 1.2; 2.4 and 3.6 mM) distributed in a completely randomized design in a split-plot scheme, with EC_{sn} levels considered as plots and AS concentrations as subplots, with four replications and two plants per plot. EC_{sn} from 3.0 dS m⁻¹ inhibited the synthesis of photosynthetic pigments, leaf gas exchange and growth of okra cv Canindé. The application of 1.8 mM of salicylic acid associated with saline nutrient solution of 3.0 and 4.0 dS m⁻¹, respectively, promoted the greatest increments in chlorophyll a and b contents of okra plants cv Canindé.

Keywords: *Abelmoschus esculentus* L. Moench, salinity, soilless cultivation, phytohormone.

1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculents* L. Moench) é pertencente à família Malvaceae, sendo uma hortaliça originária da África e cultivada tradicionalmente por pequenos produtores no Brasil, em virtude de sua rusticidade e adaptação em regiões de clima tropical e subtropical (SANTOS et al., 2019). Devido às altas taxas de evapotranspiração e irregularidades na precipitação pluvial a região semiárida do Nordeste brasileiro é caracterizada pela escassez qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos, limitando a expansão da agricultura irrigada de forma convencional pela ocorrência de fontes de águas com elevadas concentrações de sais dissolvidos (LIMA et al., 2020a).

O excesso de sais na água e/ou no solo reduz a absorção de nutrientes devido ao baixo potencial osmótico e afeta o metabolismo das plantas, resultando em mudanças nas trocas gasosas e no crescimento, comprometendo a eficiência fotossintética e componentes de produção (SANTANA JÚNIOR et al., 2020). Neste contexto, o cultivo em sistema hidropônico é uma alternativa viável nessas regiões em que as fontes hídricas possuem concentrações elevadas de sais, permitindo o uso racional da água, economizando em até 70% em relação aos sistemas convencionais, o controle do pH, da condutividade elétrica e o uso eficiente de fertilizantes (SAUSEN et al., 2020). Essa viabilidade do uso de águas salinas para o cultivo de hortaliças, principalmente no contexto do cultivo hidropônico, está relacionada à ausência do potencial matricial (LIRA et al., 2018), uma vez que o cultivo é realizado sem solo ou quaisquer outro substrato.

Dentre seus efeitos, a salinidade diminui o potencial osmótico, afeta a absorção de água nas plantas prejudicando os processos bioquímicos, fisiológicos, crescimento e a produção, ocasionando prejuízos de ordem econômica (GUIMARÃES et al., 2021).

Uma estratégia que tem sido empregada para reduzir os efeitos danosos do estresse salino sobre as plantas é a aplicação exógena de ácido salicílico (SILVA et al., 2020; LACERDA et al., 2022). O ácido salicílico (AS) é um fitormônio que participa na ativação de genes capazes de atuarem no mecanismo de defesa da planta contra danos oxidativos, no processo fotossintético, reduzindo a intensidade dos efeitos deletérios da salinidade. Os efeitos do AS estão relacionados com o aumento da síntese de osmólitos compatíveis como glicina betaína, prolina, sorbitol, trealose e sacarose (FIGUEIREDO et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico como atenuante do estresse salino nas trocas gasosas foliares, relações hídricas,

pigmentos fotossintéticos e crescimento de quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico do tipo NFT.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de janeiro a março de 2022 sob condições de casa de vegetação, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Pombal – PB, Brasil, localizado geograficamente a 6° 46' 8" Sul e 37° 47' 45" Oeste, com uma altitude de 184 m. De acordo com a classificação de Köppen, o município de Pombal tem um clima classificado como semiárido (AW' quente e úmido) com período chuvoso que inicia em novembro e termina em abril com precipitação média anual de 700 mm. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar foram coletados diariamente utilizando-se um termohigrômetro digital no interior da casa de vegetação, sendo obtidos os valores médios de 33,7 °C, 30,7 °C e 51% para a temperatura máxima, mínima e umidade relativa, respectivamente (Figura 1).

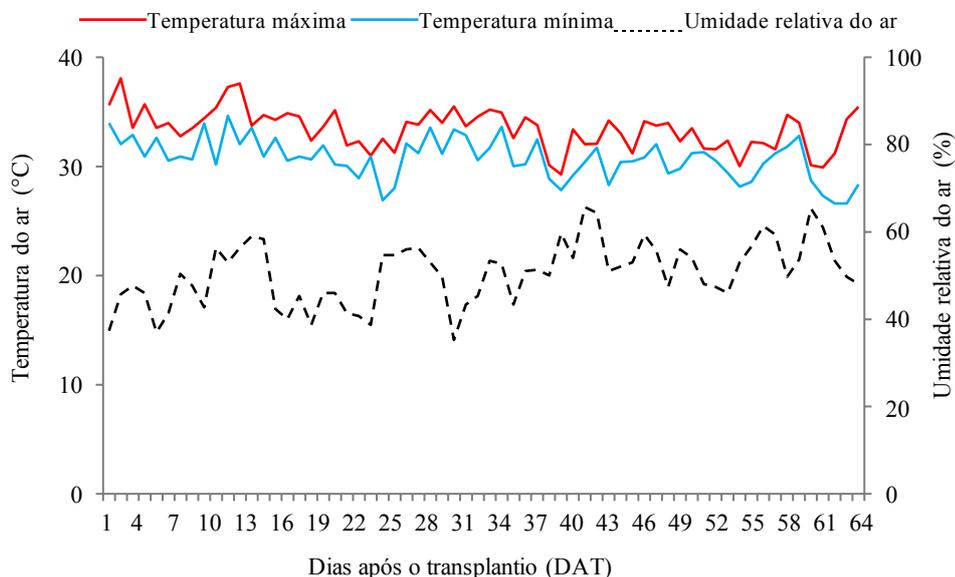


Figura 1. Dados diários de temperaturas (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹), e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,2; 2,4 e 3,6 mM) distribuídos em delineamento inteiramente casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de CEs_n considerado as parcelas e as concentrações de

ácido salicílico as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. As concentrações de ácido salicílico foram estabelecidas com base no estudo de Silva et al. (2020).

Foi utilizada a solução nutritiva recomendada por Hoagland & Arnon (1950), cuja composição e concentrações dos nutrientes estão apresentadas na Tabela 1. A solução foi preparada em água de abastecimento local (0,3 dS m⁻¹) resultando em uma condutividade elétrica de 2,1 dS m⁻¹.

Tabela 1. Composição química dos nutrientes presentes na solução nutritiva indicada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do quiabeiro cv Canindé.

Nutrientes	Fertilizantes	Quantidade g 1000L ⁻¹
N	KH ₂ PO ₄	136.09
P	KNO ₃	101.10
K	Ca (NO ₃) ₂ .4H ₂ O	236.15
Ca	MgSO ₄ .7H ₂ O	246.49
Mg	H ₃ BO ₃	3.10
S	MnSO ₄ .4H ₂ O	1.70
B	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.22
Mn	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.75
Zn	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ . 4H ₂ O	1.25
Cu	CuSO ₄	0.75
Mo	EDTA – Na	13.9
Fe	FeSO ₄	13.9

As soluções nutritivas salinas foram preparadas com adição de cloreto de sódio não iodado (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O), e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O) em uma proporção de 7:2:1, respectivamente. As águas de irrigação foram preparadas considerando a relação entre CEa e concentração de sais (Richards, 1954), conforme a Equação 1.

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

Em que:

Q - soma de cátions (mmol_c L⁻¹); e

CEa - condutividade elétrica desejada após descontar a CEa da água do sistema de abastecimento municipal (dS m⁻¹).

Foram utilizadas sementes de quiabo cv Canindé híbrido da ISLA[®] (Porto Alegre, Brasil). Essa cultivar tem ciclo de aproximadamente 80 dias, com porte alto, frutos com cinco quinas, com comprimento entre 10 e 15 cm e diâmetro variando de 18 a 20 mm, além de excelente conservação pós-colheita, resistência ao vírus do Mosaico de Veias Amarelas – YVMV e ampla adaptabilidade a diferentes regiões de cultivo.

As sementes de quiabeiro cv Canindé foram semeadas em recipientes descartáveis de 50 mL, contendo o substrato de fibra de coco e uma semente por recipiente (Apêndice 1A). Antes do semeio a fibra de coco foi lavada. Da germinação até o surgimento do segundo par de folhas verdadeiras foi utilizada solução nutritiva com uma concentração de 50%; em seguida foi removida a fibra de coco e as plantas foram inseridas diretamente nos perfis hidropônicos, utilizando um tutoramento vertical de modo a deixar o caule ereto com o auxílio de fitilho de 'nylon' e uma solução nutritiva com 100% de concentração (Apêndice 1B).

O sistema hidropônico foi do tipo NFT (Técnica de Fluxo Laminar de Nutrientes), confeccionado com cano de PVC de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento, composto por quatro subsistemas espaçados 0,8 m, cada subsistema possuía três canais espaçados de 0,4 m. Nos canais o espaçamento entre plantas foi de 0,5 m e 1,0 m entre os tratamentos.

Os canais foram apoiados em cavaletes com altura de 0,6 m com uma inclinação de 4% para o escoamento da solução nutritiva. Na cota mais baixa de cada bancada do sistema hidropônico, foi colocado uma caixa de polietileno de 150 L com a função de coletar e conduzir a solução nutritiva até os canais. Esta solução foi impulsionada ao cabeçalho dos canais por bomba com potência de 35 W, e vazão média de 3 L min⁻¹. A circulação da solução nutritiva foi programada por um temporizador com fluxo intermitente de 15 min durante o dia e noite.

A substituição total da solução nutritiva aconteceu a cada oito dias com verificação diária de condutividade elétrica e pH, e ajuste da solução sempre que necessário através da adição de água de abastecimento com CEa de 0,3 dS m⁻¹ mantendo sempre a CEsn de acordo com os tratamentos e o pH entre 5,5 e 6,5 através da adição de 0,1 M KOH ou HCl.

As concentrações de ácido salicílico foram preparadas através da diluição do ácido salicílico P.A em 30% de álcool etílico (99,5%) e 0,05% de Haiten[®], espalhante adesivo não iônico utilizado para quebrar a tensão superficial e melhorar a absorção pelas folhas de quiabeiro.

As aplicações de ácido salicílicos foram realizadas após 48 h da inserção das plantas nos perfis hidropônicos e 72 h antes do início da utilização das soluções nutritivas salinas. As aplicações foram realizadas às 17h00min, com pulverizador manual, visando umedecer a área total das folhas (faces adaxial e abaxial) conforme os tratamentos, aplicando em média 19 mL por planta, em intervalo de 8 dias, totalizando seis aplicações. Para evitar a deriva dos tratamentos entre as plantas foi utilizada uma estrutura de papelão. As plantas foram

monitoradas e as práticas fitossanitárias foram realizadas sempre que necessário (Apêndice 2A/2B).

Aos 64 dias após o transplântio (DAT) foram avaliados o teor relativo de água - TRA, o extravasamento de eletrólitos - %EE no limbo foliar, as trocas gasosas foliares mediante determinação de condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), a taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água - $EiUA$ [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$], os teores de clorofila a ($Cl a$), b ($Cl b$), carotenoides (Car), e o crescimento através da altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF).

Para determinação do teor relativo de água nas folhas (TRA) foram coletados e pesadas (em balança analítica) quatro discos foliares (113 mm^2) para obtenção de massa fresca (MF), massa túrgida (MT) após 24 h submersos em água destilada e massa seca (MS) após 48 h de secagem em estufa de ventilação de ar forçado a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. O teor relativo de água foi determinado de acordo com a metodologia de Weatherley (1950), utilizando-se a Equação 2.

$$\text{TRA (\%)} = \frac{(MF-MS)}{(MT-MS)} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

TRA - teor relativo de água (%);

MF - massa fresca de folha (g);

MT - massa túrgida (g); e

MS - massa seca (g).

O extravasamento de eletrólitos (%EE) foi determinado utilizando-se quatro discos foliares (113 mm^2), acondicionados em beckers com 50 mL de água destilada e mantidos em temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ por 90 min. Transcorrido esse tempo, com o auxílio de um condutivímetro de bancada, foi mensurada a condutividade elétrica inicial do meio (C_i). Depois os beckers foram colocadas em estufa de secagem e mantidas em temperatura de $80 \text{ }^\circ\text{C}$ por 90 min para posterior aferição da condutividade final (C_f). Extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi expressa de acordo com Scott-Campos et al. (2013), conforme Equação 3.

$$\%EE = \frac{C_i}{C_f} \times 100 \quad (3)$$

Em que:

%EE - extravasamento de eletrólitos na membrana (%);

C_i - condutividade elétrica inicial (dS m^{-1}); e

C_f - condutividade elétrica final (dS m^{-1}).

As trocas gasosas foram determinadas nas folhas localizadas no terço médio com o auxílio do analisador de gás carbônico a infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro⁺ Portable Photosynthesis System[®] (ADC BioScientific Limited, UK), irradiação de 1200 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL min^{-1} , e concentração de CO_2 atmosférico.

Os teores de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a* e *b* e carotenoides) foram determinados de acordo com Arnon (1949). A partir de 1 g de matéria fresca homogeneizada em 4 mL de acetona 80%, após 72 h hermeticamente fechado ao escuro, foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções utilizando-se um espectrofotômetro (Thermo Scientific[®], modelo Genesys 20) no comprimento de onda de absorvância (ABS) (470, 646, e 663 nm), por meio das equações 4, 5 e 6.

$$\text{Clorofila a (Cl } a) = 12,21 \times \text{ABS}_{663} - 2,81 \times \text{ABS}_{646} \quad (4)$$

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

$$\text{Carotenoides (Car)} = \frac{(1000 \times \text{ABS}_{470} - 1,82 \times \text{Cl } a - 85,02 \times \text{Cl } b)}{198} \quad (6)$$

Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides foram expressos em mg g^{-1} de matéria fresca (mg g^{-1} MF).

O diâmetro do caule foi medido a 5 cm do perfil hidropônico com auxílio de um paquímetro digital, sendo os resultados expressos em mm. A altura das plantas foi obtida tomando-se como referência a distância do perfil hidropônico até a inserção do meristema apical com o auxílio de régua graduada e expresso em cm. Na quantificação do número de folhas foram consideradas apenas as que apresentavam comprimento mínimo de 3 cm e pelo menos 50% de sua área foliar fotossinteticamente ativa. A área foliar foi realizada com auxílio de uma régua graduada, sendo os valores estabelecidos de acordo com Fideles Filho et al. (2010), utilizando-se a Equação 7.

$$Y = \sum 0,7254 (x)^{2,08922} \quad (7)$$

Em que:

Y - área foliar da planta (cm^2); e,

x - comprimento da nervura principal (cm).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e posteriormente realizado análise de variância pelo teste 'F' em nível de $P \geq 0,05$ de probabilidade e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial para a solução nutritiva salina e para as concentrações de ácido salicílico, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL (FERREIRA, 2019). Foi utilizado o software SigmaPlot[®] para

confeção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve significância da interação entre os fatores.

As variáveis condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO₂ e eficiência instantânea no uso da água foram transformadas ($x^{0.5}$) e variável eficiência instantânea da carboxilação transformadas $(x + 0.5)^{0.5}$ para se ajustarem na análise estatística.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os fatores condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de ácido salicílico (CESn × AS) não influenciaram de forma significativa as variáveis de trocas gasosas do quiabeiro cv Canindé, aos 64 dias após o transplântio. No entanto, houve efeito significativo isolado da solução nutritiva salina sobre a condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) do quiabeiro cv Canindé (Tabela 2).

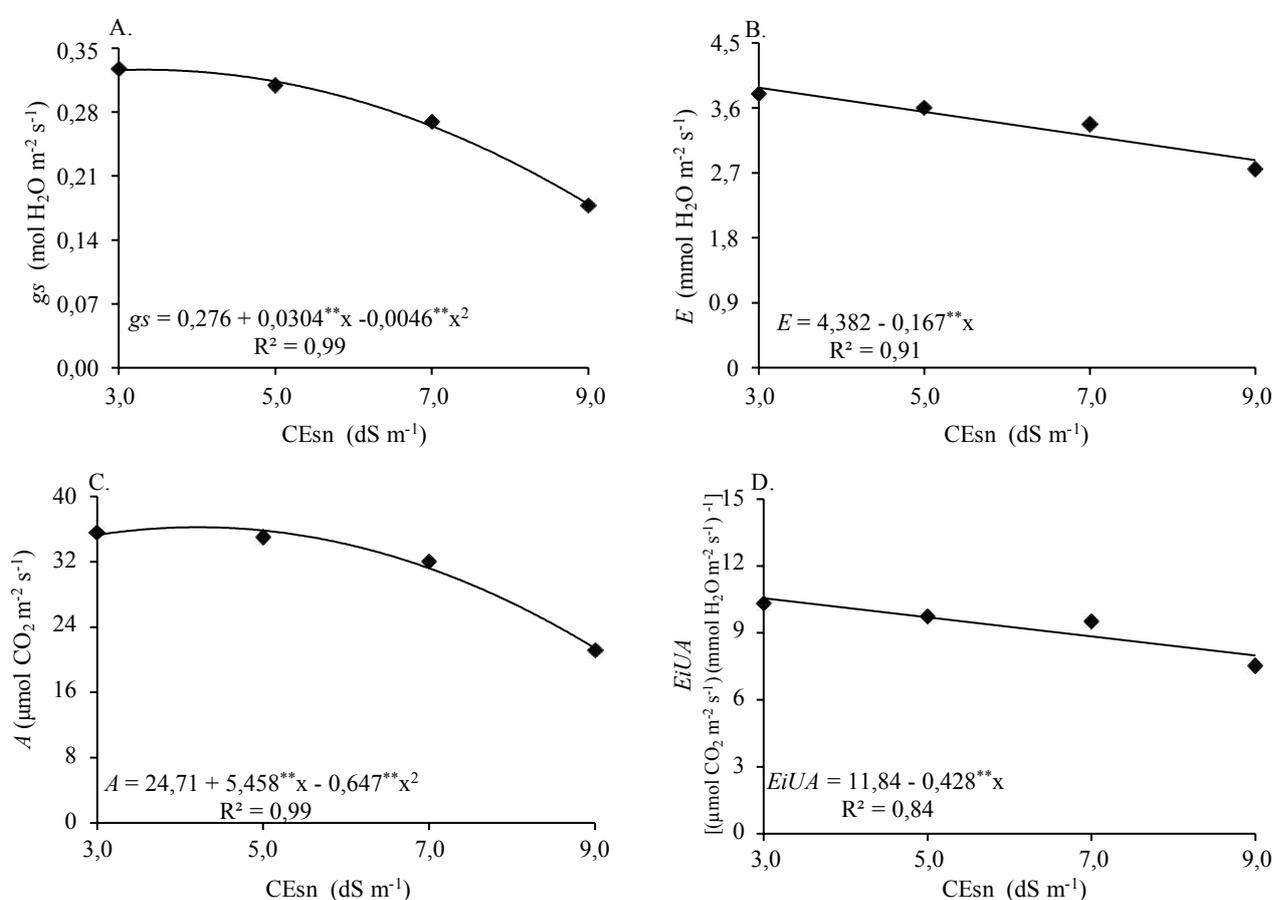
Tabela 2. Resumo da análise de variância para extravasamento de eletrólitos (%EE), teor relativo de água (TRA), condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea do uso da água (*EiUA*) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CESn) e aplicação de ácido salicílico (AS), aos 64 dias após o transplântio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios							
		TRA	%EE	<i>gs</i> ⁽¹⁾	<i>E</i> ⁽¹⁾	<i>A</i>	<i>Ci</i> ⁽¹⁾	<i>EiUA</i> ⁽¹⁾	<i>EiCi</i> ⁽²⁾
Solução nutritiva salina (CESn)	3	25,88 ^{ns}	2,08 ^{ns}	0,05*	2,57*	540,84**	3795,11 ^{ns}	17,51**	0,10 ^{ns}
Regressão linear	1	19,72 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,14**	6,98**	1282,88**	3496,06 ^{ns}	43,98**	0,21 ^{ns}
Regressão quadrática	1	30,33 ^{ns}	4,95 ^{ns}	0,01**	0,71 ^{ns}	321,57**	7056,75 ^{ns}	5,86 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Residual 1	6	557,51	19,14	0,02	8,70	275,03	15,25	49,07	0,06
Ácido Salicílico (AS)	3	52,82 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,0028 ^{ns}	0,19 ^{ns}	41,58 ^{ns}	3064,53 ^{ns}	4,04 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Regressão linear	1	97,74 ^{ns}	3,94 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,02 ^{ns}	79,94 ^{ns}	6020,01 ^{ns}	9,16 ^{ns}	0,14 ^{ns}
Regressão quadrática	1	26,28 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,45 ^{ns}	39,24 ^{ns}	310,08 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,002 ^{ns}
Interação (CESn × AS)	9	28,08 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,0024 ^{ns}	0,14 ^{ns}	36,96 ^{ns}	1640,42 ^{ns}	1,93 ^{ns}	0,05 ^{ns}
Residual 2	26	841,03	32,85	0,04	6,93	771,87	99,41	208,94	1,16
CV 1(%)		12,62	17,44	13,35	18,81	21,89	15,40	13,83	6,34
CV 2(%)		7,44	10,97	7,82	7,84	17,62	18,89	14,53	11,80

GL- grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; * significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo; ⁽¹⁾ dados transformados em $(x^{0.5})$; ⁽²⁾ e em $(x + 0,5)^{0.5}$.

A condutância estomática (*gs*) das plantas cultivadas sob solução nutritiva salina de 3,0 dS m⁻¹ obtiveram o valor máximo estimado de 0,32 mol H₂O m⁻² s⁻¹, decrescendo a partir deste

nível e alcançando o valor mínimo de $0,17 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas plantas submetidas à CEsn de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$, correspondendo à redução de $45,67\%$ em comparação as plantas que alcançaram maior g_s (Figura 2A). O fechamento estomático é uma estratégia para reduzir as perdas de água e manter um equilíbrio hídrico, contribuindo assim para uma menor absorção de íons tóxicos (DIAS et al., 2019). Foi observado que com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva o fechamento estomático foi intensificado. O efeito negativo da salinidade da solução nutritiva também foi verificado por Dantas et al. (2022) em pesquisa com abobrinha italiana cultivada com CEsn ($2,1$ a $6,6 \text{ dS m}^{-1}$) em sistema hidropônico tipo NFT; os autores observaram uma redução na g_s por incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva de $26,84\%$.



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

Figura 2. Condutância estomática - g_s (A), transpiração - E (B), taxa de assimilação de CO_2 - A (C) e eficiência instantânea do uso da água - $EiUA$ (D) do quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico, em função da solução nutritiva salina – CEsn, aos 63 dias após o transplântio.

A transpiração das plantas de quiabeiro reduziu linearmente com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, com decréscimos de $3,81\%$ por incremento unitário da CEsn (Figura 2B). Ao comparar a E das plantas submetidas à CEsn de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação

as que receberam a menor CESn (3,0 dS m⁻¹), verifica-se redução de 25,81%. A diminuição na transpiração está relacionada diretamente com o fechamento parcial dos estômatos (Figura 3A), restringindo a perda de água das folhas para atmosfera e, por conseguinte, menor desidratação da planta (LIMA et al., 2017). Fato observado por Dantas et al. (2021) em abobrinha italiana cultivada com soluções nutritivas salinas (CESn variando de 2,1 a 6,6 dS m⁻¹) em sistema hidropônico tipo NFT, em que o incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ diminuiu a transpiração foliar.

Para taxa de assimilação de CO₂ (Figura 2C) verifica-se que as plantas de quiabeiro cv Canindé cultivadas sob CESn de 4,3 dS m⁻¹ obtiveram o valor máximo estimado de 36,21 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹. Por outro lado, o valor mínimo de *A* (21,42 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi verificado na CESn de 9,0 dS m⁻¹. Nota-se comportamento semelhante à *gs* e reflete as restrições na entrada de CO₂ na câmara subestomática, provavelmente devido aos danos fitotóxicos decorrentes do acúmulo de sais na planta, levando a menor atividade da Rubisco e, conseqüentemente, o consumo de carbono no ciclo de Calvin (PAN et al., 2021).

A eficiência instantânea do uso da água das plantas de quiabeiro também foi reduzida linearmente com o aumento da CESn da solução nutritiva, com diminuição de 3,61% por incremento unitário da CESn (Figura 2D). A diminuição na *EiUA* pode estar associada ao fato de que as plantas para reduzir o estresse osmótico, diminuem a absorção de íons tóxicos através do fechamento estomático, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso da água e manter o teor relativo de água nas folhas (SÁ et al., 2019).

Houve efeito significativo da CESn e interação entre solução nutritiva salina e concentrações de ácido salicílico (CESn × AS) para os teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e carotenoides (Car) das plantas de quiabeiro cv Canindé, aos 64 dias após o transplântio, enquanto as concentrações de ácido salicílico afetaram Cl a e Car (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo das análises de variâncias para os teores de clorofila *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*) e carotenoides (Car) das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplântio.

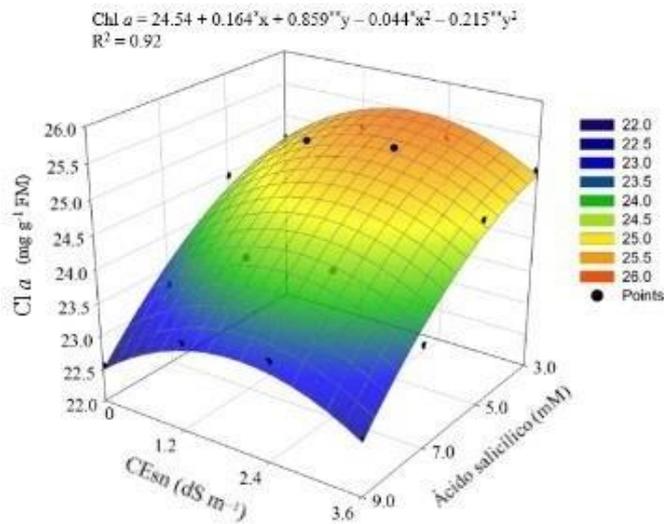
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios		
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Car
Solução nutritiva salina (CESn)	3	11,21**	449,49**	17,59**
Regressão linear	1	19,04 ^{ns}	1126,25**	30,70**
Regressão quadrática	1	12,38 ^{ns}	215,30**	18,70**
Residual 1	6	2,82	39,60	2,12
Ácido salicílico (AS)	3	3,22**	15,34 ^{ns}	2,71**

Regressão linear	1	0,53 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,63 ^{na}
Regressão quadrática	1	2,97*	0,50 ^{ns}	1,09 ^{ns}
Interação (CEsn × AS)	9	4,94**	27,81*	4,10**
Residual 2	26	6,25	269,58	15,92
CV 1(%)		2,79	10,92	19,39
CV 2(%)		2,00	13,69	25,50

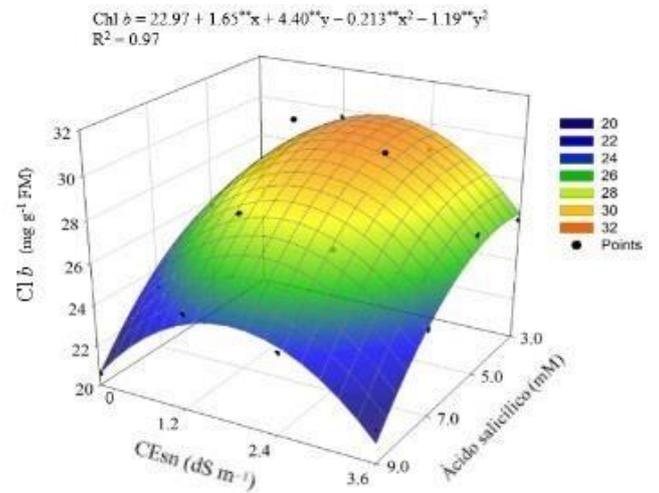
GL- grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; **significativo a 0,01 de probabilidade; *significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}não significativo

Para os teores de clorofila *a* (Figura 3A), verifica-se que as plantas submetidas á CEsn de 3,0 dS m⁻¹ e ácido salicílico na concentração de 1,8 mM, obtiveram o maior valor estimado (25,49 mg g⁻¹ MF). Por outro lado, os menores teores de Cl *a* (22,50 mg g⁻¹ MF) foram obtidos nas plantas cultivadas sob concentração de ácido salicílico 0 mM e CEsn de 9,0 dS m⁻¹. Para a clorofila *b* (Cl *b*) a salinidade da solução nutritiva de 4,0 dS m⁻¹ promoveu o maior valor (30,23 mg g⁻¹ MF) quando as plantas foram submetidas á concentração de 1,8 mM de ácido salicílico. Enquanto, os menores teores de Cl *b* (20,57 mg g⁻¹ MF) foi registrado nas plantas cultivadas sob a concentração de 0 mM e solução nutritiva salina de 9,0 dS m⁻¹ (Figura 3B). A redução nos teores de clorofila é resultante do estresse oxidativo como também pode ser atribuído à inibição da síntese ou a degradação pela enzima clorofilase em plantas sob estresse salino (LIMA et al., 2020b). O ácido salicílico atua como substância antioxidante concentrada no cloroplasto que protege o aparelho fotossintético quando uma planta é submetida a estresse, eliminando o excesso de radicais livres (RASHED et al., 2017). Resultados semelhantes foram observados por Batista et al. (2021) em tomate cereja cultivada sob solução nutritiva salina (CEsn variando de 2,5 a 8,5 dS m⁻¹) em sistema hidropônico ao constatarem que o estresse salino afetou negativamente a síntese de pigmentos fotossintetizantes, principalmente com o prolongamento do estresse.

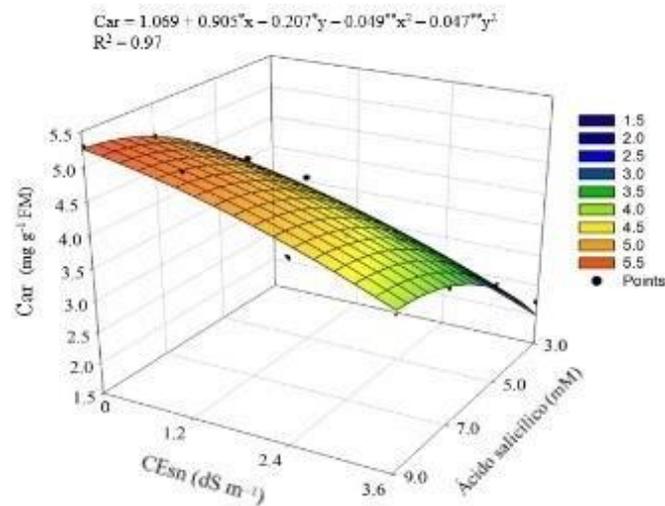
A.



B.



C.



X e Y - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsN e concentração de ácido salicílico respectivamente; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

Figura 3. Superfície de resposta para os teores de clorofila a - Cl a (A), b - Cl b (B) e carotenoides - Car (C) das plantas de quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico, em função da interação entre solução nutritiva salina – CEsN e concentrações de ácido salicílico - AS, aos 63 dias após o transplântio.

Em referência aos teores de carotenoides (Figura 3C), verifica-se que as plantas cultivadas sob CEsN de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram o maior valor estimado ($5,20 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) quando submetidas à concentração de $0,9 \text{ mM}$ de AS. Enquanto o menor teor de Car ($1,06 \text{ mg g}^{-1} \text{ MF}$) foi observado nas plantas submetidas à concentração de $3,0 \text{ mM}$ de ácido salicílico e CEsN de $4,6 \text{ dS m}^{-1}$. Os carotenoides podem atuar como agentes antioxidantes, protegendo as membranas lipídicas do

estresse oxidativo gerado nas plantas expostas a salinidade (FALK & MUNNÉBOSCH, 2010). Assim, esse aumento na síntese de carotenoides pode estar relacionado à intensificação do estresse salino sobre as plantas de quiabeiro, provavelmente relacionado com a degradação do β - caroteno e componentes integrados dos tilacóides, atuantes na absorção e na transferência de luz para a clorofila (GOMES et al., 2011).

Houve efeito significativo da solução nutritiva salina para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das plantas de quiabeiro cv Canindé; a interação entre os fatores (CEsn \times AS) e concentrações de ácido salicílico não influenciaram de forma significativa, nenhuma das variáveis de quiabeiro cv Canindé, aos 63 dias após o transplantio (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo das análises de variâncias para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF) e área foliar (AF) das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplantio.

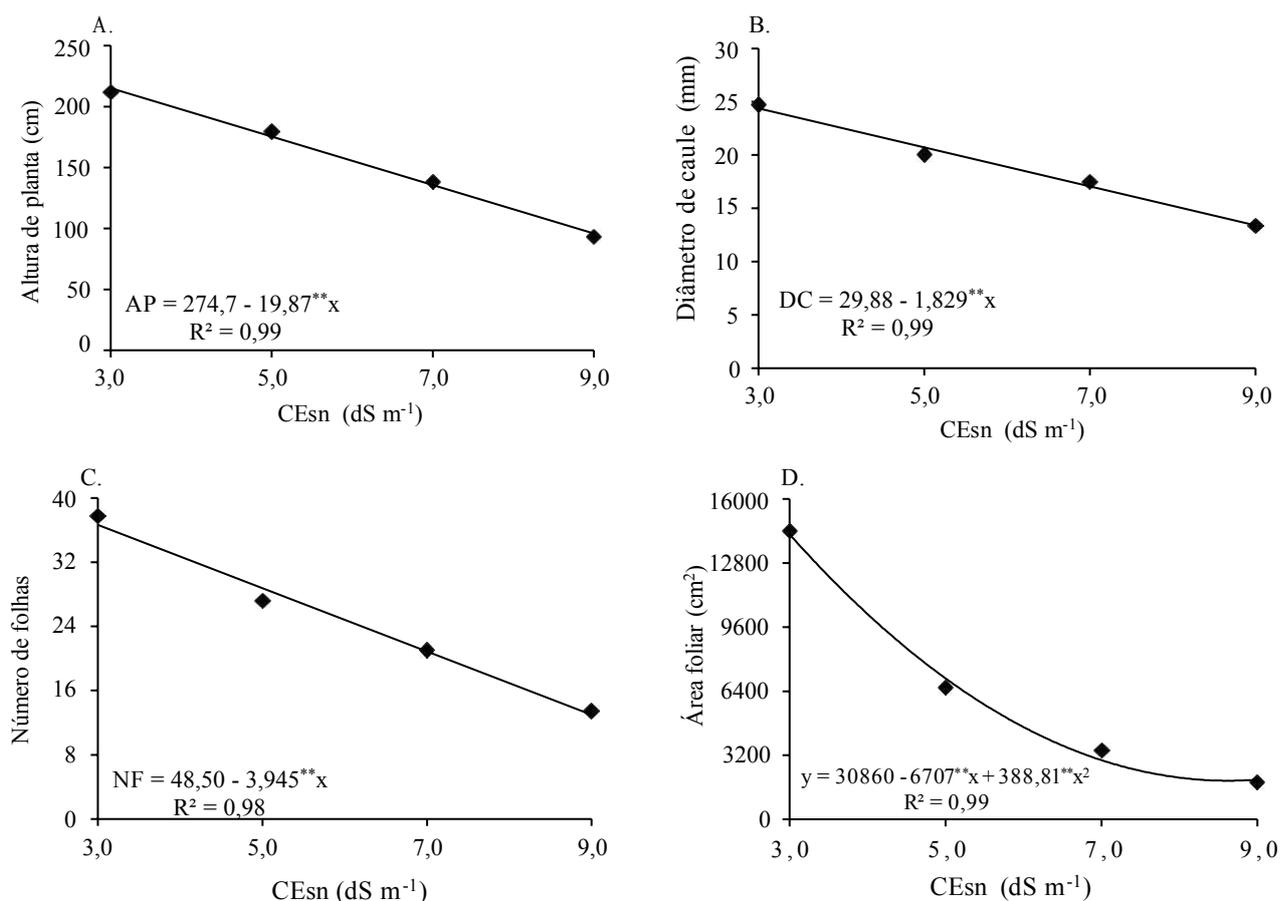
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		AP	DC	NF	AF
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	31761,29**	270,67**	1262,18**	373931359,02**
Regressão linear	1	94803,75**	802,96**	3736,70**	999947179,26**
Regressão quadrática	1	462,52 ^{ns}	1,27 ^{ns}	27,00 ^{ns}	116102865,15**
Residual 1	6	2092,25	32,26	145,67	2063154,31
Ácido salicílico (AS)	3	208,43 ^{ns}	1,88 ^{ns}	23,90 ^{ns}	2637518,49 ^{ns}
Regressão linear	1	279,50 ^{ns}	1,11 ^{ns}	63,03 ^{ns}	5832858,19 ^{ns}
Regressão quadrática	1	200,08 ^{ns}	4,44 ^{ns}	8,33 ^{ns}	336837,49 ^{ns}
Interação (CEsn \times AS)	9	358,80 ^{ns}	4,18 ^{ns}	19,39 ^{ns}	1687857,99 ^{ns}
Residual 2	26	12208,75	183,10	366,65	2795605,17
CV 1(%)		12,01	12,26	19,84	21,90
CV 2(%)		13,94	14,03	15,12	25,49

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

A altura de plantas de quiabeiro reduziu linearmente com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 4A), com decréscimos de 7,23% por incremento unitário da CEsn. Comparando-se em termos relativos, o crescimento em AP das plantas cultivadas sob CEsn de 9,0 dS m⁻¹ em relação as que foram submetidas ao menor nível salino (3,0 dS m⁻¹), constata-se redução de 55,42%. A inibição do crescimento das plantas é reflexo das alterações do potencial total de água ocasionado pelos efeitos osmóticos que restringe a absorção de água e nutrientes (LIMA et al., 2020b). Os altos teores de sais solúveis presentes nas águas também podem ter causado desequilíbrio nutricional e toxicidade por íons específicos, interferindo no crescimento das plantas (PARIHAR et al., 2015). De forma semelhante ao observado neste

estudo, Oliveira et al. (2016) ao avaliarem o crescimento de mudas de berinjela cv Comprida Roxa e Preta Comprida, concluíram que o estresse salino inibiu o crescimento em altura de plantas.

O diâmetro de caule das plantas de quiabeiro cv Canindé (Figura 4B) também reduziu linearmente com incremento da CEsn, com decréscimos de 6,12% por incremento unitário da CEsn. Essa redução pode estar relacionada ao aumento das espécies reativas de oxigênio que provocam diversos distúrbios bioquímicos e alterações fisiológicas, como a diminuição da abertura estomática provocando limitações no crescimento da planta (DANTAS et al., 2021). Resultados semelhantes foram observados por Modesto et al. (2019) ao estudarem o crescimento de quiabeiro cv Speedy em função da salinidade da água (CEsol 2,8 a 18,61 dS m⁻¹), observaram que houve diminuição linear no diâmetro do caule à medida que se elevou a salinidade da água. De acordo com estes autores o estresse salino induziu restrição nos parâmetros fisiológicos afetando assim o seu crescimento.



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

Figura 4. Altura de plantas - AP (A), diâmetro de caule - DC (B), número de folhas - NF (C) e área foliar - AF (D) de quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico, em função da solução nutritiva salina- CEsn, aos 63 dias após o transplantio.

O número de folhas foi reduzido linearmente com o aumento da CESn da solução nutritiva, com diminuição de 8,13% por incremento unitário da CESn (Figura 4C), havendo uma redução de 64,55% comparado entre a CESn de 9,0 e 3,0 dS m⁻¹. A diminuição do número de folhas nas plantas sob salinidade é considerado uma estratégia de proteção e/ou aclimatação às altas concentrações de sais como forma de diminuir perdas de água através da transpiração (LIMA et al., 2020c). Modesto et al. (2019) relataram também uma redução no número de folhas em quiabeiro cv Speedy com o aumento da salinidade da água a partir de 1,8 dS m⁻¹ aos 101 dias após a semeadura.

Em referência a área foliar (Figura 4D), nota-se que as plantas sob solução nutritiva salina de 3,0 dS m⁻¹ alcançaram o valor máximo estimado de 14238,29 cm², enquanto as plantas submetidas à CESn de 9,0 dS m⁻¹ expressaram uma área foliar de 1990,61 cm². Um dos sinais de estresse causado pelo excesso de sais é a rápida diminuição na taxa de crescimento, principalmente na área foliar, resposta causada pela alteração dos parâmetros fisiológicos, como a transpiração e assimilação de CO₂ (LIMA et al., 2020c). Apesar da redução no crescimento das plantas, a intensidade dos efeitos do estresse salino sobre as plantas depende de outros fatores, como espécie, cultivar, fase do ciclo de desenvolvimento, sistema de cultivo empregado e das práticas culturais (PINHEIRO et al., 2022).

4. CONCLUSÕES

O aumento dos níveis da solução nutritiva a partir de 3,0 dS m⁻¹ inibe a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas foliares e o crescimento do quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico, aos 63 dias após o transplantio.

O ácido salicílico de forma isolada não afetou as relações hídricas, trocas gasosas e crescimento da cultura do quiabeiro cv Canindé, aos 64 dias após o transplantio.

A aplicação exógena de 1,8 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina, respectivamente de 3,0 e 4,0 dS m⁻¹ promoveram maior incremento no teor de clorofila *a* e *b* respectivamente, das plantas de quiabeiro cv Canindé.

O ácido salicílico não atenuou os efeitos deletérios do estresse salino causado às plantas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v. 24, p. 1-15, 1949.

- BATISTA, M. C.; NASCIMENTO, R.; MAIA JÚNIOR, S. de O.; NASCIMENTO, E. C. S.; BEZERRA, C. V. de C.; LIMA, R. F. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.25, p.219-227, 2021.
- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, L. de A.; FERNANDES, P. D. Summer squash morphophysiology under salt stress and exogenous application of H₂O₂ in hydroponic cultivation. **Comunicata Scientiae**, v. 12, e3464, p. 1-9, 2021.
- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H₂O₂ application. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 436-449, 2022.
- DIAS, A. S.; LIMA, G. S. de; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 429-439, 2019.
- FALK, J.; MUNNÉ-BOSCH, S. Tocochromanol functions in plants: antioxidation and beyond. **Journal and Experimental Botany**, v. 61, p.1549-1566, 2010.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.
- FIDELES FILHO, J. BELTRÃO, N. E. M., PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 736-741, 2010.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. F. Q.; SILVA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; BRUNO, R. de L. A. Respostas fisiológicas de mulungu submetida á estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 24, p. 662-675, 2019.
- 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, p. 853-861, 2021.
- GOMES, M. A. da C.; SUZUKI, M. S.; CUNHA, M. da; TULLII, C. F. Effect of salt stress on nutrient concentration, photosynthetic pigments, proline and foliar morphology of *Salvinia auriculata* Aubl. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 23, p. 164-176, 2011.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Circular. **Berkeley: California Agricultural Experiment Station**, v. 347, p. 32, 1950.

- LACERDA, C. N. de; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; FÁTIMA, R. T. de; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, C. A. V. de. Morphophysiology and production of guava as a function of water salinity and salicylic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 451-458, 2022.
- LIMA, G. S. de; DIAS, A. S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; NOBRE, R. G.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, A. A. R. da. Gas exchanges and production of colored cotton under salt stress and nitrogen fertilization. **Bioscience Journal**, v. 33, p. 1495-1505, 2017.
- LIMA, B. R.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, p. 679-689, 2020a.
- LIMA, G. S. de; FERNANDES, C. G. J.; SOARES, L. A. A. dos A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Gas exchange, chloroplast pigments and growth of passion fruit cultivated with saline water and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 184-194, 2020b.
- LIMA, G. S. de; SOUZA, C. M. A. de; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; GUEDES, M. A. Gas exchanges, growth and production of okra cultivated with saline water and silicon fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, p. 1937-1950, 2020c.
- LIRA, R. M.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p.13-19, 2018.
- MODESTO, F. J.; SANTOS, M. A. C. M.; SOARES, T. M.; SANTOS, E. P. M. Crescimento, produção e consumo hídrico do quiabeiro submetido à salinidade em condições hidropônicas. **Irriga**, v. 24, p. 86-97, 2019.
- OLIVEIRA, F. S.; SÁ, F. V. S.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; OLIVEIRA, F. A.; ARAÚJO, E. B. G.; OLIVEIRA NETO, H. T.; MESQUITA, E. F. Seedling development and tolerance of eggplant cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2310-2315, 2016.
- PAN, T.; LIU, M.; KRESLAVSKI, V. D.; ZHARMUKHAMEDOV, S. K.; NIE, C.; YU, M.; SHABALA, S. Non-stomatal limitation of photosynthesis by soil salinity. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 51, p. 791 - 825, 2021.

- PARIHAR, P.; SINGH, S.; SINGH, R.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 22, p. 4056-4075, 2015.
- PINHEIRO, F. W. A.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; OLIVEIRA, S. G. de; SILVA, F. A. da. Gas exchange and yellow passion fruit production under irrigation strategies using brackish water and potassium. **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, e20217816, 2022.
- RASHED, S. F.; MAHMOUD, M. I.; EL-TANTAWY, E. M.; FOUAD, H. A.; EL-KASSAS, A. I. Improvement of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) productivity using some antioxidants under salinity conditions of south Sinai. **Journal of Applied Sciences**, v. 6, p. 29-46, 2017.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, USDA. **Agricultural Handbook**, 1954. 160p.
- SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. de; PAIVA, E. P.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C.; L.; FERNANDES, P. D.; DIAS, A. S. Ecophysiology of West Indian cherry irrigated with saline water under phosphorus and nitrogen doses. **Bioscience Journal**, v. 35, p. 211-221, 2019.
- SANTANA JÚNIOR, E. B.; COELHO, E. F.; GONÇALVES, K. S.; CRUZ, J. L. Physiological and vegetative behavior of banana cultivars under irrigation water salinity. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, p. 82-88, 2020.
- SANTOS, H. C.; PEREIRA, E. M.; MEDEIROS, R. L. S.; COSTA, P. M. A.; PEREIRA, W. E. Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 97-102, 2019.
- SAUSEN, D.; FERREIRA, C. R. L.; LOPES, S. C. D.; MARQUES, L. P.; SOUZA, A. J. M.; ALBUQUERQUE, E. C. G. A.; CORDEIRO, K. A. S. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 14888-14903, 2020.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. de S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1092-1101, 2020.
- SCOTTI-CAMPOS, P; PHAM-THI, ANH-THU; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P.; RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 25, p. 1002-1013, 2013.

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

CAPÍTULO III

FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE QUIABEIRO HIDROPÔNICO CULTIVADO COM ÁGUAS SALOBRAS E ÁCIDO SALICÍLICO

Trabalho submetido à Revista Ciência Agronômica.

FISIOLOGIA, PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE QUIABEIRO HIDROPÔNICO CULTIVADO COM ÁGUAS SALOBRAS E ÁCIDO SALICÍLICO

RESUMO

A identificação de atenuantes para reduzir os efeitos deletérios provocados pela salinidade da água e/ou do solo na cultura do quiabo é de grande importância para o cultivo desta olerícola em regiões semiáridas. Diante disso, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico na mitigação do estresse salino na fisiologia, produção e qualidade pós-colheita de quiabeiro cv Canindé em sistema hidropônico. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação em sistema hidropônico tipo NFT, em Pombal – PB, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizados em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹), consideradas as parcelas e as quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,2; 2,4 e 3,6 mM) as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. O aumento da CEs_n da solução nutritiva a partir de 3,0 dS m⁻¹ inibe a fluorescência máxima e variável, a taxa de transporte de elétrons, o acúmulo de fitomassas e o volume da raiz do quiabeiro cv Canindé. A Solução nutritiva com condutividade elétrica acima de 3,0 dS m⁻¹ promove redução no número de fruto por planta, no comprimento e peso médio de frutos por plantas. A aplicação exógena de 2,1 e 2,4 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina, de 9,0 dS m⁻¹ elevaram os teores de sólidos soluveis e acidez titulável respectivamente, em frutos de quiabeiro cv Canindé.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus* L. Moench. Estresse salino. Fitormônio.

PHYSIOLOGY, PRODUCTION AND POSTHARVEST QUALITY OF HYDROPONIC OKRA CULTIVATED WITH BRACKET WATER AND SALICYLIC ACID

ABSTRACT

The identification of mitigating factors to reduce the deleterious effects caused by the salinity of the water and/or soil in the okra crop is of great importance for the cultivation of this vegetable in semi-arid regions. In view of this, the objective was to evaluate the effects of foliar application of salicylic acid in mitigating salt stress in the physiology, production and postharvest quality of okra cv Canindé in a hydroponic system. The work was carried out in a greenhouse in a hydroponic NFT system, in Pombal - PB, using a completely randomized design in a split-plot scheme, with the levels of electrical conductivity of the nutrient solution - EC_{sn} (3.0; 5.0; 7.0 and 9.0 $dS\ m^{-1}$), considering the plots and the four concentrations of salicylic acid - AS (0; 1.2; 2.4 and 3.6 mM) the subplots, with four trials and two plants per plot. Increasing the EC_{sn} of the nutrient solution from 3.0 $dS\ m^{-1}$ inhibits the maximum and variable fluorescence, the electron transport rate, the accumulation of phytomass and the root volume of okra cv Canindé. The nutrient solution with electrical conductivity above 3.0 $dS\ m^{-1}$ promotes a reduction in the number of fruits per plant, in the length and average weight of fruits per plant. The exogenous application of 2.1 and 2.4 mM of salicylic acid associated with saline nutrient solution of 9.0 $dS\ m^{-1}$ increased the levels of soluble solids and titratable acidity, respectively, in fruits of okra cv Canindé.

Key words: *Abelmoschus esculentus* L. Moench. Salt stress. Fitormônio.

1. INTRODUÇÃO

O quiabeiro (*Abelmoschus esculents* L. Moench) é originário da África, sendo uma herbácea monocotiledônea pertencente à família Malvaceae (SANTOS et al., 2019) com grande qualidade nutricional por possuir uma quantidade considerável de fibras e sais minerais, tais como ferro, cobre, cálcio e fósforo, contém vitaminas A, C e do complexo B (OLIVEIRA et al., 2020).

A região Nordeste do Brasil é caracterizada pela escassez quantitativa dos recursos hídricos devido às altas taxas de evapotranspiração e irregularidade das chuvas, limitando a expansão da agricultura irrigada devido à ocorrência de fontes de água com elevadas concentrações de sais (LIMA et al., 2020). O que pode inviabilizar, em muitos casos, o cultivo convencional em solo em função do acúmulo de íons, provocando efeitos de natureza osmótica e iônica nas plantas e a salinização dos solos (FREIRE et al., 2018).

A salinidade da água e/ou do solo ocasiona efeitos negativos nas plantas, reduzindo a absorção de água e nutrientes devido ao baixo potencial osmótico, afetando a eficiência fotossintética, produção e qualidade dos frutos tornando inviável sua comercialização (SANTOS et al., 2020). Nas espécies sensíveis ao estresse salino, o excesso de sais na água induz o fechamento estomático levando a uma redução na captação de CO₂, limitando a fotossíntese, impedindo a divisão celular e conseqüentemente o crescimento e a produção das plantas (CARILLO et al., 2019).

Dentre os sistemas de produção para o cultivo de hortaliças, o hidropônico se destaca permitindo cultivos em regiões que possuem fontes hídricas com elevadas concentrações de sais (SAUSEN et al., 2020). O uso de águas salobras em cultivo hidropônico com hortaliças, cuja viabilidade está associada à ausência do potencial matricial, sendo amplamente comprovada por diversos estudos couve-flor (CRUZ et al., 2018), agrião (LIRA et al., 2018) e melão (OLIVEIRA et al., 2022).

Outra alternativa que pode potencializar o cultivo de espécies olerícolas utilizando-se água salobras é o uso de reguladores de crescimento vegetal, destacando-se a aplicação foliar de ácido salicílico - AS (MA et al., 2017). O AS é um composto fenólico produzido naturalmente que age na sinalização e ativação de genes que atuam no mecanismo de defesa da planta contra estresses abióticos e bióticos, envolvido na regulação de vários processos fisiológicos e bioquímicos, como transpiração, fotossíntese, abertura estomática, germinação e

absorção iônica (SILVA et al., 2020). O efeito benéfico do AS em plantas sob estresse salino foi observado em melão (OLIVEIRA et al., 2022) e pimentão (KAYA et al., 2020).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação foliar de ácido salicílico como atenuante do estresse salino na fisiologia, produção e qualidade pós-colheita de quiabo cv Canindé produzidos em sistema hidropônico tipo NFT.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de 27 de janeiro a 16 de março de 2022 sob condições de casa de vegetação, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no município de Pombal – PB, Brasil, localizado geograficamente a 6° 46' 8" Sul e 37° 47' 45" Oeste, com uma altitude de 184 m. De acordo com a classificação de Köppen, o município de Pombal tem um clima classificado como semiárido (AW' quente e úmido) com período chuvoso que inicia em novembro e termina em abril com precipitação média anual de 700 mm. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar foram coletados diariamente utilizando-se um termohigrômetro digital no interior da casa de vegetação, sendo obtidos os valores médios de 33,7 °C, 30,7 °C e 51% para a temperatura máxima, mínima e umidade relativa, respectivamente. (Figura 1).

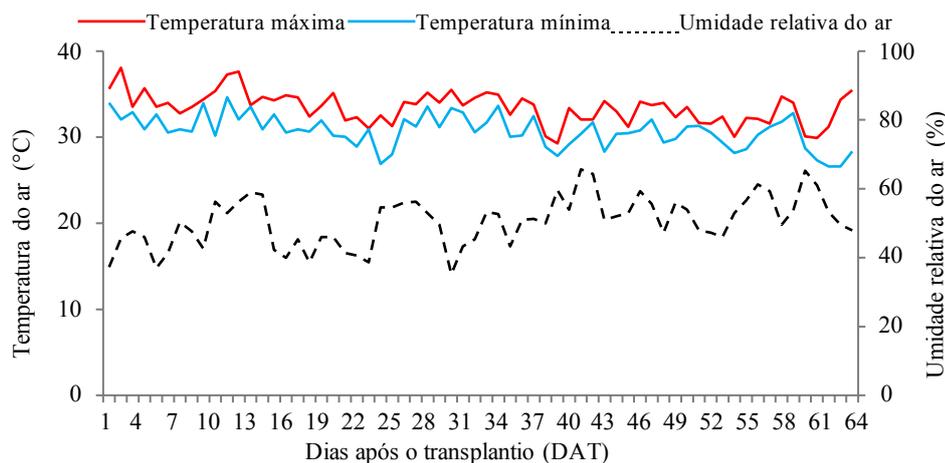


Figura 1. Dados diários de temperaturas máxima e mínima e umidade relativa média do ar durante o período experimental

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn (3,0; 5,0; 7,0 e 9,0 dS m⁻¹), e quatro concentrações de ácido salicílico - AS (0; 1,2; 2,4 e 3,6 mM) distribuídos em delineamento inteiramente casualizados em esquema de

parcelas subdivididas, sendo os níveis de CEs_n considerado as parcelas e as concentrações de AS as subparcelas, com quatro repetições e duas plantas por parcela. As concentrações de ácido salicílico utilizadas foram baseando-se em estudo de Oliveira et al. (2022) com a cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.).

Foram utilizadas sementes de quiabo cv Canindé híbrido da ISLA[®] (Porto Alegre, Brasil). Essa cultivar tem ciclo de aproximadamente 80 dias, com porte alto, frutos com cinco quinças, comprimento entre 10 e 15 cm e diâmetro variando de 18 a 20 mm, além de excelente conservação pós-colheita, resistência ao vírus do Mosaico de Veias Amarelas – YVMV e ampla adaptabilidade a diferentes regiões de cultivo (ISLA 2023).

Para a obtenção das soluções nutritivas utilizadas, seguiu-se a recomendação de Hoagland e Arnon (1950). A solução foi preparada em água de abastecimento local (0,3 dS m⁻¹), obtendo-se condutividade elétrica de 2,1 dS m⁻¹ após o preparo da solução nutritiva. As diferentes concentrações salinas foram obtidas a partir da adição de cloreto de sódio não iodado (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O), e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O) em uma proporção de 7:2:1 respectivamente, relação encontrada com frequências nas águas do Nordeste. As águas de irrigação foram preparadas considerando a relação entre CE_a e concentração de sais, conforme a Equação 1.

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

Em que:

Q - soma de cátions (mmol_c L⁻¹); e

CE_a - condutividade elétrica desejada após descontar a CE_a da água do sistema de abastecimento municipal (dS m⁻¹).

A semeadura do quiabeiro cv Canindé foi realizada em recipientes descartáveis de 50 mL, contendo uma semente por recipiente, em substrato de fibra de coco lavado previamente com água de abastecimento. Da germinação até o surgimento do segundo par de folhas verdadeiras foi utilizada solução nutritiva com uma concentração de 50%; em seguida foi removida a fibra de coco, as plantas foram transplantadas diretamente nos perfis hidropônicos aos 14 dias após a semeadura e cultivadas em tutoramento vertical de modo a deixar o caule ereto com o auxílio de fitilho de ‘nylon’ e uma solução nutritiva com 100% de concentração.

O sistema hidropônico foi do tipo – NFT (Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente) confeccionado com cano de PVC de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento, composto por quatro subsistemas espaçados 0,8 m, cada um com três canais espaçados a 0,4 m. Nos canais o espaçamento entre plantas foi de 0,5 m e 1,0 m entre os tratamentos.

Os canais foram apoiados em cavaletes com altura de 0,6 m com uma inclinação de 4% para o escoamento da solução nutritiva. Na cota mais baixa de cada bancada do sistema hidropônico foi colocado uma caixa de polietileno de 150 L com a função de coletar e conduzir a solução nutritiva até os canais. Esta solução foi impulsionada no início dos canais por bomba com potência de 35 W, e vazão média de 3 L min⁻¹. A circulação da solução nutritiva foi programada por um temporizador com fluxo intermitente de 15 min durante o dia e noite.

A cada oito dias houve a substituição total da solução nutritiva, sendo realizada diariamente a verificação da condutividade elétrica e pH, ajustando a solução sempre que necessário, adicinando-se a água de abastecimento com CEa de 0,3 dS m⁻¹, mantendo sempre a CEsn de acordo com os tratamentos e o pH entre 5,5 e 6,5 através da adição de 0,1 MKOH ou HCl.

As concentrações de ácido salicílico foram preparadas através da diluição do ácido salicílico P.A em 30% de álcool etílico (99,5%) e 0,05% de Haiten[®], espalhante adesivo não iônico utilizado para quebrar a tensão superficial e melhorar a absorção pelas folhas de quiabeiro.

As aplicações de ácido salicílico foram realizadas após 48 h da inserção das plantas nos perfis hidropônicos e 72 h antes do início dos tratamentos (utilização das soluções nutritivas salinas). As aplicações foram realizadas às 17 h, de forma manual com borrifador, visando umedecer a área total das folhas (faces adaxial e abaxial) conforme os tratamentos, aplicando em média 19 mL por planta, em intervalo de oito dias, totalizando seis aplicações. Para evitar a deriva dos tratamentos entre as plantas foi utilizada uma estrutura de lona plástica. As plantas foram monitoradas e as práticas fitossanitárias foram realizadas sempre que necessário.

Aos 50 dias após o transplântio (DAT) foi avaliada a eficiência fotoquímica das plantas de quiabeiro por meio dos índices de fluorescência da clorofila *a*, sendo determinado a fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II na fase luminosa fase escura (F_v/F_m), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_{ms}), eficiência quântica do fotossistema II na fase luminosa (Y) e a taxa de transporte de elétrons (ETR).

A fluorescência da clorofila *a* na fase escura foi mensurada em folhas do terço médio completamente expandidas e pré-adaptadas ao escuro por 30 min, utilizando-se fluorômetro modulado modelo OS5p da Opti Science. O pulso de luz utilizado foi vermelha modulada de baixa intensidade (0,03 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e, em seguida, a um pulso de luz actínica saturada (> 6000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Posteriormente, realizaram-se as determinações em condições de claro, foi

utilizado o protocolo Yield, aplicando-se uma fonte de iluminação actínica com pulso multi flash saturante acoplado a um clipe de determinação da radiação fotossinteticamente ativa (PAR-Clip).

Ao final do ciclo do quiabeiro (63 DAT) as plantas foram retiradas dos perfis hidropônicos e, em seguida, separadas as distintas partes (caule, folhas e raiz) e acondicionadas em saco de papel; sendo colocadas para secar em estufa com ventilação forçada de ar, na temperatura de 65 °C durante 72 h; posteriormente, o material foi pesado obtendo-se a fitomassa seca de folhas (FSF), e caule (FSC,) cujo somatório resultou na fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e a fitomassa seca de raiz (FSR,). A fitomassa seca total (FST) foi obtida pelo somatório da FSF, FSC e de FSR com os valores expressos em g. O volume das raízes (cm³) foi mensurado em cilindro graduado contendo um volume conhecido de água. A diferença entre as duas leituras forneceu diretamente o volume das raízes por unidade de equivalência (1 mL = 1 cm³).

A colheita teve início aos 29 DAT (Apêndice 1A), momento em que os frutos de quiabo atingiram o ponto de maturidade ideal para a colheita, que ocorreu entre 4 e 5 dias após a antese, período em que apresentavam entre 10 e 15 cm de comprimento (Apêndice 1B). Imediatamente após a colheita foi avaliado o número de frutos por planta, a massa fresca de frutos (MFF, g), o peso médio de frutos (g por fruto), o comprimento médio dos frutos (CMF, cm), diâmetro médio dos frutos (DMF, mm) (Apêndice 2A). A MFF foi determinada em balança semianalítica com precisão de 0,01 g. Já o PMF foi obtido pela razão entre a massa fresca e o número total de frutos por planta.

Após a colheita, os frutos foram armazenados em freezer a uma temperatura de -14 °C por um período de sete dias. Para determinação da qualidade pós-colheita foram utilizados três frutos de quiabo cortados e triturados no liquidificador para obtenção do extrato. Posteriormente, retirou-se 50 mL para determinação do potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS, °Brix), acidez titulável (AT, %), açúcares solúveis totais (AST, %) e ácido ascórbico (AA, mg 100g⁻¹ de polpa) (IAL, 2008).

Os sólidos solúveis totais foram determinados na polpa dos frutos com casca, utilizando refratômetro digital com compensação automática de temperatura, cujas leituras foram realizadas em triplicata (Apêndice 2B). O potencial hidrogeniônico foi determinado com a adição de 3 g do extrato do fruto e 47 mL de água destilada, em triplicata, utilizando-se um peagâmetro de bancada previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7.

A determinação da acidez total titulável foi realizada pelo método da titulação com NaOH a 0,1 N. Utilizou-se 3 g do extrato do fruto depositadas separadamente em Becker de 125 mL,

em triplicata, adicionados 47 mL de água destilada e agitada. Em seguida, foi acrescentado 3 gotas de indicador fenolftaleína a 5% e realizada a titulação com solução de NaOH a 0,1 N até a coloração rósea (IAL, 2008). A acidez foi expressa em mL da solução de NaOH a 1N por 100 g de polpa foram obtidos através da Equação 2.

$$AT = \frac{V \times f \times 100}{P \times c} \quad (2)$$

Em que:

AT - acidez titulável total (%);

V - volume gasto de hidróxido de sódio na titulação (mL);

f - fator da solução;

P - peso da amostra (g); e

c - correção da solução de NaOH.

Para determinação de açúcares solúveis totais foram pesados 3 g da amostra adicionando água destilada e macerados auxílio de um almofariz e pistilo, e completado o volume 100 mL em balão volumétrico. Em seguida, com auxílio de uma pipeta foram adicionados a um tubo de ensaio separadamente conforme as amostras, 50 $\mu\text{g L}^{-1}$ do extrato da amostra, 950 $\mu\text{g L}^{-1}$ de água destilada e 2 $\mu\text{g L}^{-1}$ de antrona em que foram agitados e colocados em banho-maria por 3 min a 100 °C. Os açúcares solúveis totais foram quantificados por espectrofotometria a um comprimento de onda de 620 nm, utilizando uma curva padrão de glicose (100 $\mu\text{g L}^{-1}$) de intervalo 0-100 μg . As análises foram feitas de acordo com o método proposto por Yemm e Willis (1954).

Os teores de ácido ascórbico foram obtidos por meio de titulação, pesando-se 3,0 g da amostra do extrato em um Erlenmeyer, e adiciona 47 mL da solução de ácido oxálico para a diluição. Posteriormente, foi realizada a titulação com a solução de 2-6-diclorofenol-indofenol (DCPIP) até coloração rosada, sendo anotado volume gasto. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ da amostra, e foram obtidos através da Equação 3.

$$\text{mg de ácido ascórbico por } 100 \text{ g} = \frac{V \times F \times 100}{Pa} \quad (3)$$

Em que:

V - volume gasto de DCFI utilizado para titular a amostra (mL);

F - fator da solução; e

Pa - peso da amostra (g).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro Wilk) e posteriormente, realizado análise de variância pelo teste 'F' em nível de 0,05 de probabilidade e, quando significativo, efetuou-se análise de regressão polinomial para a solução nutritiva

salina e para as concentrações de ácido salicílico, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL. Foi empregado o software SigmaPlot® para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve significância da interação entre os fatores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo da interação (CEsn × AS) entre os fatores solução nutritiva salina e ácido salicílico sobre a eficiência fotoquímica das plantas de quiabeiro cv Canindé, ocorrendo apenas o efeito significativo da solução nutritiva salina (CEsn) sobre a fluorescência máxima (F_m), e variável (F_v) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) do quiabeiro cv Canindé (Tabela 1).

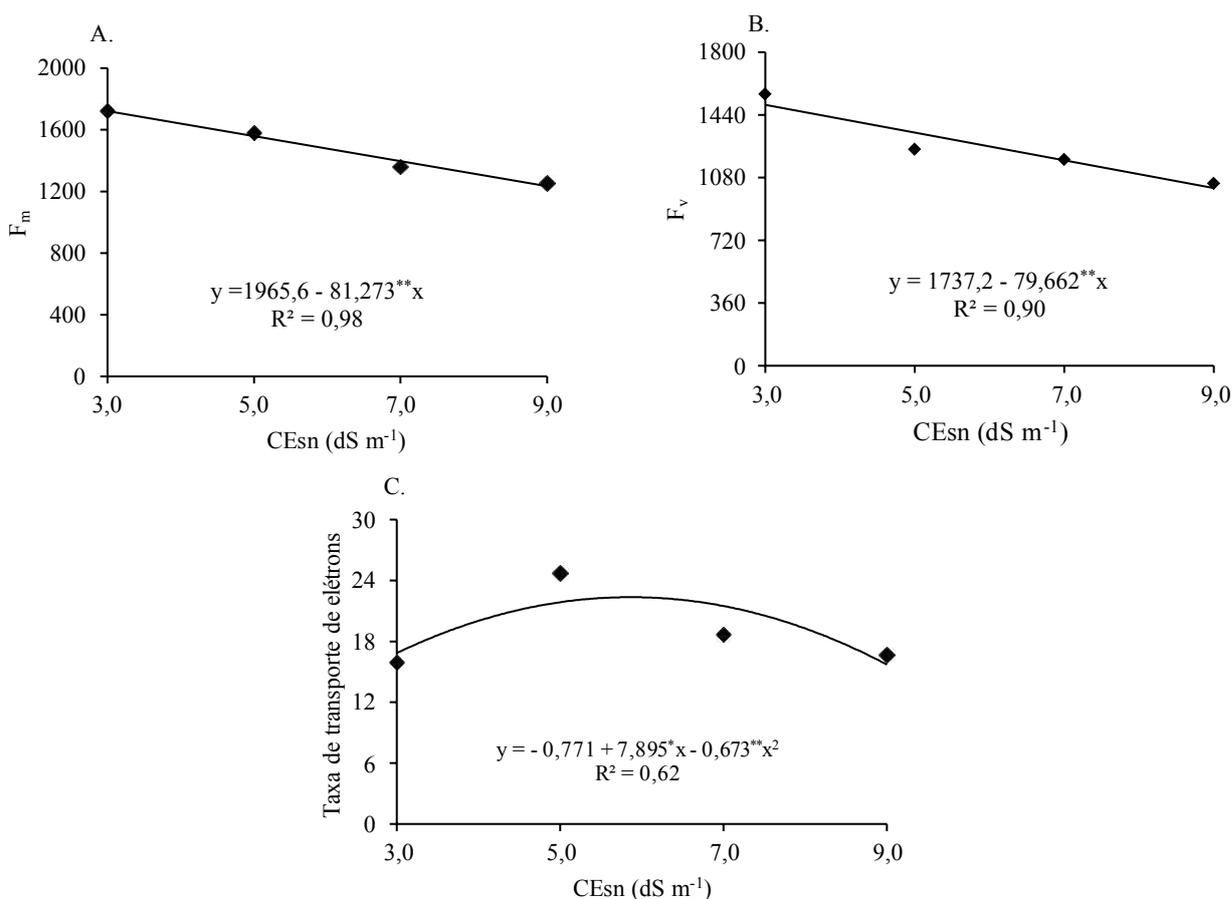
Tabela 1. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II na fase escura (F_v/F_m), fluorescência inicial antes do pulso de saturação (F_s), fluorescência máxima após adaptação à luz saturante (F_{ms}), a eficiência quântica do fotossistema II na fase luminosa (Y_{II}) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 50 dias após o transplântio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios			
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	1407,02 ^{ns}	537665,39 ^{**}	561882,93 [*]	0,00045 ^{ns}
Regressão linear	1	-	1585268,87 ^{**}	1522987,67 ^{**}	-
Regressão quadrática	1	-	3897,00 ^{ns}	95007,50 ^{ns}	-
Residual 1	6	3128,12	2773,20	6617,27	0,00025
Ácido Salicílico (AS)	3	1575,06 ^{ns}	1280,51 ^{ns}	6018,78 ^{ns}	0,00025 ^{ns}
Regressão linear	1	2190,10 ^{ns}	2163,00 ^{ns}	3341,33 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
Regressão quadrática	1	2160,08 ^{ns}	764,00 ^{ns}	14577,75 ^{ns}	0,00005 ^{ns}
Interação (CEsn × AS)	9	1113,00 ^{ns}	2761,16 ^{ns}	2485,24 ^{ns}	0,00018 ^{ns}
Residual 2	26	15646,54	2787,54	10263,94	0,00024
Cv 1(%)		6,28	3,56	6,46	2,04
Cv 2(%)		6,75	3,57	8,05	2,02
		$F_s^{(1)}$	$F_{ms}^{(1)}$	Y_{II}	ETR
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	862,31 ^{ns}	9685,63 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	190,04 [*]
Regressão linear	1	-	-	-	8,70 ^{ns}
Regressão quadrática	1	-	-	-	349,38 ^{**}
Residual 1	6	723,85	6582,14	0,0058	25,76
Ácido Salicílico (AS)	3	256,11 ^{ns}	2674,22 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	24,34 ^{ns}
Regressão linear	1	-	-	-	-
Regressão quadrática	1	-	-	-	-
Interação (CEsn × AS)	9	599,37 ^{ns}	3025,83 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	24,34 ^{ns}
Residual 2	26	640,77	2419,14	0,0021	8,05
CV 1(%)		12,72	15,76	12,10	26,75

CV 2(%)	12,82	9,75	7,30	14,95
---------	-------	------	------	-------

GL- grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; **significativo a 0,01 de probabilidade; *significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} não significativo; ⁽¹⁾ dados transformados em \sqrt{x} .

A fluorescência máxima (F_m) das plantas de quiabo cv. Canindé reduziu linearmente com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva salina, com decréscimos de 4,13% por incremento unitário da CEsn (Figura 2A). Comparando-se em termos relativos das plantas submetidas à CEsn de 9,0 dS m⁻¹ em relação as cultivadas com solução nutritiva salina de 3,0 dS m⁻¹, constata-se declínio de 28,32%. A redução da fluorescência máxima está relacionada com a deficiência de fotorredução da quinona A, devido à inativação do PSII nas membranas dos tilacoides, essa diminuição afeta o fluxo de elétrons entre os fotossistemas, influenciando a atividade da fotoquímica nas folhas, tendo em vista que uma alta F_m tem reflexos na transferência de energia para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida, promovendo uma maior capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese (LIMA et al., 2019).



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

Figura 2. Fluorescência máxima - F_m (A), fluorescência variável - F_v (B) e a taxa de transporte de elétrons – ETR (C) do quiabeiro cv Canindé, em função da solução nutritiva salina - CEsn em sistema hidropônico, aos 50 dias após o transplantio.

Para a fluorescência variável (F_v), verifica-se um decréscimo de 4,58% por incremento unitário da solução nutritiva salina (Figura 2B). O estresse salino afetou o aparato fotossintético causando redução do F_v . Quanto maior os valores da F_v , maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons excitados das moléculas dos pigmentos para a formação de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO_2 na fase bioquímica da fotossíntese (SILVA et al., 2021).

A taxa de transporte de elétrons das plantas de quiabeiro se ajustou ao modelo de regressão quadrática (Figura 2C), obtendo-se o valor máximo estimado de 22,38 sob CEsn de $5,9 \text{ dS m}^{-1}$, e quando se utilizou o maior nível de CEsn ($9,0 \text{ dS m}^{-1}$) resultou no menor valor de ETR 15,77. Ao comparar as plantas cultivadas com solução nutritiva salina de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ em relação as que receberam o menor nível de CEsn $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, verifica-se redução na ETR de 29,53%. A elevada concentração de sais diminui o potencial osmótico, reduzindo a disponibilidade de água para as plantas. Dessa forma, ocorre a inativação dos transportadores de elétrons fotossintéticos, levando a uma possível inativação da via de transporte de elétrons fotossintéticos por proteínas (TATAGIBA et al., 2014).

Houve efeito significativo da solução nutritiva salina para fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), parte aérea (FSPA), raiz (FSR), fitomassa seca total (FST) e volume da raiz (VR) das plantas de quiabeiro cv Canindé (Tabela 2). As concentrações de ácido salicílico e a interação entre os fatores (CEsn \times AS) não influenciaram de forma significativa, nenhuma das variáveis de quiabeiro cv Canindé (Tabela 2), aos 64 dias após o transplantio.

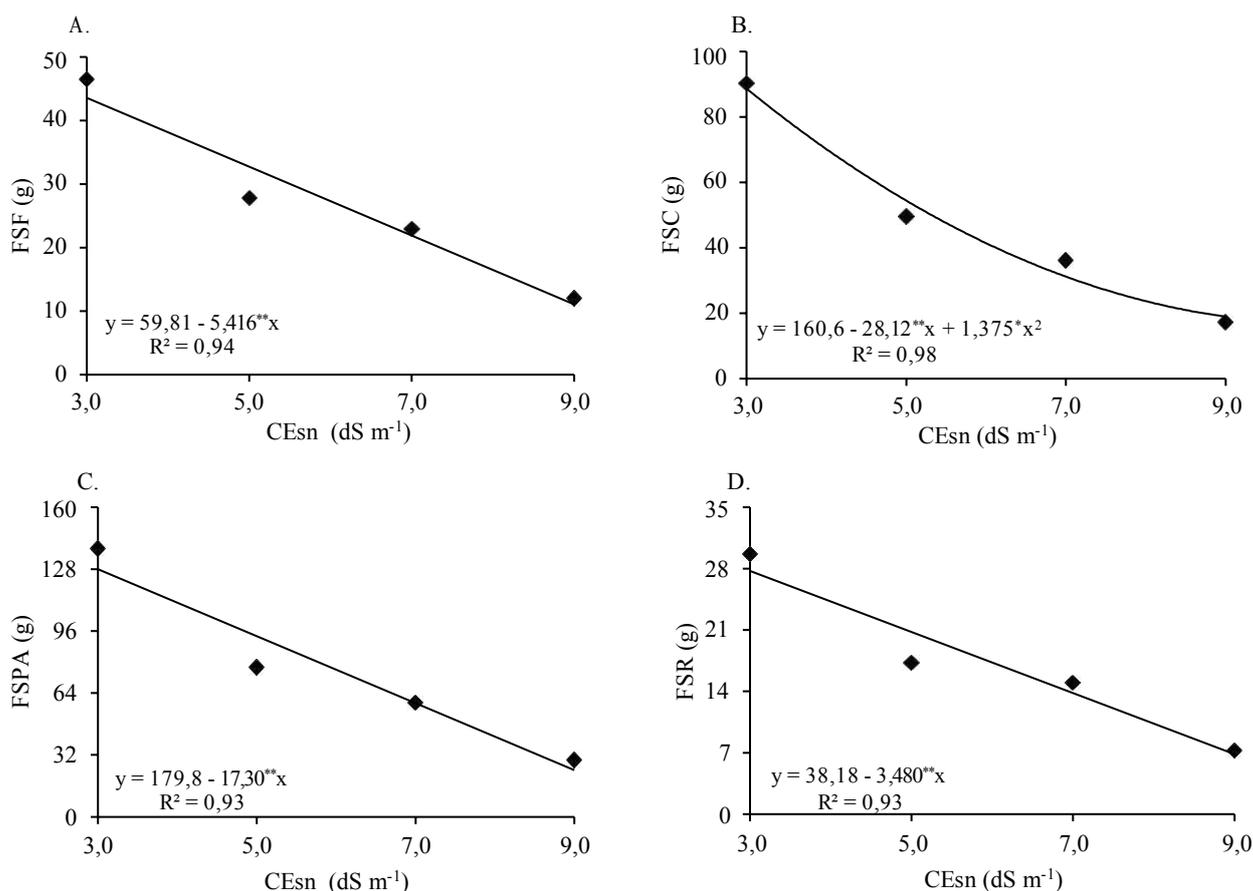
Tabela 2. Resumo da análise de variância para fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC), parte aérea (FSPA), raiz (FSR) e fitomassa seca total (FST) e volume de raiz (VR) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplantio.

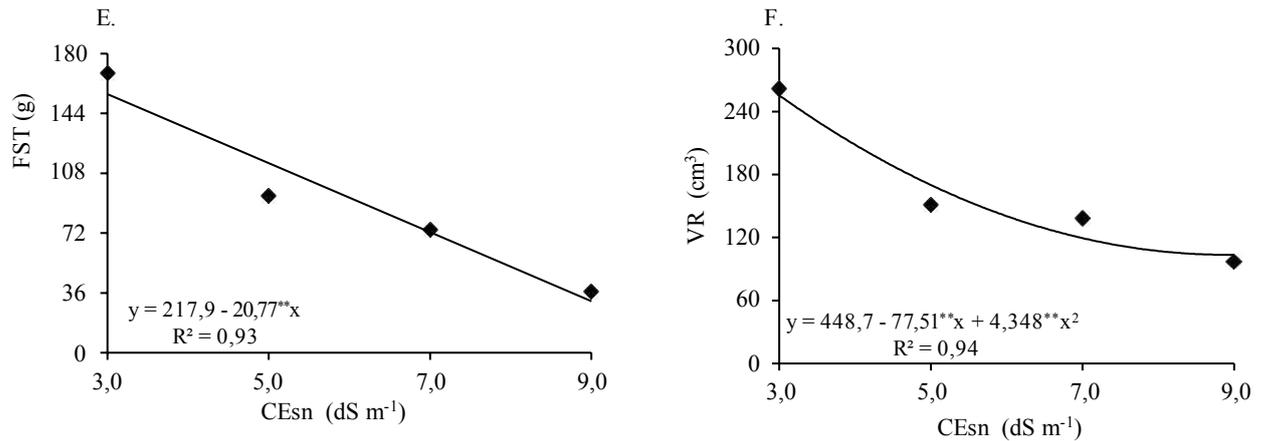
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		FSF ⁽¹⁾	FSC ⁽¹⁾	FSPA ⁽¹⁾	FSR ⁽¹⁾	FST ⁽¹⁾	VR ⁽¹⁾
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	2489,18**	11492,97**	25539,03**	1040,39**	36813,26**	59350,86**
Regressão linear	1	7040,69**	32385,64**	71830,63**	2907,26**	103539,69**	154026,66**
Regressão quadrática	1	184,12 ^{ns}	1453,65 ^{ns}	3001,52 ^{ns}	66,38 ^{ns}	3946,72 ^{ns}	14525,52**
Residual 1	6	89,22	204,96	541,89	18,92	695,36	724,30
Ácido Salicílico (AS)	3	22,14 ^{ns}	168,74 ^{ns}	218,17 ^{ns}	33,27 ^{ns}	99,52 ^{ns}	1419,61 ^{ns}
Regressão linear	1	-	-	-	-	-	-
Regressão quadrática	1	-	-	-	-	-	-
Interação (CEsn \times AS)	9	60,01 ^{ns}	260,82 ^{ns}	437,28 ^{ns}	9,58 ^{ns}	396,25 ^{ns}	1884,78 ^{ns}

Residual 2	26	119,73	450,69	954,63	22,66	1126,93	2053,04
CV 1(%)		18,33	14,95	15,43	12,38	14,27	9,35
CV 2(%)		16,24	16,73	15,64	13,7	14,49	14,2

GL- grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; ** significativo a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo.

A fitomassa seca de folhas do quiabeiro reduziu de forma linear com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 3A), com decréscimo de 9,1% por incremento unitário da CEsn. Comparando-se em termos relativos das plantas cultivadas sob CEsn de 9,0 dS m⁻¹ em relação as que foram submetidas ao menor nível salino (3,0 dS m⁻¹), constata-se redução de 74,6%. A redução no acúmulo de fitomassa seca de folhas é consequência da diminuição do potencial osmótico, o que dificulta a absorção da água e nutrientes pelas raízes, reduzindo a abertura estomática, interferindo na atividade fotossintética da planta (SOUZA et al., 2016). Resultados semelhantes foram encontrados por Nascimento et al. (2017), em pesquisa avaliando plantas de quiabo sob condições de estresse salino verificaram uma redução de 40,29% na fitomassa seca de folhas na CEa de 5,0 dS m⁻¹.





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

Figura 3. Fitomassa seca de folhas - FSF (A), do caule - FSC (B), da parte aérea - FSPA (C), de raiz - FSR (D) e total – FST (E) e volume de raiz - VR (F) do quiabeiro cv Canindé, em função da solução nutritiva salina – CESn em cultivo hidropônico aos 63 dias após o transplântio.

Para a fitomassa seca do caule (Figura 3B), nota-se que as plantas sob solução nutritiva salina de 3,0 dS m⁻¹ alcançaram o valor máximo estimado de 88,62 g, enquanto as submetidas à CESn de 9,0 dS m⁻¹ expressaram a menor FSC 18,90 g. Nascimento et al. (2017) em pesquisa avaliando os efeitos dos níveis crescentes de condutividade elétrica da água (0,26 a 5,0 dS m⁻¹) em plantas de quiabeiro, também observaram redução de 11,17% por aumento unitário da condutividade elétrica da água.

A fitomassa seca da parte aérea do quiabeiro cv Canindé (Figura 3C) reduziu com o incremento da CESn, com decréscimo de 9,62% por aumento unitário da CESn. A redução no acúmulo de fitomassa ocorre devido aos efeitos osmóticos e iônicos, diminuindo a disponibilidade da água para as plantas, interferindo na expansão celular, induzindo o fechamento estomático, comprometendo a taxa fotossintética e consequentemente o crescimento da planta (LIMA et al., 2021). Oliveira et al. (2022), ao avaliarem o acúmulo de fitomassa seca da parte aérea de plantas de melão “gaúcho” sob a solução nutritiva salina (CESn 2,1 a 5,4 dS m⁻¹), também verificaram redução linear no acúmulo de fitomassas, sendo de 8,47% por incremento unitário da CESn.

A fitomassa seca de raiz do quiabeiro foi reduzida linearmente com o aumento da CESn, com diminuição de 9,11% por incremento unitário da CESn (Figura 3D). Ao comparar as plantas submetidas à CESn de 9,0 dS m⁻¹ em relação às cultivadas sob o menor nível salino da solução nutritiva (3,0 dS m⁻¹), verifica-se redução na FSR de 75,27%. A fitomassa seca total (Figura 3E) também reduziu de forma linear, com decréscimos de 9,53% por incremento

unitário da CESn. Nota-se que a FST das plantas de quiabeiro cv Canindé cultivadas sob CESn de 9,0 dS m⁻¹ diminuiu em 80,09% comparado com o menor nível salino da solução nutritiva. A diminuição de fitomassa seca das plantas quando submetidas à salinidade pode estar associado ao comprometimento da expansão celular, acarretando senescência das folhas, reduzindo a área fotossintética e a condutância estomática das plantas (JIA et al., 2018).

Para o volume de raiz do quiabeiro cv Canindé (Figura 3F), o maior valor estimado de 255,30 cm³ foi obtido nas plantas submetidas à CESn de 3,0 dS m⁻¹. O menor valor de 103,27 cm³ foi verificado na CESn de 9,0 dS m⁻¹, com redução de 59,55%. O efeito da salinidade sobre o sistema radicular ocorre devido ao contato direto entre as raízes e os sais do meio, ocasionando uma diminuição nas taxas de crescimento e transpiração (LIMA et al., 2014).

Verifica-se efeito significativo da solução nutritiva salina (CESn) para número de fruto por planta (NFP), comprimento médio de frutos (CMF) e peso médio de fruto por plantas (PMF) de plantas de quiabeiro cv Canindé cultivado em sistema hidropônico, aos 64 DAT (Tabela 3). As concentrações de ácido salicílico e a interação entre os fatores (CESn × AS) não influenciaram de forma significativa os componentes de produção do quiabeiro cv Canindé, aos 64 dias após o transplantio.

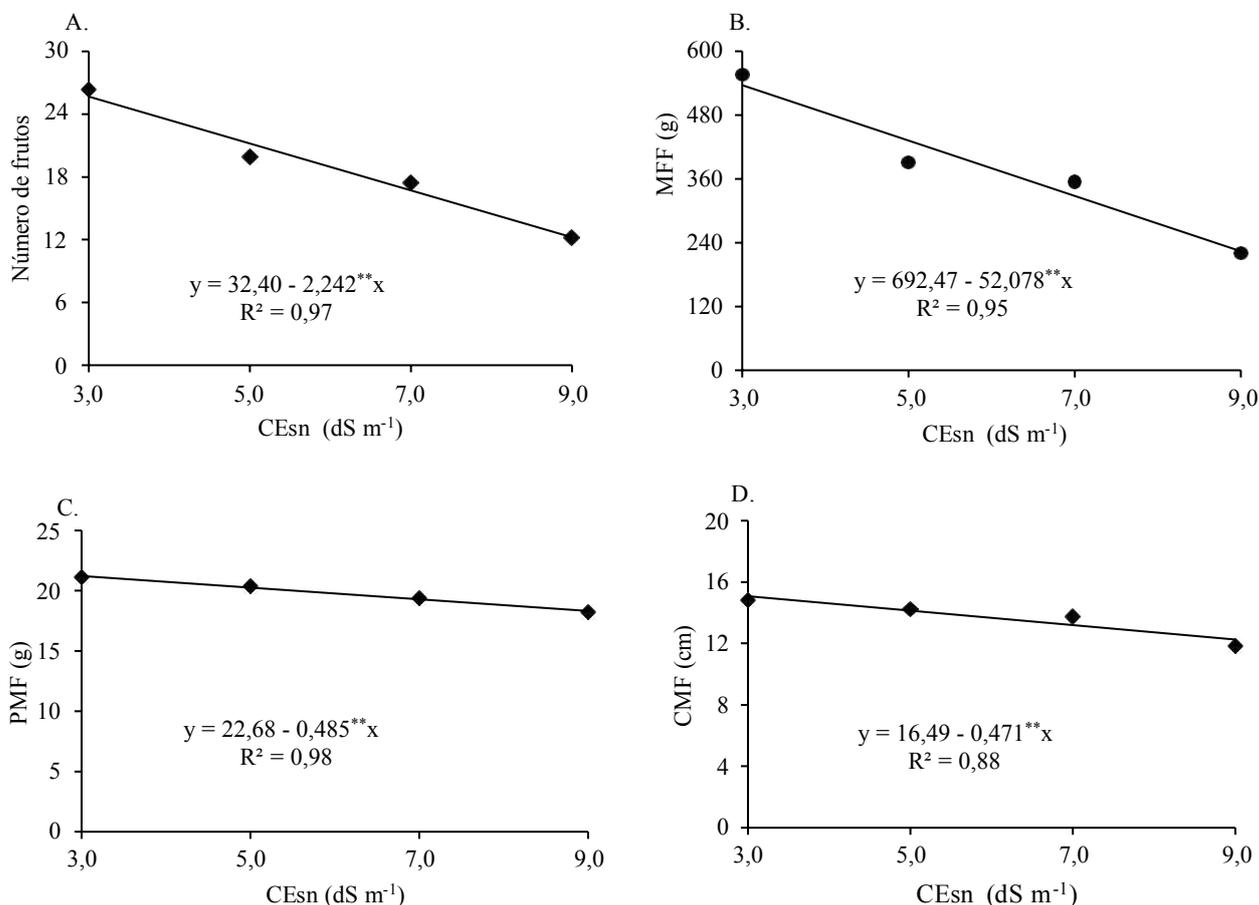
Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de fruto por planta (NFP), massa fresca de frutos (MFF), peso médio de fruto por plantas (PMF), comprimento médio de frutos (CMF), e diâmetro médio de frutos (DMF) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplantio.

Fontes de Variação	Quadrados médios					
	GL	NFP	MFF	PMF	CMF	DMF
Solução nutritiva salina (CESn)	3	412,68**	228345,33**	24,71**	19,91**	3,78 ^{ns}
Regressão linear	1	1206,01**	650884,60**	56,12**	53,12**	-
Regressão quadrática	1	4,68 ^{ns}	2759,65 ^{ns}	0,68 ^{ns}	5,40**	-
Residual 1	6	8,35	7101,16	2,52	0,20	1,70
Ácido Salicílico (AS)	3	5,95 ^{ns}	573,82 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Regressão linear	1	-	-	-	-	-
Regressão quadrática	1	-	-	-	-	-
Interação (CESn × AS)	9	5,95 ^{ns}	1731,03 ^{ns}	1,62 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,58 ^{ns}
Residual 2	26	5,79	3344,32	3,05	0,39	1,1
CV 1(%)		15,24	22,18	8,04	3,28	7,37
CV 2(%)		12,7	15,22	8,84	4,58	5,94

GL- grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; **significativo a 0,01 de probabilidade; ^{ns} não significativo.

O número de fruto por planta foi reduzido em 6,91% por incremento unitário da CESn da solução nutritiva (Figura 4A). Ao comparar as plantas submetidas à CESn de 9,0 dS m⁻¹ com o tratamento controle (3,0 dS m⁻¹), verifica-se redução no NFP de 52,39%. O excesso de sais na

água inibe a absorção de nutrientes e água pela planta, refletindo na produção das plantas (KAUSHAL; WANI, 2016). Dantas et al. (2022) em estudo avaliando produção de abobrinha italiana, em função da solução nutritiva salina (CEsn de 2,1 a 6,6 dS m⁻¹) observaram redução linear de 5,86% por incremento unitário dos níveis da solução nutritiva salina.



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

Figura 4. Número de fruto (A), massa fresca dos frutos – MFF (B), peso médio de fruto por plantas - PMF (C) e comprimento médio de frutos – CMF (D) do quiabeiro cv Canindé, em função da solução nutritiva salina – CEsn em cultivo hidropônico, aos 64 dias após o transplantio.

A massa fresca dos frutos do quiabeiro teve uma redução de 7,52% por incremento unitário da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 4B). Comparando-se em termos relativos das plantas submetidas à CEsn de 9,0 dS m⁻¹ em relação às cultivadas com solução nutritiva salina de 3,0 dS m⁻¹, constata-se declínio de 58,27%. A diminuição no peso dos frutos está relacionada com a realocação da energia devido ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, resultando assim na redução da energia metabólica nas plantas (SOUSA et al., 2021).

Na Figura 4C, observou-se para o peso médio de fruto do quiabeiro cv Canindé uma redução linear de 2,13% por incremento unitário de CEsn, correspondendo a um decréscimo de 13,71% quando as plantas foram irrigadas com 9,0 dS m⁻¹. (Figura 4C). A redução no peso dos frutos pode ser explicada pela alta concentração de sais na zona radicular, causando uma redução à fotossíntese e respiração, havendo alterações no crescimento celular, resultando na menor absorção de nutrientes pelas plantas (AYUB et al., 2021). Batista et al. (2021) constataram que o aumento da solução nutritiva salina (entre 2,5 e 8,5 dS m⁻¹) promoveu redução na produção de frutos de tomate cereja vermelho cultivado em sistema hidropônico, sendo o valor máximo estimado de 411,23 g por planta na salinidade de 3,76 dS m⁻¹.

O comprimento médio de frutos de quiabeiro também foi reduzido com o aumento da CEsn da solução nutritiva (Figura 4D), sendo a diminuição de 2,85% por incremento unitário da CEsn. Comparando-se em termos relativos das plantas submetidas à CEsn de 9,0 dS m⁻¹ em relação às cultivadas com solução nutritiva salina de 3,0 dS m⁻¹, constata-se declínio de 18,74%. A diminuição no tamanho dos frutos pode estar associada ao desvio de energia para a manutenção das atividades metabólicas, causando mudanças na distribuição de fotoassimilados entre os diferentes órgãos da planta (OLIVEIRA et al., 2022). Entretanto, o comprimento dos frutos de quiabeiro cv Canindé sob cultivo hidropônico e solução nutritiva salina está dentro do padrão definido para a classe 1A da CEAGESP (2022) maior que 12 cm para todas as condutividades da solução nutritiva salina analisada, dessa forma os quiabos estariam aptos a serem comercializados.

Conforme resultado da análise de variância (Tabela 4) verifica-se efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina e ácido salicílico (CEsn × AS) sobre o potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST) e ácido ascórbico (AA) do quiabeiro cv Canindé. De forma isolada houve efeito significativo da solução nutritiva salina (CEsn) e das concentrações de ácido salicílico (AS) sobre a qualidade pós-colheita dos frutos de quiabo (Tabela 4).

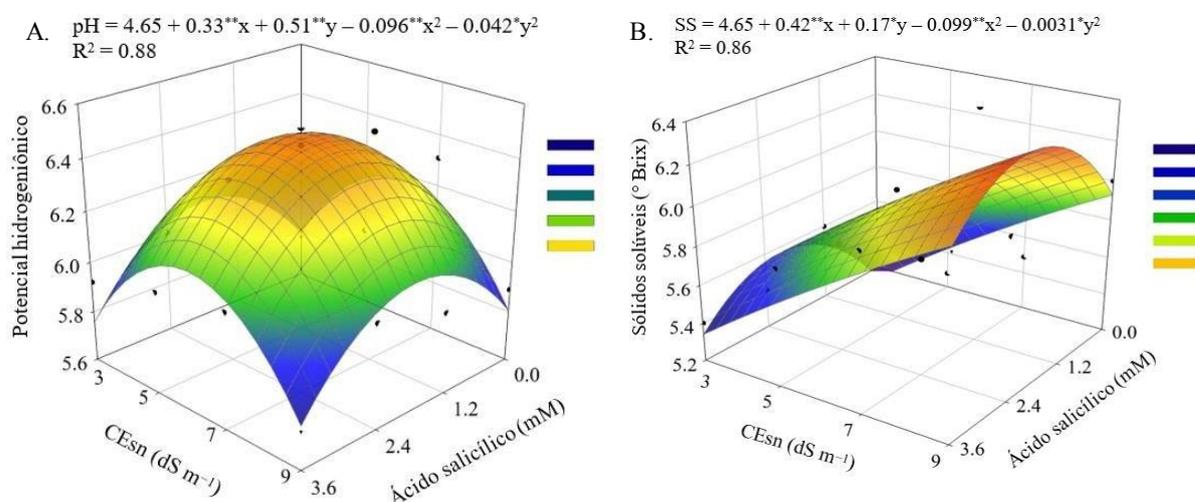
Tabela 4. Resumo da análise de variância para potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), açúcares solúveis totais (AST) e ácido ascórbico (AA) do quiabeiro cv Canindé cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de ácido salicílico (AS) em sistema hidropônico.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios				
		pH	SS	AT	AST	AA
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	0,086950**	0,063075**	0,090924*	0,820819**	0,280867**
Regressão linear	1	0,205335**	0,020535**	0,235000**	0,210634**	0,164327**
Regressão quadrática	1	0,045633**	0,147408**	0,235000 ^{ns}	0,454352**	0,224133**

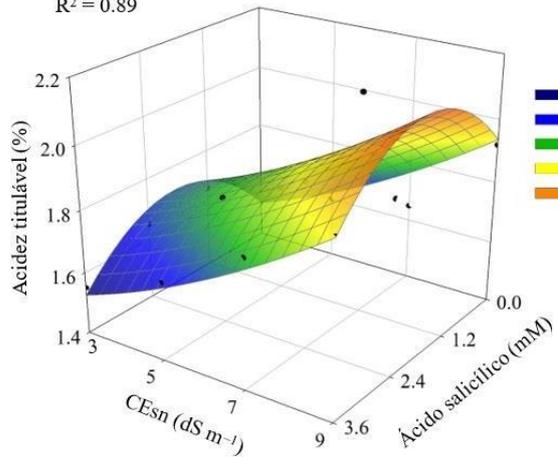
Residual 1	6	0,000548	0,000367	0,015081	0,000002	0,000002
Ácido Salicílico (AS)	3	0,220517**	0,858075**	0,159791**	0,456802**	0,016717**
Regressão linear	1	0,002802 ^{ns}	1,224082**	0,000700 ^{ns}	0,250260**	0,027735**
Regressão quadrática	1	0,360533**	0,980408**	0,379852 ^{ns}	0,977552**	0,020008**
Interação (CEsn × AS)	9	0,319500**	0,572519**	0,128941**	0,356163**	0,067039**
Residual 2	26	0,000661	0,000264	0,007387	0,000002	0,000002
CV 1(%)		0,39	0,33	6,80	0,11	0,13
CV 2(%)		0,43	0,28	4,76	0,11	0,13

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

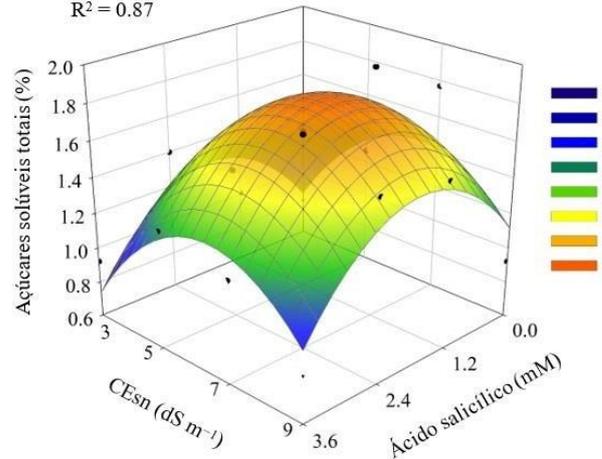
Para o potencial hidrogeniônico (pH) da polpa dos frutos de quiabeiro (Figura 5A), a salinidade da solução nutritiva de 6,4 dS m⁻¹ promoveu maior pH dos frutos 6,48 das plantas submetidas à concentração de 1,8 mM de AS. Enquanto o menor pH de 5,75 foi registrado nas plantas cultivadas sob a concentração de 3,6 mM e solução nutritiva de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 5A). O pH indica o grau de deterioração da qualidade do fruto e é um fator primordial na conservação da pós-colheita, uma vez que age como inibidor do crescimento de microrganismos (OLIVEIRA et al., 2019). Dantas et al. (2022) ao avaliarem os efeitos da solução nutritiva salina (CEsn entre 2,1 e 6,6 dS m⁻¹) na composição físico-química da pós-colheita dos frutos de abobrinha italiana em cultivo hidropônico, observaram redução de 1,94% por aumento unitário da CEsn, obtendo maior valor de 6,46 sob CEsn 2,1 dS m⁻¹.



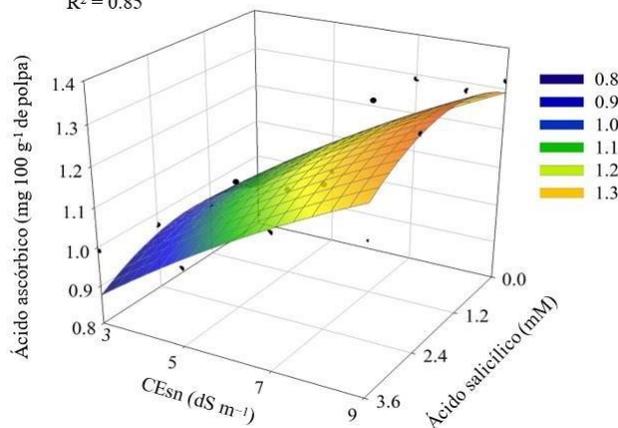
C. $AT = 1.41 + 0.22^{**}x + 0.022^{*}y - 0.0616^{**}x^2 + 0.0041^{*}y^2$
 $R^2 = 0.89$



D. $AST = -0.60 + 0.48^{**}x + 0.63^{**}y - 0.14^{**}x^2 - 0.049^{**}y^2$
 $R^2 = 0.87$



E. $AA = 0.66 + 0.067^{*}x + 0.092^{*}y - 0.021^{*}x^2 - 0.0023^{*}y^2$
 $R^2 = 0.85$



X e Y - Condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn e concentração de ácido salicílico - AS, respectivamente; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente

Figura 5. Potencial hidrogeniônico – pH (A), sólidos solúveis – SS (B), acidez titulável – AT (C), açúcares solúveis totais – AST (D) e ácido ascórbico – AA (E) dos frutos de quiabeiro cv Canindé, em função da interação entre níveis salinos da solução nutritiva – CEsn e concentrações de ácido salicílico em cultivo hidropônico.

Com relação aos sólidos solúveis (Figura 5B) verifica-se que as plantas cultivadas sob CEsn de $9,0 \text{ dS m}^{-1}$ obtiveram o maior valor estimado ($6,37 \text{ }^\circ\text{Brix}$) quando submetidas à concentração de $2,4 \text{ mM}$ de AS. Enquanto, o menor teor de SS ($5,13 \text{ }^\circ\text{Brix}$) foi observado nas plantas submetidas à concentração de 0 mM de ácido salicílico e CEsn de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$. Uma característica mais importante para produtos comercializados in natura são os sólidos solúveis, devido essa variável apresentar correlação com os teores de açúcares e ácidos orgânicos nos frutos. Oliveira et al. (2022) ao avaliarem a composição físico-química de frutos de meloeiro cv Gaúcho em cultivo hidropônico sob solução nutritiva salina, verificaram que os maiores

teores de sólidos solúveis (6,63 °Brix) foram obtidos em plantas submetidas à condutividade elétrica da solução nutritiva de 5,4 dS m⁻¹ e aplicação de 2,2 mM ácido salicílico.

Para acidez titulável (Figura 5C), constata-se que as plantas submetidas à CESn de 9,0 dS m⁻¹ e ácido salicílico na concentração de 2,10 mM obtiveram o maior valor (2,14%). Por outro lado, a menor AT de 1,51% foi verificada nas plantas cultivadas sob concentração de ácido salicílico 3,6 mM e CESn de 3,0 dS m⁻¹. O aumento da acidez titulável nos frutos de quiabeiro pode estar associada à redução da disponibilidade de água para planta devido ao efeito osmótico causado pelo excesso de sais na solução (Ó et al., 2021).

Constata-se que as plantas submetidas à CESn de 6,1 dS m⁻¹ e ácido salicílico na concentração de 1,50 mM obtiveram o maior valor de açúcares solúveis totais 1,57% (Figura 5D). Por outro lado, os menores teores de AST de 0,84% foi verificado nas plantas cultivadas sob concentração de AS 3,6 mM e CESn de 9,0 dS m⁻¹. O aumento nos teores de açúcares solúveis totais observado principalmente em plantas cultivadas sob o mais alto nível de CESn, pode estar associado à capacidade de sinalização de estresse promovido pelo ácido salicílico, conseqüentemente, a planta se ajustou osmoticamente como um mecanismo de defesa. Os açúcares podem atuar como protetores osmóticos durante a desidratação celular causada por estresses, como a restrição hídrica causada pelo efeito osmótico, como consequência do excesso de sais na água (MATOS FILHO & CARVALHO, 2020).

Em condições de maior salinidade da solução nutritiva (9,0 dS m⁻¹) a aplicação de ácido salicílico na concentração de 1,6 mM promoveu os maiores teores de ácido ascórbico (1,36 mg 100 g⁻¹ de polpa), (Figura 5E). Por outro lado, quando as plantas foram cultivadas na solução nutritiva de menor salinidade (3,0 dS m⁻¹), constata-se menor concentração de AA (0,88 mg 100 g⁻¹ de polpa) na concentração de 3,6 mM de AS. Nota-se que em um nível de condutividade elétrica moderado na solução nutritiva, os teores de ácido ascórbico tendem a se elevarem, o que incrementa o sabor ácido aos frutos, pois os efeitos do estresse salino induz ao dano oxidativo, crescendo a capacidade antioxidante das plantas através de uma maior concentração de ácido ascórbico (XU et al., 2008).

4. CONCLUSÕES

O aumento da solução nutritiva salina inibe a fluorescência máxima e variável, taxa de transporte de elétrons, acúmulo de fitomassas, volume da raiz, número e massa fresca de fruto por planta, no comprimento médio de frutos e peso médio de fruto por plantas do quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico sob salinidade da solução nutritiva a partir de 3,0 dS m⁻¹.

A aplicação exógena de 2,1 e 2,4 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina, de 9,0 dS m⁻¹ elevaram os teores de sólidos solúveis e acidez titulável respectivamente, em frutos de quiabeiro cv Canindé.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYUB, Q.; KHAN, S. M.; HUSSAIN, I.; GURMANI, A. R.; NAVEED, K.; MEHMOOD, A.; ALI, S.; AHMAD, T.; HAQ, N. U.; HUSSAIN, A. Mitigating the adverse effects of NaCl salinity on pod yield and ionic attributes of okra plants by silicon and gibberellic acid application. **Italus Hortus**, v. 28, p. 1-59, 2021.
- BATISTA, M. C.; NASCIMENTO, R. D.; MAIA JÚNIOR, S. D. O.; NASCIMENTO, E., BEZERRA; C. V. D. C.; LIMA, R. F. D. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 219•227, 2021.
- CARILLO, P.; CIRILLO, C.; MICCO, V. de; ARENA, C.; PASCALE, S. de; ROUPHAEL, Y. Morpho-anatomical, physiological and biochemical adaptive responses to saline water of *Bougainvillea spectabilis* Willd. trained to different canopy shapes. **Agricultural Water Management**, v. 212, p. 12–22, 2019.
- CEAGESP. Classificação do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L. (Moench)). São Paulo: Centro de qualidade em horticultura – CEAGESP, 2022. Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/quiabo/>> Acesso em: 04 Jan. 2023.
- CRUZ, A. F. S.; SILVA, G. F.; SILVA, E. F. F.; SOARES, H. R.; SANTOS, J. S. G.; LIRA, R. M. Stress index, water potentials and leaf succulence in cauliflower cultivated hydroponically with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 622-627, 2018.

- DANTAS, M. V.; LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, P. C. C.; SOARES, L. A. dos A. Gas exchange and hydroponic production of zucchini under salt stress and H₂O₂ application. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 436 - 449, 2022.
- FREIRE, M. H. C.; SOUSA, G. G.; SOUZA, M. V. P.; CEITA, E. D. R.; FIUSA, J. N.; LEITE, K. N. Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 471- 475, 2018.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Circular. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, v. 347, p. 32, 1950.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. ed. 4, p. 1020, 2008.
- ISLA. Arquivo online: <https://www.isla.com.br/arquivos-para-download/catalogos> (acesso em 5 de março de 2023).
- JIA, J.; HUANG, C.; BAI, J.; ZHANG, G.; ZHAO, Q.; WEN X. Effects of drought and salt stresses on growth characteristics of *Euhaloiphyte suaeda* salsa in coastal wetlands. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 103, p. 68-74, 2018.
- KAYA, C.; ASHRAF, M.; ALYEMENI, M. N.; AHMAD, P. The role of endogenous nitric oxide in salicylic acid-induced up-regulation of ascorbate-glutathione cycle involved in salinity tolerance of pepper (*Capsicum annuum* L.) plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 147, p. 10-20, 2020.
- LIMA, G. S. de; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; SILVA, A. O. Crescimento e componentes de produção da mamoneira sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Engenharia Agrícola**, v. 34, p. 854-866, 2014.
- LIMA, G. S. de; DIAS, A. D.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SILVA, A. A. R. da. Eficiência fotoquímica, partição de fotoassimilados e produção do algodoeiro sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 214-225, 2019.
- LIMA, B. R.; OLIVEIRA, E. P.; DONATO JÚNIOR, E. P.; BEBÉ, F. V. Uso e qualidade de água subterrânea utilizada por agricultores familiares no Território Sertão Produtivo, Estado da Bahia, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, p. 679-689, 2020.
- LIMA, G. S. de; SOARES, M. G. da S.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; PINHEIRO, F. W. A.; SILVA, J. B. da. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour

- passion fruit seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, p. 393-401, 2021.
- LIRA, R. M.; SILVA, Ê. F. F.; SILVA, G. F.; SOARES, H. R.; WILLADINO, L. G. Growth, water consumption and mineral composition of watercress under hydroponic system with brackish water. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 13-19, 2018.
- MA, X.; ZHENG, J.; ZHANG, X.; HU, Q.; QIAN, 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, p. 600, 2017.
- MATOS FILHO, H. A.; CARVALHO, R. de C. M. Análise de carboidratos solúveis em plantas de arroz. **Cientific@ Multidisciplinary Journal**, v. 7, p. 1-8, 2020.
- NASCIMENTO, P. dos S.; PAZ, V. P. da S.; FRAGA JÚNIOR, L. S.; COSTA, I. P. Crescimento vegetativo do quiabeiro em função da salinidade da água de irrigação e da adubação nitrogenada. **Colloquium Agrariae**, v. 13, p. 10-15, 2017.
- Ó, L. M. G. do; COVA, A. M. W.; AZEVEDO NETO, A. D. de; SOUZA, M. G.; SANTOS, A. L.; GHEYI, H. R. Production, water-use efficiency and post-harvest quality of hydroponic mini watermelon under salinity stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. 1-8, 2021.
- OLIVEIRA, L. A. de; SILVA, E. C. da; CARLOS, L. de A.; MACIEL, G. M. Phosphate and potassium fertilization on agronomic and physico-chemical characteristics and bioactive compounds of eggplant. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 291-296, 2019.
- OLIVEIRA, T. W. N.; DAMASCENO, A. N. C.; OLIVEIRA, V. A. de; SILVA, C. E. de O.; BARROS, N. V. dos S.; MEDEIROS, M. M. L. de, ARAÚJO, I. M. da S.; MEDEIROS, S. R. A. Physico-chemical and sensory characterization of cookie type cookies made with eggplant flour (*Solanum melongena* L.) and okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Brazilian Journal of Development**, v. 6. p. 14259–14277, 2020.
- OLIVEIRA, V. K. N.; G. S. LIMA, G. S.; SOARES, M. D. M.; SOARES, L. A. A.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R.; PAIVA, F. J. S.; MENDONÇA A. J. T.; FERNANDES, P. D. Salicylic acid does not mitigate salt stress on the morphophysiology and production of hydroponic melon. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, e262664, 2022.
- SANTOS, R. H. S.; REIS, L. S.; DIAS, M. dos S.; SILVA, F. de A. da; SANTOS, J. P. de O.; SANTOS, S. C. dos.; REIS, L. S.; TAVARES, C. L. Desempenho da rúcula sob condições

- de sombreamento e níveis de salinidade da água de irrigação. **Colloquium Agrariae**, v. 16, p. 38-45, 2020.
- SANTOS, H. C.; PEREIRA, E. M.; MEDEIROS, R. L. S. de; COSTA, P. M. de A.; PEREIRA, W. E. Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 97-102, 2019.
- SAUSEN, D.; FERREIRA, C. R. L.; LOPES, S. C. D.; MARQUES, L. P.; SOUZA, A. J. M. de; ALVES, E. C. G. de A.; CORDEIRO, K. A. S. Cultivo fora do solo: uma alternativa para áreas marginais. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 14888- 14903, 2020.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. de S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1092-1101, 2020.
- SILVA, S. S. da; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Quantum yield, photosynthetic pigments and biomass of mini-watermelon under irrigation strategies and potassium. **Revista Caatinga**, v. 34, p. 659-669, 2021.
- SOUSA, B. E. L.; SOUSA, G. G.; MENDONÇA, A. M.; SANTOS, M. F.; SILVA JUNIOR, F. B. and MORAES, J. G. L. Irrigação com água salina e uso de substratos na cultura do feijão-caupi. **Nativa**, v. 9, p. 86-91, 2021.
- SOUZA, L. P.; NOBRE, R. G.; SILVA, E. M.; LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W. A.; ALMEIDA, L. L. S. Formation of 'Crioula' guava rootstock under saline water irrigation and nitrogen doses. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 739-745, 2016.
- TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, p.138-149, 2014.
- XU, G.; LIU, D.; CHEN, J.; YE, X.; MA, Y.; SHI, J. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. **Food Chemistry**, v. 106, p. 545-551. 2008.
- YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, p. 508-515, 1954.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O quiabeiro cv Canindé é uma hortaliça fruto com relevância para pequenos agricultores do Brasil, devido sua rusticidade e adaptação em regiões de clima tropical e subtropical. Possui grande importância nutricional em quantidades consideráveis de fibras e sais minerais. É uma cultura com grande potencial para exploração no Semiárido nordestino, com alta relevância socioeconômica para o homem do campo.

Devido a irregularidades das precipitações na região e altas taxas de evapotranspirações, a disponibilidade dos recursos hídricos de boa qualidade reduz, se concentrando altos teores de sais nas águas disponíveis no período de escassez hídrica, dificultando a produção em cultivos durante todo o ano.

O cultivo hidropônico é uma alternativa viável nessas regiões e possibilita aos agricultores utilizar águas que possuem concentrações elevadas de sais, economizando em até 70% em relação aos sistemas convencionais. Essa viabilidade na utilização de águas salinas nesse sistema é devido à ausência do potencial matricial uma vez que é realizado sem solo ou quaisquer outro substrato.

O excesso de sais provoca prejuízo no desenvolvimento das culturas, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, ocasionando distúrbios osmóticos e nutricionais, prejudicando a produção e qualidade dos frutos. Para reduzir os efeitos deletérios da salinidade nas plantas, o uso de atenuadores do estresse é uma estratégia viável, como o ácido salicílico, um fitormônio capaz de ativar genes que atuam no sistema de defesa da planta, reduzindo os efeitos ocasionados pelo estresse salino.

Em uma abordagem generalizada dos resultados obtidos no presente estudo é possível observar que o aumento dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 3,0 dS m⁻¹, inibe a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas foliares, a fluorescência máxima e variável e a taxa de transporte de elétrons quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico aos 64 dias após o transplantio.

Conforme foi observado, a condutividade elétrica da solução nutritiva acima de 3,0 dS m⁻¹ ocasiona prejuízos no crescimento, volume de raiz, número e massa fresca de fruto por planta, no comprimento médio de frutos e peso médio de frutos de quiabeiro cv Canindé em cultivo hidropônico. A aplicação exógena de 1,8 e 2,4 mM de ácido salicílico associado à solução nutritiva salina de 4,0 e 9,0 dS m⁻¹, respectivamente amenizou o estresse salino nos teores de

clorofila *a* e *b* e produção de frutos respectivamente na cultura do quiabeiro cv Canindé, em sistema hidropônico tipo NFT.

A aplicação exógena de 2,1 e 2,4 mM de ácido salicílico associadas à solução nutritiva salina de 9,0 dS m⁻¹, amenizaram os efeitos do estresse salino no conteúdo de sólidos solúveis e na acidez titulável respectivamente, em frutos de quiabeiro cv Canindé. Por fim, pode-se recomendar para futuras pesquisas, testar a frequência e concentrações em diferentes condutividades elétrica da solução nutritiva salina, com a finalidade de validar os resultados obtidos no presente estudo.

APÊNDICES

CAPÍTULO II



APÊNDICE 1. Semeadura do quiabeiro em recipientes plásticos (A) e disposição das plantas nos perfis hidropônicos (B) aos 5 dias após o transplântio.



APÊNDICE 2. Visão geral do experimento: fase vegetativa (A) e em plena floração das plantas (B) de quiabeiro.

CAPÍTULO III



APÊNDICE 1. Visão geral do experimento: fase frutificação (A) e em plena produção das plantas (B) de quiabeiro.



APÊNDICE 2. Avaliação da qualidade pós-colheita dos frutos: caracterização física (A) e química dos frutos (B) em quiabeiro.