



**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

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE TOMATE CEREJA UTILIZANDO SOLUÇÕES
NUTRITIVAS SALINAS E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

MARIA AMANDA GUEDES

CAMPINA GRANDE - PB

JULHO - 2023

MARIA AMANDA GUEDES

Engenheira Agrônoma

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE TOMATE CEREJA UTILIZANDO SOLUÇÕES
NUTRITIVAS SALINAS E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

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. Hans Raj Gheyi

Prof. Dr. Geovani Soares de Lima

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO – 2023

G924c

Guedes, Maria Amanda.

Cultivo hidropônico de tomate cereja utilizando soluções nutritivas salinas e peróxido de hidrogênio / Maria Amanda Guedes. – Campina Grande, 2023.

90 f. : il. color.

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

"Orientação: Prof. Dr. Hans Raj Gheyi, Prof. Dr. Geovani Soares de Lima".

Referências.

1. Tomate (*Solanum lycopersicum L.*). 2. Estresse Salino. 3. Espécie Reativa de Oxigênio. 4. Cultivo sem Solo. I. Gheyi, Hans Raj. II. Lima, Geovani Soares de. III. Título.

CDU 635.64(043)

22/08/2023 10:22

SEI/UFCG - 3599761 - PRPG-Folha de Assinatura para Teses e Dissertações



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

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

MARIA AMANDA GUEDES

**CULTIVO HIDROPÔNICO DE TOMATE CEREJA
UTILIZANDO SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALINAS
E PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO**

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

Aprovada em: 17/07/2023

Hans Raj Gheyi - Orientador(a) - PPGEA/CTR/UFCE

Geovani Soares de Lima - Orientador(a) - PPGEA/CTR/UFCE

Carlos Alberto Vieira de Azevedo - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTR/UFCE

Jackson Silva Nóbrega - Examinador(a) Externo(a) - PDJ/UFCE

Luderlândio de Andrade Silva - Examinador(a) Externo(a) - PDCTR/UFCE



Documento assinado eletronicamente por **Hans Raj Gheyi, Usuário Externo**, em 20/07/2023, às 17:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **GEOVANI SOARES DE LIMA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR-VISITANTE**, em 20/07/2023, às 18:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUDERLANDIO DE ANDRADE SILVA, Usuário Externo**, em 20/07/2023, 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](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS ALBERTO VIEIRA DE AZEVEDO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 23/07/2023, às 09:29, 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 24/07/2023, às 18:52, 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 **3599761** e o código CRC **772FA18F**.

AGRADECIMENTOS

Gratidão

A Deus, antes de tudo, por estar presente em todos os momentos da minha vida, dando-me força, coragem, determinação para continuar e nunca me deixar perder a fé.

Aos meus pais, José Agripino e Maria Gorete, pelo dom da vida, pelo amor incondicional e cuidado constante que sempre me proporcionaram.

Aos meus irmãos por todo apoio, por compartilharem este sonho junto comigo.

Ao meu companheiro e noivo, Geovane Raionilson, que sempre está disposto a me ajudar, incentivar e aconselhar, amparando-me nos momentos de dificuldade e nunca me deixando desistir. Juntos, conseguimos!

A meus orientadores, Professores Hans Raj Gheyi e Geovani Soares de Lima, por todo conhecimento transmitido pela paciência, dedicação e compreensão.

Ao grupo de pesquisa Manejo de Água, Solo e Planta nos sistemas de produção irrigados (MASP) da Universidade Federal de Campina Grande, em especial Valeska, Luderlândio, Larissa e Pedro. Gratidão por todo apoio e dedicação na condução do trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Este trabalho não representa somente uma conquista minha, mas a de todos aqueles que comigo caminharam para que eu chegasse até aqui

Grata!

Dedico esta dissertação a meus pais e, em especial, a meu noivo e companheiro Geovane Raionilson. Agradeço por todo o apoio e compreensão que me proporcionaram, durante todo o tempo que me dediquei a esta conquista. Juntos, conseguimos.

Todas as vitórias ocultam uma abdicação.

Simone de Beauvoir

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xv
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	18
1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Específicos.....	20
3. REVISÃO DE LITERATURA	21
3.1 Aspectos gerais do tomate cereja.....	21
3.2 Disponibilidade e qualidade da água no semiárido do Nordeste brasileiro.....	22
3.3 Tolerância das plantas à salinidade	23
3.5 Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino em plantas	25
3.6 Cultivo hidropônico	26
4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
CAPÍTULO II: MATERIAL E MÉTODOS GERAL	34
1. Localização da área experimental	34
2. Delineamento experimental e tratamentos	34
3. Cultivar estudada.....	35
4. Instalação e condução do experimento.....	35
5. Preparo e manejo das soluções nutritivas salinas	36
6. Preparo e aplicação do peróxido de hidrogênio	37
7. Variáveis analisadas	37
7.1 Variáveis fisiológicas	37
7.1.1 Trocas gasosas.....	37
5.2 Crescimento	38
5.3 Pigmentos fotossintéticos	39
5.4 Conteúdo relativo de água	40
5.5 Variáveis de produção	40
5.6 Variáveis de qualidade pós-colheita	40
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
CAPÍTULO III: H₂O₂ COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA E CRESCIMENTO DE TOMATE CEREJA HIDROPÔNICO	44

RESUMO	44
ABSTRACT	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
4. CONCLUSÕES	64
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CAPÍTULO IV: PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO.....	69
RESUMO	69
ABSTRACT	70
1. INTRODUÇÃO	71
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4. CONCLUSÕES	85
5. REFERÊNCIAS	85
CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS	91

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

- Tabela 1.** Composição química da solução nutritiva recomendada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do tomate cereja..... 48
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea do uso da água (*EUA*), eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) e eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) das plantas do tomate cereja cultivadas com solução nutritiva salinas (CESn) e aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 65 dias após o transplântio..... 52
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (*F₀*), fluorescência máxima (*F_m*), fluorescência variável (*F_v*), eficiência quântica do fotossistema II (*F_v/F_m*) e eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II na fase escura (*F_v/F₀*) de plantas de tomateiro cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplântio..... 57
- Tabela 4.** Resumo da análise de variância para os teores de clorofila *a* (*Cl a*), clorofila *b* (*Cl b*), clorofila *a/b* (*a/b*), clorofila total (*Cl T*), carotenoides (*Car*) e conteúdo relativo de água (CRA) das plantas de tomate cereja, cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 65 dias após o transplântio. 59
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância para altura de plantas (*AP*), diâmetro do caule (*DC*), número de folhas (*NF*), fitomassa seca de folhas (*FSF*), de caule (*FSC*) e de raiz (*FSR*) das plantas de tomate cereja, cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 70 dias após o transplântio.. 61

CAPÍTULO III

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância referente ao número de frutos por planta (*NFP*), peso médio de fruto (*PMF*), produção total por planta (*PTP*), diâmetro polar do fruto (*DPF*) e diâmetro equatorial do fruto (*DEF*) do tomate-cereja cultivado com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em sistema hidropônico, na colheita realizada no período de 40 a 70 dias após o transplântio..... 76
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância referente ao potencial hidrogeniônico (pH), ácido

ascórbico (AA), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e umidade (UMI) dos frutos de tomate cereja cultivados em sistema hidropônico com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. 81

Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a cinzas (CI), fibras (FIB), condutividade elétrica (COND) e açúcares totais (AÇT) dos frutos de tomate cereja, cultivados em sistema hidropônico com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. 84

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 1. Dados médios diários de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental.....	34
Figura 2. Disposição das plantas de tomate cereja no sistema hidropônico na casa de vegetação, aos 50 dias após o transplântio	35
Figura 3. Semeadura na fibra de coco (A) e disposição das plantas (B) nos perfis hidropônicos.....	37
Figura 4. Determinação das trocas gasosas (A) e fluorescência da clorofila <i>a</i> (B) nas plantas de tomate cereja	38
Figura 5. Determinação dos teores de pigmentos fotossintéticos das plantas de tomate cereja.....	40

CAPÍTULO III

Figura 1. Dados médios diários de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental.....	48
Figura 2. Condutância estomática - <i>g_s</i> (A), concentração interna de CO ₂ - <i>C_i</i> (B) e eficiência intrínseca do uso da água - <i>EiUA</i> (C) das plantas de tomate cereja, em função da interação entre solução nutritiva salina – CEsn e concentrações de peróxido de hidrogênio – H ₂ O ₂ em sistema hidropônico, aos 65 dias após o transplântio.....	54
Figura 3. Transpiração - <i>E</i> (A), taxa de assimilação de CO ₂ - <i>A</i> (B) e eficiência instantânea de carboxilação - <i>EiCi</i> (C) das plantas de tomate cereja, em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn em sistema hidropônico, aos 65 dias após o transplântio.	56
Figura 4. Fluorescência máxima (A), e variável (B) das plantas de tomate cereja, em função dos níveis salinos da solução nutritiva - CEsn em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplântio...	58

CAPÍTULO IV

Figura 1. Temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento.....	73
Figura 2. Cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico do tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente – NFT em diferentes estádios de desenvolvimento.	75
Figura 3. Número de frutos por planta - NFP (A) do tomate cereja, em função da interação	

entre as concentrações de peróxido de hidrogênio e dos níveis de salinidade da solução nutritiva - CEsn peso médio de fruto - PMF (B), em função da Ecsn, produção total por planta – PTP em função dos níveis de CEsn (C) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (D)..... 78

Figura 4. Diâmetro polar (A) e equatorial (B) dos frutos de tomate cereja cultivado em sistema hidropônico em função dos níveis de salinidade da solução nutritiva - CEsn, na colheita realizada no período de 40 a 70 dias após o transplântio..... 80

Figura 5. Potencial hidrogeniônico - pH (A) e acidez titulável - AT (B) da polpa do tomate cereja em função da salinidade da solução nutritiva e acidez titulável - AT (C) em função das concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), aos 70 dias após o transplântio. 82

Figura 6. Ácido ascórbico – AA (A) e sólidos solúveis (°Brix) – SS (B) da polpa de tomate cereja em função da interação da salinidade da solução nutritiva (ECns) e das concentrações peróxido de hidrogênio (H_2O_2)..... 83

Figura 7. Açúcares totais da polpa de tomate cereja em função da interação da salinidade da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2)..... 85

GUEDES, M. A. **Cultivo hidroponico de tomate cereja utilizando soluções nutritivas salinas e peróxido de hidrogênio**. 2023. 90p. Dissertação (Mestrado em EngenhariaAgrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e RecursosNaturais. Campina Grande, PB.

RESUMO GERAL

Na região semiárida, a água salina pode ser uma alternativa para produção agrícola durante os períodos de escassez hídrica. Entretanto, é necessário o uso de estratégias capazes de amenizar os impactos da salinização e/ou sodificação dos solos e os efeitos do estresse salino sobre as plantas. Dentre as alternativas, destacam-se o cultivo em sistema hidropônico e a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação foliar do peróxido de hidrogênio na fisiologia, crescimento, produção e qualidade pós-colheita de tomate cereja em um sistema hidropônico utilizando soluções nutritivas salinas. O trabalho foi conduzido em casa de vegetação, em Pombal – PB, utilizando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo consideradas as parcelas com quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CE_{sn} (2,1 - controle; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m⁻¹), e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ (0; 12; 24; 36 e 48 μM), como as subparcelas, com três repetições e duas plantas por parcela. O sistema de cultivo utilizado foi o hidropônico tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente – NFT e a aplicação do H₂O₂ foi feita no final da tarde com borrifadores manuais via foliar. A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio na concentração de 24 μM associadas à solução nutritiva salina de 2,1 dS m⁻¹, resultou em maior condutância estomática das plantas de tomate cereja, aos 65 dias após o transplântio. No entanto, o aumento da salinidade a partir de 2,8 dS m⁻¹ afetou negativamente a morfofisiologia e os pigmentos fotossintéticos do tomate cereja. A condutividade elétrica da solução nutritiva acima de 2,1 dS m⁻¹ foi prejudicial aos componentes de produção para número de frutos por planta, produção total por planta, peso médio de fruto, diâmetro polar do fruto e diâmetro equatorial do fruto. Entretanto, promoveu melhorias na qualidade pós-colheita para o potencial hidrogeniônico, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e açúcares totais dos frutos. As concentrações de 22 e 25 μM de peróxido de hidrogênio atenuaram os efeitos nocivos do estresse salino sobre o número de frutos e os teores de ácido ascórbico, além de favorecer uma maior produção total de frutos de tomate cereja por planta.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., estresse salino, espécie reativa de oxigênio, cultivo sem solo

GUEDES, M. A. **Hydroponic cultivation of cherry tomatoes using saline nutrient solutions and hydrogen peroxide.** 2023. 90p. Dissertation (Master in Agricultural Engineering). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

GERAL ABSTRACT

In the semi-arid region, saline water can be used for production during periods of water scarcity. However, it is necessary to use strategies capable of mitigating the impacts of salinization and/or sodification of soils and the effects of salt stress on plants. Among the alternatives, cultivation in a hydroponic system and foliar application of hydrogen peroxide stand out. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of foliar application of hydrogen peroxide on the physiology, growth, production, and postharvest quality of cherry tomatoes grown in a hydroponic system using saline nutrient solutions. The assay was carried out in a greenhouse, in Pombal - PB, using a completely randomized experimental design, in a split-plot scheme, with the levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECns (2.1 – control, 2.8, 3.5, and 4.2 dS m⁻¹), considering the plots and five concentrations of hydrogen peroxide – H₂O₂ (0, 12, 24, 36, and 48 μM), the subplots, with three replications and two plants per plot. The cultivation system used was the hydroponic type Nutrient Laminar Flow Technique - NFT. The foliar application of hydrogen peroxide at a concentration of 24 μM associated with a saline nutrient solution of 2.1 dS m⁻¹ resulted in a greater stomatal conductance of cherry tomato plants, 65 days after transplanting. However, salinity increases from 2.8 dS m⁻¹. negatively affected the morphophysiology and photosynthetic pigments of cherry tomatoes. The electrical conductivity of the nutrient solution above 2.1 dS m⁻¹ was detrimental to the yield components for number of fruits per plant, total yield per plant, average fruit weight, polar fruit diameter, and equatorial fruit diameter. However, it promoted improvements in postharvest quality for hydrogen ion potential, ascorbic acid, soluble solids, titratable acidity, and total fruit sugars. The concentrations of 22 and 25 μM of hydrogen peroxide attenuated the harmful effects of saline stress on the number of fruits and ascorbic acid levels, in addition to favoring a greater total production of cherry tomato fruits per plant.

Key words: *Solanum lycopersicum* L., salt stress, reactive oxygen species, soilless cultivation

CAPÍTULO I: CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

1. INTRODUÇÃO GERAL

O tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L.) é uma hortaliça pertencente à família Solanaceae, que se destaca pelos frutos de menor tamanho e sabor adocicado, diferentes de outras variedades, com suas dimensões variando entre 2,0 a 3,0 cm (GONÇALVES et al., 2018). É uma das olerícolas de maior importância econômica e também uma das mais difundidas no mundo, devido a sua grande aceitabilidade e consumo (QUINTANILHA et al., 2019). Em 2022, a safra nacional de tomate, envolvendo os segmentos de mesa e processamento, alcançou um total de 3.856.430 t, das quais 434.598 t foram produzidas no Nordeste, sendo a Paraíba responsável por 19.059 t (IBGE, 2022).

A sua exploração é limitada em regiões áridas e semiáridas devido à escassez em quantidade e qualidade das fontes hídricas, provocado pela distribuição irregular das precipitações e altas temperaturas impulsionando a evaporação, sendo de suma importância o uso da irrigação para garantir a produção (RODRIGUES et al., 2018). Todavia, nesta região é comum a presença de fontes hídricas com altos teores de sais (LIMA et al., 2019). Desta forma, a irrigação com água salina tornou-se uma necessidade para expansão das áreas irrigadas, principalmente em épocas de estiagem, situação que predomina a maioria dos meses durante o ano (SOUZA et al., 2019).

Nessa região, a salinidade da água varia dependendo da época do ano, geologia do local e fonte hídrica, podendo atingir condutividade elétrica de 0,3 a 3,0 dS m⁻¹ (SOUZA et al., 2023), causando alterações na fisiologia, crescimento e produção das plantas de tomateiro, consideradas moderadamente sensíveis à salinidade da água, com salinidade limiar da água de 2,5 dS m⁻¹ (AYERS; WESTCOT, 1999). No entanto, o nível de tolerância das plantas ao estresse salino depende da cultivar e das estratégias de manejo de solo e água (SILVA et al., 2018). Os efeitos da salinidade são atribuídos aos efeitos osmóticos (restrição na absorção de água) e iônicos (toxicidade específica), além dos efeitos secundários como o estresse oxidativo (SILVA et al., 2018).

Assim, é imprescindível a busca por estratégias capazes de amenizar os efeitos do estresse salino sobre as plantas e a salinização e/ou solidificação dos solos. Neste contexto, a hidroponia surge como uma alternativa promissora, uma vez que nestes cultivos o efeito dos sais sobre as plantas é minimizado em comparação aos cultivos em solo, devido à ausência do

potencial matricial, aumentando a energia livre da água, facilitando assim sua absorção pelas plantas (SAUSEN et al., 2020).

Outra alternativa que vem sendo utilizada na redução do efeito deletério do estresse salino nas plantas é a aplicação foliar de substâncias atenuantes, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) que em baixas concentrações atua no sistema antioxidante de defesa das plantas, neutralizando a ação do estresse oxidativo (ÍSERI et al., 2013).

Com o propósito de avaliar a eficiência do peróxido de hidrogênio na mitigação dos efeitos deletérios da salinidade da água, alguns estudos foram realizados com diferentes culturas, a exemplo do milho (SILVA et al., 2016), abobrinha italiana (DANTAS et al., 2022), mini melancia (SILVA et al., 2022), maracujá-azedo (ANDRADE et al., 2019) constatando diminuição do efeito do estresse salino com o uso de H_2O_2 .

Considerando-se a importância da produção de hortaliças no agronegócio e a necessidade de seu cultivo sob condições irrigadas no semiárido do Nordeste brasileiro, é de extrema importância o desenvolvimento de pesquisas que tenham como propósito a identificação de estratégias capazes de amenizar os efeitos do estresse salino sobre as plantas, destacando-se o cultivo hidropônico, uma vez que o mesmo torna-se uma opção para a utilização de águas com teores de moderado a alto níveis de sais provocando assim uma minimização da degradação dos solos, ou com a utilização do peróxido de hidrogênio, induzindo a tolerância desta cultura ao estresse salino.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio na fisiologia, crescimento, produção e qualidade pós-colheita de frutos de tomate cereja cultivado com solução nutritiva salina em sistema hidropônico tipo NFT.

2.2 Específicos

- Avaliar o crescimento das plantas de tomate cereja cultivado com solução nutritiva salina e aplicação de peróxido de hidrogênio;
- Analisar os teores de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila das plantas de tomate cereja em função da solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio;
- Avaliar a produção e a qualidade pós-colheita dos frutos do tomate cereja cultivado em solução nutritiva salina e com aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em cultivo hidropônico; e
- Identificar a concentração de peróxido de hidrogênio capaz de amenizar os efeitos do estresse salino sobre as plantas de tomate cereja em sistema hidropônico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos gerais do tomate cereja

O tomate (*Solanum lycopersicon* L.) é uma espécie cosmopolita, amplamente distribuída em todas as partes do mundo. Originária da cultivar cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) cultivada inicialmente na costa oeste da América do Sul, região da cordilheira dos Andes, que abrange do Norte do Chile até o Equador, sendo inicialmente utilizada como planta de jardim de caráter decorativo, onde acreditava-se que a coloração vermelha dos frutos era relacionada com alguma toxicidade (ALVARENGA, 2004; FILGUEIRA, 2008).

É uma planta herbácea, cultivada anualmente, embora seja perene, com porte arbustivo, possui hábito de crescimento peculiar com destaque para o indeterminado, característico das variedades de mesa que requerem tratos culturais, como podas e estacas para melhor desenvolvimento vegetativo. Depois da produção das inflorescências, o crescimento é cessado (FILGUEIRA, 2008).

Essa cultura apresenta um sistema radicular composto, com raiz axial que se desenvolve até atingir 50 cm ou mais de profundidade, sendo essas do tipo pivotante. O tomateiro tem caule de 1,2 a 1,5 m de comprimento, ramificado, rasteiro ou trepador, flexível, com pelos simples ou glandulares; inicialmente é ereto, mas com o aumento do peso das ramas necessita de tutoramento. As folhas são alternas e compostas por 7 a 9 folíolos as flores hermafroditas, cálice curto e peludo, sépalas persistentes, cor amarela e recurvas quando maduras. Os frutos são do tipo baga, variando seu formato de redondo, oblongo achatado ou piriforme, sua coloração varia de verde, passando pelo amarelo, laranja, rosado até o vermelho vivo, de acordo com a cultivar, com número de lóculos variados, conforme a cultivar (FONTES, 2005; FILGUEIRA, 2008; ROCHA, 2009; ALBINO, 2016).

O cultivo de tomate cereja consiste em uma atividade de grande importância socioeconômica. Além de satisfazer as necessidades nutricionais da população, é uma cultura rentável, que permite a participação de toda a família, servindo também para a complementação alimentar, pois é fonte de fibras, vitaminas, proteínas e minerais essenciais ao ser humano (PEREIRA; PEREIRA, 2016).

Trata-se de uma cultivar popular, com consumidores encontrados em todo o mundo. Seus frutos de tamanho pequeno têm sabor delicado e suculento, e são excelentes para a

alimentação fresca, usadas frequentemente em saladas (LIU et al., 2018). O alto consumo do tomate se deve a diversas propriedades antioxidantes, como o betacaroteno, a presença do pigmento carotenoide, licopeno, responsável pela coloração vermelha do fruto e que protege as células dos danos causados pelos radicais livres (CERQUEIRA et al., 2015).

A qualidade do fruto está relacionada às propriedades sensoriais, incluindo cor, aparência. A firmeza é uma característica importante para o transporte e armazenamento pós-colheita (HAN et al., 2017; YANG et al., 2017; LIU et al., 2018). Essa variedade também se destaca entre os produtores por sua boa adaptabilidade a diferentes sistemas de cultivo, com menor utilização de adubos e defensivos. Entre os consumidores, é valorizada por apresentar sabor característico (ROCHA et al., 2009; PACHECO, 2017).

3.2 Disponibilidade e qualidade da água no semiárido do Nordeste brasileiro

O Brasil está entre os dez países com a maior área disponível para irrigação, totalizando 7 milhões de ha. O consumo total de água estimado em 2017 foi de $2.083 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, sendo o principal uso, em termos de quantidade na agricultura irrigada (FAO, 2017; ANA, 2017). A maior região semiárida contínua do mundo está localizada no Nordeste do Brasil e abrange cerca de 1 milhão de km². Essa área ocupa 12,5% do território brasileiro, compreende 1.262 municípios e abriga 27 milhões de pessoas, o que corresponde a 13% da população do Brasil (Vasques et al., 2022). Diante da baixa pluviosidade em regiões tropicais de clima quente e seco, como no semiárido do Nordeste brasileiro, a prática da irrigação, muitas vezes, é o único meio de garantir a produção agrícola com segurança (GAMA et al., 2020).

A irregularidade das chuvas, juntamente com as elevadas taxas de evapotranspiração e a formação geológica dessa região propiciam a situação de escassez de águas superficiais, que além de comprometerem a qualidade física e química dessas águas, aumenta a concentração de sais, que posteriormente são transportados para o sistema solo-planta via irrigação (JUNIOR; SILVA, 2012). Contudo, o uso de água com elevados teores de sais, pode ser considerado uma alternativa importante na utilização dos recursos naturais escassos, mas para isso faz-se necessário a adoção de técnicas de manejo adequadas e uso de culturas tolerantes à salinidade (RHOADES et al., 2000; SANTOS; BRITO, 2016).

A agricultura irrigada tem sido uma solução para garantir a produção de alimentos e geração de renda para os agricultores, tendo em vista a limitada disponibilidade e qualidade de águas para irrigação (SALES et al., 2020). De acordo com Costa et al. (2005), a qualidade de águas para fins de irrigação deve ser avaliada principalmente sob três aspectos: salinidade,

sodicidade e toxicidade de íons.

Para Lima et al. (2017), a salinidade diz respeito ao acúmulo de sais em sua forma solúvel nos quais agem na diminuição do potencial osmótico da cultura, reduzindo a absorção de água pela planta e ainda origina alterações na absorção seletiva de nutrientes. A sodicidade se refere ao acúmulo de sódio (Na^+) no complexo sortivo do solo elevando a percentagem de sódio trocável no solo; para medir o seu risco, utiliza-se a condutividade elétrica da água mais a relação de adsorção de sódio (RAS): relação entre os íons Na^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} (SILVA, 2013). De acordo com Silva (2013), a toxicidade de íons corresponde ao efeito de alguns elementos (cloreto, sódio e boro) sobre as plantas, que quando absorvidos em concentrações elevadas podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção.

3.3 Tolerância do tomate e das plantas a salinidade

A tolerância das plantas à salinidade refere-se à habilidade de sobreviver sob altas concentrações de sais solúveis e poder completar seu ciclo de vida sob essa condição de estresse (ETESAMI; GLICK, 2020). Existem dois grupos de plantas classificadas de acordo com sua tolerância a salinidade: as halófitas que são mais resistentes à salinidade, pois possuem a capacidade de promover o ajustamento osmótico mais eficiente ao estresse salino, apresentando mecanismos de exclusão do íons de Na^+ e Cl^- em suas estruturas morfológicas, como glândulas secretoras e pelos vesiculares; e as glicófitas que são sensíveis ao estresse salino, havendo uma alta variabilidade entre espécies e não possuem mecanismos bem definidos de resistência à salinidade (SILVA et al., 2018).

Segundo Munns & Tester (2008), existem duas fases do estresse salino que se divide em osmótica, na qual o acúmulo dos sais no solo provoca redução do potencial osmótico e do potencial total de água do solo, permitindo que a planta desprenda uma maior quantidade de energia para continuar absorvendo água e/ou realizar o fechamento estomático para manutenção do status hídrico; a segunda fase é a iônica, resultante do acúmulo dos íons no tecido vegetal, causando e induzindo toxicidade e provocando a senescência precoce da planta.

Dentre os mecanismos de tolerância das plantas à salinidade destacam-se: 1 - Seletividade na absorção pelas células das raízes; 2 - Carregamento do xilema preferencialmente com K^+ , em relação ao Na^+ ; 3 - Remoção dos sais do xilema na parte superior das raízes, caule pecíolo ou bainhas foliares; 4 - Retranslocação de Na^+ e Cl^- no floema, e 5 - Excreção de sais através de glândulas ou pelos vesiculares (MUNNS et al.,

2002).

A alteração na transpiração pode causar a toxicidade iônica nas plantas. Além disso, altas concentrações de íons podem afetar a homeostase, a função da membrana celular e interferir na homeostase osmótica, iônica e oxidativa. O excesso de Na^+ devido ao estresse salino inibe a absorção de K^+ e altera a relação K/Na nas células (BASU et al., 2017). As plantas podem ainda se adaptar a níveis elevados de sais, restringindo a entrada dos íons nas raízes, ou impedindo-os de chegarem às folhas através do xilema, ou sequestrando no vacúolo os íons que chegam às folhas quando a absorção e o transporte dos íons não são impedidos (COSTA et al., 2003).

A salinidade reduz a disponibilidade de água devido a efeitos osmóticos, efeitos tóxicos de íons específicos, principalmente Na^+ e Cl^- e efeitos indiretos das propriedades nutricionais. O excesso de sódio na solução do solo interfere na salinidade do solo, limitando assim o crescimento e a produtividade das culturas e provocando distúrbios na absorção de outros nutrientes, como cálcio, magnésio e potássio (REIS et al., 2013; SÁ et al., 2013; SANTOS et al., 2016).

O tomateiro é uma cultura que possui salinidade limiar da água de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ classificado como moderadamente sensível à salinidade, sendo níveis de CEa superiores a este valor pode causar efeitos deletérios desde a germinação, no crescimento até a produção e qualidade dos frutos (PORTO et al., 2017; VIOL et al., 2017; SOUZA et al., 2019). O tomateiro expressa maior sensibilidade ao estresse salino na fase inicial de germinação contudo, este nível de tolerância pode variar em função da espécie, genótipo, fase de desenvolvimento, manejo de irrigação e adubação (MAAS, 1984).

Guedes et al. (2015) em pesquisa com a cultura do tomateiro sob irrigação com águas salinas (CEa variando de $0,5$ a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$) em solo, observaram que CEa a partir de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou reduções significativas no crescimento e produção. No entanto, a técnica de usar água de baixa e alta salinidade simultaneamente em fases sazonais pode ser uma alternativa viável em condições em que o produtor rural tenha disponibilidade de mais de uma fonte de água.

Em um estudo realizado por Paiva et al. (2018) com a cultura do tomate cereja sob irrigação com águas salinas (CEa de $0,5$ a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$) em sistema de cultivo convencional, foi constatado que a salinidade entre $2,0$ e $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou melhoria na qualidade dos frutos de tomate cereja. De acordo com Roque et al. (2022), a salinidade da água de irrigação a partir de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ induz o fechamento estomático e diminuição da transpiração e a taxa de assimilação de CO_2 em plantas submetidas ao estresse salino.

Sob condições de cultivo em ambiente salino, algumas plantas ativam mecanismos de defesa específicos para minimizar os efeitos prejudiciais do estresse, dentre esses mecanismos, destaca-se o ajustamento osmótico, permitindo que as células acumulem solutos orgânicos como prolina, sorbitol e glicina betaína, para manter o equilíbrio do potencial hídrico, facilitar a absorção de água e nutrientes, e consequentemente da continuidade nos processos fisiológicos (TAIZ; ZEIGER, 2013; VIEIRA et al., 2016).

3.4 Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino em plantas

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é uma espécie reativa de oxigênio (ERO) que tem a habilidade de oxidar lipídios de membranas, desnaturar proteínas e reagir com DNA, provocando mutações (BHATLA; LAL, 2017). Sob condições de estresse salino, o peróxido de hidrogênio em baixas concentrações pode atuar como uma molécula sinalizadora, estando envolvida na tolerância à deficiência de oxigênio. A baixa concentração de H_2O_2 nas células-guardas possibilita a passagem do cálcio presente no vacúolo para o citosol, invertendo a polaridade das células-guardas, reduzindo o potássio, o turgor e, posteriormente, fechando os estômatos (GE et al., 2015).

O H_2O_2 é capaz de promover a modulação da expressão gênica, e tem sido utilizado em estudos como uma ferramenta para minimizar estresses abióticos em plantas (FERNANDO; SOYSA, 2015). Como molécula sinalizadora, o H_2O_2 pode modular as respostas das plantas ao estresse, controlando sua produção e eliminação, atuando na regulação de processos biológicos, como crescimento, elevação da concentração de Ca nas plantas, e ajuste osmótico através do aumento da síntese de prolina (VELOSO et al., 2023). Todavia, seus efeitos são dependentes de sua concentração, estágio de desenvolvimento da planta e do tempo de exposição prévia a outros tipos de estresse (LIU et al., 2020).

Várias pesquisas foram desenvolvidas utilizando-se o H_2O_2 como alternativa para minimizar os efeitos da salinidade nas plantas (VELOSO et al., 2023). Silva et al. (2016) ao avaliarem os efeitos do peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino em milho, verificaram que a aplicação de H_2O_2 em concentrações de 7 a 8 μM na semeadura e por pulverização foliar, promoveu a aclimação das plantas sob salinidade da água de irrigação de 2,0 $dS\ m^{-1}$ no estágio inicial de crescimento.

De forma semelhante, Silva et al. (2018) trabalhando com plantas de graviola cv. Morada Nova submetida à salinidade da água de irrigação (CEa: 0,7 a 3,5 $dS\ m^{-1}$), constataram que o tratamento com embebição de sementes e pulverização foliar nas

concentrações de 0, 25, 50, 75 e 100 μM mitigou os efeitos deletérios da salinidade da água de irrigação na emergência e crescimento de plantas de graviola, aos 85 e 145 dias após a semeadura.

Silva et al. (2019) avaliando a indução de tolerância ao estresse salino em mudas de graviola utilizando H_2O_2 , observaram que os efeitos deletérios da salinidade da água nas trocas gasosas e no crescimento da graviola foram mitigados pela aplicação exógena de H_2O_2 na concentração de 25 e 50 μM , também verificaram que a aplicação de 25 e 50 μM atenuou os efeitos deletérios do estresse salino na condutância estomática, taxa de assimilação de CO_2 e síntese de clorofila *a*. Silva et al. (2020) ao avaliarem a tolerância de plantas de girassol ao estresse salino, concluíram que a pulverização foliar de H_2O_2 induziu a tolerância das plantas devido ao equilíbrio da homeostase iônica e redox proporcionado pela aplicação de H_2O_2 .

Em uma pesquisa avaliando os efeitos da salinidade da água de irrigação (0,7 a 2,8 dS m^{-1}) e aplicação exógena de peróxido de hidrogênio (0 a 60 μM) na cultura do maracujazeiro-azedo da variedade ‘Guinezinho’; Andrade et al. (2019) observaram maior número de folhas nas plantas irrigadas com água de condutividade de 1,5 dS m^{-1} e sob aplicação de H_2O_2 de 40 μM , com redução à medida que a salinidade da água de irrigação aumentou.

Em abobrinha italiana sob diferentes níveis de salinidades da solução nutritiva, Dantas et al. (2021), constataram que a aplicação exógena de H_2O_2 na concentração de 40 μM atenuou o efeito do estresse salino na eficiência de carboxilação instantânea de plantas cultivadas no sistema hidropônico sob salinidade da solução nutritiva de 2,1 dS m^{-1} .

3.5 Cultivo hidropônico

A hidroponia, sistema de cultivo sem a utilização de solo, proporciona a redução de perdas de água e impactos ambientais, pois nesse sistema a solução nutritiva é recirculada com o intuito de aproveitar melhor a água e os nutrientes (VASCONCELOS et al., 2014). Essa técnica tem sido aprimorada ao longo dos anos desde 1860, quando o botânico alemão Julius Von Sachs demonstrou que é possível cultivar plantas sem a utilização da fase sólida do solo, por meio de soluções de sais que continham os nutrientes necessários para as plantas, sem ter consciência disso.

O cultivo e produção de plantas por meio de técnicas hidropônicas são realizados de diferentes formas, sendo que a técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT) com recirculação em alta frequência da solução nutritiva é uma das mais empregadas; além da técnica de fluxo profundo (DFT) com menor intervalo de circulação (ALVES et al., 2019).

A hidroponia teve uma significativa expansão devido à produção de hortaliças de ótima qualidade, melhor condição ergonomia do trabalho pelo uso de bancadas e aproveitamento de espaço físico, entre outros fatores. Por possibilitar cultivos sucessivos, reduzir a incidência de pragas e doenças e, conseqüentemente, diminuir a necessidade de aplicação de tratamentos fitossanitários, aumenta-se o tempo de armazenamento do produto e melhora o controle do meio nutritivo para o crescimento das plantas e possibilita maior aproveitamento de água e nutrientes (FURLANI, 1996; RODRIGUES, 2002; HIDROGOOD, 2007).

Na região semiárida, as águas subterrâneas é a principal fonte de água para a irrigação, obtidas através de poços, visto que nos períodos de estiagem os rios e pequenos córregos cessam o escoamento e os açudes secam ou reduzem drasticamente o nível de água, devido à grande evaporação da água e ausência de reposição pela falta de chuvas (SILVA et al., 2022).

Para conseguir alta produtividade de hortaliças no cultivo hidropônico com água salobra, é importante empregar solução nutritiva de qualidade que apresente temperatura, pH e condutividade elétrica adequados. Além disso, o sucesso do cultivo adequado depende do ambiente propício, uma vez que a água salobra pode causar distúrbios fisiológicos nas plantas em condições de alta temperatura e umidade, como a murcha ou queima das bordas durante as horas quentes do dia, resultando na perda da produção (FERNANDES et al., 2018).

Em trabalho realizado por Modesto et al. (2019) ao avaliarem a produção do quiabeiro submetido ao estresse salino em cultivo hidropônico, registraram uma produtividade máxima estimada 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. Lima et al. (2018) ao conduzir experimentos com o pimentão cv Rúbia em solução nutritiva salina, constataram que as plantas não sofreram impacto do estresse salino até 6,5 dS m⁻¹.

Em abobrinha italiana, Dantas et al. (2021) ao analisarem os efeitos da solução nutritiva salina (CEsn entre 2,1 e 5,1 dS m⁻¹), observaram efeitos prejudiciais com o aumento dos níveis salinos de CEsn tanto em relação às trocas gasosas quanto ao desenvolvimento em cultivo hidropônico. Mendonça et al. (2022) constataram, na cultura do quiabeiro cv. Canindé, que o aumento dos níveis de salinidade da solução nutritiva, a partir de 3,0 dS m⁻¹ houve inibição a síntese de pigmentos fotossintéticos, as trocas gasosas foliares e o crescimento.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, V. S. Uso de porta-enxertos e níveis de adubação orgânica em tomateiro tipo cereja, sob ambiente protegido, cultivado em sistema orgânico. 2016. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.
- ALVARENGA, M. A. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. 2. ed. Lavras, UFLA, 2004. 400p.
- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S. de.; LIMA, V. L. A. de.; SILVA, S. S. da.; GHEYI, H. R., SILVA, A.A.R. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H₂O₂ application. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, p. 945-951, 2019.
- ALVES, L. S.; GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; SANTOS, A. N.; SILVA, M. G.; BANDEIRA, S. S. Cultivo de manjeriço utilizando efluente doméstico tratado em sistemas hidropônicos sob diferentes espaçamentos entre plantas. *Irriga*, v.24 p. 460-472, 2019.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. v.19 Campina Grande: UFPB. 1999. 153p.
- BHATLA, S. C.; LAL, A. M. *Plant physiology, development and metabolism*. 1.ed. Singapore. Primavera, 2017. p.1251
- COSTA, J. F. DE O.; ASSUNÇÃO, I. P.; LIMA, G. S. DE A.; MUNIZ, M. DE F. S.; LUZ, E. D. M. N. First report of *Phytophthora nicotianae* causing root rot of soursop in northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, p. 1-6, 2005.
- COSTA, P. H. A.; SILVA, J. V.; BEZERRA, M. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e níveis de solutos orgânicos e inorgânicos em cultivares de *Vigna unguiculata* submetidos à salinidade. *Revista Brasileira de Botânica*, v.26, p.289-297, 2003.
- CERQUEIRA, FB; FREITAS, GA; MACIEL, CJ; CARNEIRO, JSS; LEITE, RC. Produção de mudas de tomate cv. Santa Cruz em diferentes substratos. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v.2, p.39-45 2015.
- 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, p.3464-3479 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.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Tradução de NUNES, M. E. T. 2.ed. Londrina. Planta. 2006. 403p.
- ETESAMI, H; GLICK, B.R. Halotolerant plant growth-promoting bacteria: Prospects for alleviating salinity stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*, v.178, p.104-124, 2020.
- 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.2570-2578, 2018.
- FERNANDO, C. D.; SOYSA, P. Optimized enzymatic colorimetric assay for determination of hydrogen peroxide (H₂O₂) scavenging activity of plant extracts. *Methods*, v.2, p.283-291, 2015.
- FILGUEIRA, F. A. R. *Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Novo manual de olericultura: 3. ed. Viçosa. UFV. 2008. 211p*
- FILGUEIRA, F. A. R. *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3.ed. Viçosa. UFV. 2008. 421p.*
- FONTES, P. C. R. *Olericultura: teoria e prática. 3. ed. Viçosa: UFV, 2005. 486p.*
- FURLANI, P. R. *Hidroponia. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1996. 52p.*
- GE, X. M.; CAI, H. L.; LEI, X.; ZOU, X.; YUE, M. E.; HE, J. M. Heterotrimeric G protein mediates ethylene-induced stomatal closure via hydrogen peroxide synthesis in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, v.82, p.138-150, 2015.
- GONÇALVES, D. C.; FERNANDES, C. H. dos S.; TEJO, D. P.; VIDAL, T. C. M. Cultivo do tomate cereja sob sistema hidropônico: Influência do turno de rega. *Uniciências*, v.22, p.20-23, 2018.
- GUEDES, R. A.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; ALVES, R. D. C.; MEDEIROS, A. S. D.; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.913-919, 2015.
- HAN, Y.; HAN, S.; BAN, Q.; HE, Y.; JIN, M.; RAO, J. Overexpression of persimmon DkXTH1 enhanced tolerance to abiotic stress and delayed fruit softening in transgenic plants. *Plant Cell Reports*, v. 36, p.583-596, 2017.
- HIDROGOOD (2007). Sobre hidroponia. Disponível: <http://www.hidrogood.com.br>. Acesso

em: Jun 2023.

- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2023. Levantamento sistemático da produção agrícola, Safra 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acesso em: Jun 2023.
- LIMA, C. A. de; MONTENEGRO, A. A. D. A.; LIMA, J. L. de; ALMEIDA, T. A. B.; SANTOS, J. C. N. dos. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.25, p.531-542, 2020.
- LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. A.; FERNANDES, P. D.; FREITAS, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. *Irriga*, v.22, p.757-774, 2017.
- LIU, H. MENG, F.; MIAO, H.; CHEN, S.; YIN, T.; HU, S.; SHAO, Z.; LIU, Y.; GAO, L.; ZHU, C.; ZHANG, B.; WANG, Q. Effects of postharvest methyl jasmonate treatment on main health-promoting components and volatile organic compounds in cherry tomato fruits. *Food Chemistry*, v.263, p.194-200, 2018.
- LIU, L.; HUANG, L.; LIN, X.; SUN, C. O. Hydrogen peroxide alleviates salinity induced damage by increasing proline buildup in wheat seedlings. *Plant Cell Reports*, v.39, p.567-575, 2020.
- MAAS, E. V. Crop tolerance. *California Agriculture*, v. 36, p.2021, 1984.
- 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.
- MUNNS, R.; HUSAIN, S. RIVELLI, A. R.; RICHARD, A. J.; CONDON, A. G.; MEGAN, P. L.; EVANS, S. L.; SCHACHTMAN, D. P.; HARE, R.A. Avenues for increasing salt tolerance of crops, and the role of physiologically based selection traits. *Plant and Soil*, v.247, p. 93-105, 2002.
- MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, n.1, p.651-681, 2008.
- PACHECO, A. B. Tomateiro cereja sob disponibilidades hídricas e doses de potássio com irrigação semiautomatizada em ambiente protegido. 2017. 86f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis, 2017.

- PAIVA, F. I. G.; OLIVEIRA, F. D. A. de; MEDEIROS, J. F. de; TARGINO, A. J. de O.; SANTOS, S. T. dos; SILVA, R. C. P. da. Qualidade de tomate em função da salinidade da água de irrigação e relações K/Ca via fertirrigação. *Irriga*, v.23, p.180-193, 2018.
- PEREIRA, I. S.; PEREIRA, M. T. Olericultura. Brasília: 2.ed. UFLA, 2016, 158p.
- PORTO, J. S.; ALVES, E. de O.; FERREIRA, D. M.; PÚBLIO, A. P. B.; SOUZA, J. R. de; REBOUÇAS, T. N. H.; AMARAL, C. L. F. Estresse salino sob a taxa de viabilidade polínica de cultivares de tomateiro. *Revista da Jornada de Pós Graduação e Pesquisa - Congrega*, v.103 p.1621-1631, 2017.
- REIS, L. S.; AZEVEDO, C. A. V.; ALBUQUERQUE, A. W. S.; JUNIOR, J. F. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, p.386-391, 2013.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. Uso de águas Salinas para produção agrícola Campina Grande: ed. UFPB, v. 48 p.117, 2000.
- ROCHA, M. Q. Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico. 2009. 129f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS. 2009.
- RODRIGUES, L. R. F. Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido. Jaboticabal: FUNEP. p.762, 2002.
- RODRIGUES, V. dos S.; SOUSA, G. G.; SARAIVA, L. E. S.; CARDOSO, E. R. C.; PEREIRA FILHO, J. V. F.; VIANA, T. V. A. Atributos químicos do solo em área cultivada com milho sob irrigação com água salina. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, p. 3129-3138, 2018.
- ROQUE, I. A.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; LOPES, I. A. P.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, v.35, p.686–696, 2022.
- SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17 p. 1047-1054, 2013.
- SALES, J. M. de J.; NETTO, A. D. O. A.; MONTEIRO, A. S. C.; CARVALHO, C. M. de. Variabilidade espaço-temporal da qualidade da água em área de agricultura irrigada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.14, p.4071-4085, 2020.
- SANTOS, A. N.; SILVA, Ê. F. de F.; SILVA, G. F. da; BARNABÉ, J.; ROLIM, M. M.; DANTAS, D. da. C. Rendimento do tomate cereja em função da salinidade da água e do

- turno de rega. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.107-112, 2016.
- SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. *Revista Agrotecnologia*, v.7, n.1, p.33-41, 2016.
- SAUSEN, D.; FERREIRA, C. R. L.; LOPES, S. C. D.; MARQUES, L. P.; SOUZA, A. J. M. de; ALVES, E. C. G. de A.; PATROCÍNIO, E. S. A. do; 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. de; VELOSO, L. L. de S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, p.257-263, 2019.
- SILVA, E. M. da.; LACERDA, F. H. D.; MEDEIROS, A. de S.; SOUZA, L. de P.; PEREIRA, F. H. F. Métodos de aplicação de diferentes concentrações de H₂O₂ em milho sob estresse salino. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, p.1-7, 2016.
- SILVA, E. M. da, LIMA, G. S. de.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SÁ, F. V. da. S.; SOUZA, L. de P. Growth and gas exchanges in soursop under irrigation with saline water and nitrogen sources. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22, p.776-781, 2018.
- SILVA, J. R. I.; JARDIM, A. L. R. F.; NETO, J. B.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V.I. Estresse salino como desafio para produção de plantas forrageiras. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.11, p.127-139, 2018.
- SOUZA, L. de P.; NOBRE, R. G.; FATIMA, R. T.; PIMENTA, T. A.; DINIZ, G. L. BARBOSA, J. L. Morfofisiologia e qualidade de porta-enxerto de cajueiro sob peróxido de hidrogênio e estresse salino. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.13, p.3477-3487, 2019.
- SOUZA, M. V. P. de; REBOUÇA; S. M. de O.; SOUSA, G. G. de, AZEVEDO, B. M. de; GOES, G. F., MAGALHÃES, C. L. Estresse salino e uso de biofertilizante bovino na cultura dotomate. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.13, p.3524-3532, 2019.
- SOUZA, W. B. B de; LIMA, G. S de; PAIVA, F. J da S; SOARES, L. A. dos A; FÁTIMA, R. T de; SILVA, A. A. R. da; GHEYI, H. R; FERNANDES, P. D. Potassium fertilization as salt stress attenuator in sour passion fruit. *Ciência Rural*, v.53 p.12-21, 2023.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 953p.

- VASCONCELOS, L. S. B. de.; BEZERRA NETO, E.; NASCIMENTO, C. W. A. do.; BARRETO, L. P. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuaria Pernambucana*, v.19, p.11-19, 2014.
- VASQUES, G. M.; RODRIGUES, H. M.; HUBER, E.; TAVARES, S. R. L.; MARQUES, F. A.; SILVA, M. A. L. (2022). Ground penetrating radar (GPR) models of the regolith and water reservoir of an underground dam in the Brazilian semiaridregion. v.206, p. 104797, 2022.
- VELOSO, L. L. de S. A.; AZEVEDO, C. A. V. de.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de.; CAPITULINO, J. D.; SILVA, F. de A. da. H₂O₂ alleviates salt stress effects on photochemical efficiency and photosynthetic pigments of cotton genotypes. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, p.34-41, 2023.
- VIEIRA, I. G. S; NOBRE, R. G; DIAS, A. S; PINHEIRO, F. W. A. Cultivation of cherry tomato under irrigation with saline water and nitrogen fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, p.55-61, 2016.
- VIOL, M. A.; CARVALHO, J. A.; LIMA, E. M. C.; REZENDE, F. C.; GOMES, L. A. A. Efeito da salinidade no crescimento e produção do tomate cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*. v.11, p.2120-2131, 2017.
- YANG, L.; HUANG, W.; XIONG, F.; XIAN, Z.; SU, D.; REN, M.; LI, Z. Silencing of SIPL, which encodes a pectate lyase in tomato, confers enhanced fruit firmness, prolonged shelf-life and reduced susceptibility to grey mould. *Plant Biotechnology Journal*, v.15, p.1544-1555, 2017.

CAPÍTULO II: MATERIAL E MÉTODOS GERAL

1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no período de novembro de 2022 a fevereiro de 2023 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 à 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, (Alvares et al., 2013). 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 36,3 °C, 33,54 °C e 43% para a temperatura máxima, mínima e umidade relativa, respectivamente (Figura 1).

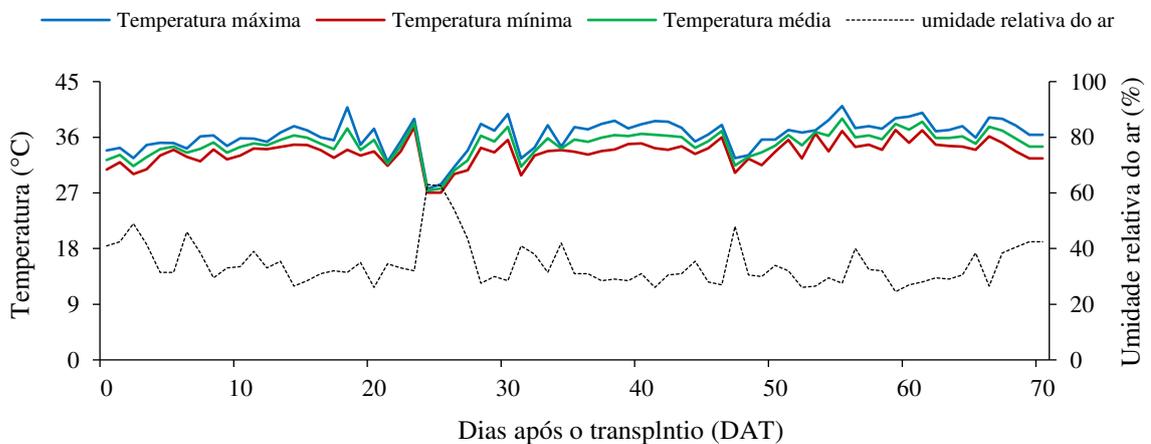


Figura 1. Dados médios diários de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental

2. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn testados (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m⁻¹) considerados as parcelas e as cinco concentrações de peróxido de hidrogênio as subparcelas (0, 12, 24, 36 e 48 µM), com três repetições e duas

plantas por parcela. Os níveis de CEs_n foram definidos em base de estudo desenvolvido por Silva et al. (2022). As concentrações de H₂O₂ utilizadas nesta pesquisa foram adaptadas a partir do trabalho realizado com abobrinha italiana (DANTAS et al., 2022).



Figura 2. Disposição das plantas de tomate cereja no sistema hidropônico na casa de vegetação, aos 50 dias após o transplantio

3. Cultivar estudada

Nesta pesquisa foram utilizadas sementes de tomate cereja da Topseed Garden® (Agristar - Santo Antônio de Posse, SP, Brasil). Essa cultivar possui ciclo em torno de 90 dias, plantas de crescimento indeterminado, com ótima estrutura foliar e altamente produtiva (Figura 2). Os frutos apresentam excelente qualidade pós-colheita, com comprimento e diâmetro variando entre 20 e 25 mm. Além disso, o tomateiro cereja é resistente à murcha do fusarium e nematoides (AGRISTAR, 2023).

4. Instalação e condução do experimento

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente - NFT, confeccionado com tubos de policloreto de vinil (PVC) de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento, espaçados por 0,40 m. No perfil hidropônico, o espaçamento foi de 0,50 m entre plantas e 1,0 m entre tratamentos (subsistemas), e as células para plantio tiveram diâmetro de 54,17 mm. Os perfis hidropônicos foram apoiados por cavaletes de 0,60 m de altura com 4% de inclinação para permitir o fluxo de solução nutritiva. Ao final de cada subsistema, um recipiente de polietileno de 150 L foi colocado para armazenar e coletar a solução nutritiva que retornava e recircular no sistema. A solução nutritiva foi injetada no

perfil hidropônico no topo de cada canal com uma bomba de 35 W a uma vazão de 3 L min^{-1} . Foi utilizado um timer para programar a circulação da solução nutritiva no sistema, com fluxo intermitente de 15 min durante o dia e 30 min durante a noite.

No estudo, foi utilizada a solução nutritiva recomendada por Hoagland e Arnon (1950) contendo N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe nas concentrações de 210, 31, 234, 200, 48, 64, 0,5, 0,5, 0,05, 0,02, 0,01 e 5 mg L^{-1} , respectivamente. Os fertilizantes utilizados como fontes de macronutrientes no preparo da solução foram fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4), nitrato de potássio (KNO_3), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Como fonte de micronutrientes, o ácido bórico (H_3BO_3), sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), sulfato ferroso (FeSO_4) e EDTA-Na, respectivamente.

As mudas foram preparadas em copos de polietileno com capacidade de 80 mL contendo substrato de fibra de coco dispostas em bandejas (Figura 3). A fibra de coco foi higienizada com hipoclorito de sódio (2,5%) antes da semeadura. Na fase de germinação até o surgimento da primeira folha verdadeira (em média oito dias após a semeadura), foi utilizada solução nutritiva 50% meia força. Após o surgimento da segunda folha verdadeira 30 (DAS), foi retirada a fibra de coco e efetuada a inserção das mudas nos perfis hidropônicos e passou-se a utilizar solução nutritiva da concentração plena.

5. Preparo e manejo das soluções nutritivas salinas

As soluções salinas usadas no cultivo foram obtidas mediante adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à solução nutritiva preparada em água do sistema de abastecimento do município de Pombal, Paraíba - Brasil. Esses sais foram incorporados na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente. Trata-se da proporção de Na, Ca e Mg comumente encontradas nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A substituição completa da solução nutritiva ocorreu a cada doze dias; contudo, a condutividade elétrica e pH foram monitorados diariamente, e sempre que necessário foi realizado o ajuste da solução mediante adição de água de abastecimento com CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ou solução nutritiva conforme o caso, mantendo sempre a CESn conforme os tratamentos estabelecidos. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl). As plantas foram cultivadas utilizando um suporte vertical

fixado com um barbante plástico (número 10) (Figura 3).



Figura 3. Semeadura na fibra de coco (A) e disposição das plantas (B) nos perfis hidropônicos

6. Preparo e aplicação do peróxido de hidrogênio

As concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foram obtidas através da diluição do H_2O_2 em água deionizada em cada evento de aplicação. As aplicações de peróxido de hidrogênio (DAS) foram realizadas via pulverização foliar, entre 17:00 e 18:00 h. A primeira aplicação ocorreu 5 dias antes do início do manejo da solução nutritiva salina (8 DAT), e as subsequentes foram realizados em intervalos de 12 dias. As aplicações de peróxido de hidrogênio foram interrompidas após o surgimento dos frutos (35 DAT), totalizando três aplicações de H_2O_2 . O volume total aplicado por planta foi de 19 mL. As aplicações foram feitas manualmente, com um pulverizador, de modo a molhar completamente as folhas (faces abaxial e adaxial). Durante a pulverização, foi utilizada uma estrutura de papelão para evitar a deriva sobre as plantas vizinhas.

7. Variáveis analisadas

7.1 Variáveis fisiológicas

7.1.1 Trocas gasosas

As trocas gasosas foram avaliadas aos 65 dias após o transplante (DAT) 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 $1200 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fluxo de ar de 200 mL

min^{-1} , e concentração de CO_2 atmosférico (figura 4), mediante determinação de condutância estomática - g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração - E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 - C_i ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência instantânea no uso da água - EUA [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$], eficiência intrínseca no uso da água - $EiUA$ [$(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$];

Os índices de fluorescência da clorofila a na fase escura foram determinados com o auxílio de um fluorômetro modulado modelo OS5p da Opti Science, sendo determinada a fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), e a relação (F_v/F_0), eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II na fase escura.

A fluorescência da clorofila a , na fase escura, foi mensurada em folhas completamente expandidas do terço médio pré-adaptadas ao escuro por 30 min, utilizando-se fluorômetro de pulso modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA) (Figura 4). Para tanto, foram colocadas pinças nas folhas durante 30 min antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro e medidas a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), razão F_v/F_0 e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m).



Figura 4. Determinação das trocas gasosas (A) e fluorescência da clorofila a (B) nas plantas de tomate cereja

7.1.2 Crescimento

Aos 70 dias após o transplante (DAT), o crescimento das plantas foi avaliado através da altura de plantas (AP), o diâmetro do caule (DC), o número de folhas (NF), a fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC,) e de raiz (FSR).

A altura de plantas foi determinada a partir da distância do perfil hidropônico até a inserção do meristema apical medida com régua graduada em cm. O diâmetro do caule foi medido a 5 cm do perfil hidropônico, obtido com o auxílio de paquímetro digital. A quantificação do número de folhas foi obtida a partir da contagem de folhas, considerando comprimento mínimo de 5 cm. Ao final do ciclo do tomate cereja (70 DAT), as plantas foram retiradas dos perfis hidropônicos e, em seguida, separadas em partes distintas e acondicionadas em sacos de papel kraft, sendo colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 65 °C durante 72 h; posteriormente, o material foi pesado em uma balança com precisão de 0,01 g, obtendo-se a fitomassa seca das folhas (FSF), do caule (FSC) e de raiz (FSR,).

7.1.3 Pigmentos fotossintéticos

Os pigmentos fotossintéticos foram quantificados de acordo com metodologia de Arnon (1949). A partir de 1 g de matéria fresca da terceira folha, homogeneizada em 4 mL de acetona 80%, após 72 h hermeticamente fechado ao escuro, foram determinadas as concentrações de clorofila e carotenoides nas soluções (Figura 5), 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 2, 3, 4 e 5. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides foram expressos em miligramas por gramas (mg g^{-1}) de matéria fresca (mg g^{-1} MF).

$$(Cl\ a) = 12,21 \times ABS_{663} - 2,81 \times ABS_{646} \quad (2)$$

$$(Cl\ b) = 20,13 \times ABS_{646} - 5,03 \times ABS_{663} \quad (3)$$

$$(Cl\ T) = 17,3 \times ABS_{646} + 7,18 \times ABS_{663} \quad (4)$$

$$(Car) = \frac{(1000 \times ABS_{470} - 1,82 \times Cl\ a - 85,02 \times Cl\ b)}{198} \quad (5)$$

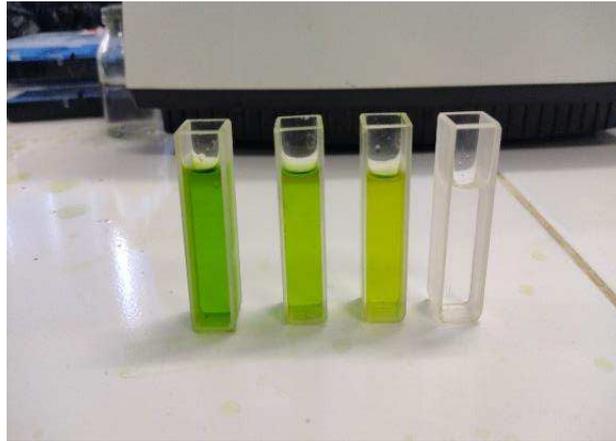


Figura 5. Determinação dos teores de pigmentos fotossintéticos das plantas de tomate cereja

7.1.3 Conteúdo relativo de água

Para determinação do conteúdo relativo de água nas folhas (CRA), foram coletados e pesados em balança analítica quatro discos foliares (113 mm²) para obtenção de massa fresca (MF), posteriormente os discos foram imersos em água destilada por 24 h para a obtenção da massa túrgida (MT) e a massa seca (MS) após 48 h de secagem em estufa de circulação de ar forçado a 60 °C. O conteúdo relativo de água foi determinado de acordo com Weatherley (1950), utilizando-se a Eq. 7:

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

Em que:

CRA - teor relativo de água (%);

MF - massa fresca de folha (g);

MT - massa túrgida (g); e,

MS - massa seca (g).

7.1.4 Variáveis de produção

Os frutos foram colhidos a partir dos 40 DAT, quando apresentavam a cor laranja, característica de frutos maduros e, estendendo-se até os 70 DAT, sendo estabelecido o número de frutos por planta, o peso médio dos frutos, a produção total por planta, o diâmetro polar e equatorial dos frutos. Os diâmetros polar e equatorial foram obtidos com um paquímetro digital.

7.1.5 Variáveis de qualidade pós-colheita

Logo após a colheita dos frutos do tomate cereja, efetuou-se a lavagem em água potável,

para retirada de impurezas. em seguida secos à temperatura ambiente. As análises pós-colheita foram realizadas com frutos in natura através da determinação do potencial hidrogeniônico - pH, condutividade elétrica - CE, ácido ascórbico - AA (mg por 100g de polpa), sólidos solúveis - SS (°Brix), açúcares totais - AÇT (%), acidez titulável - AT (%), umidade - UMID (%), cinzas - CI (%) e fibras - FIB (%).

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. 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 pHmetro 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. Foram utilizados 3 g do extrato do fruto depositados separadamente em béquer de 125 mL, em triplicata, adicionados 47 mL de água destilada e agitada. Em seguida, foram acrescentadas 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 Eq. 8.

$$AT = \frac{V \times f \times 100}{P \times c} \quad (8)$$

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 a determinação de açúcares solúveis totais, foram pesados 3 g da amostra adicionando água destilada e macerados com auxílio de um almofariz e pistilo, e completados 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 µg L⁻¹ do extrato da amostra, 950 µg L⁻¹ de água destilada e 2 µg L⁻¹ de antrona. Os tubos 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 µg 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. Foram pesados 3,0 g

da amostra do extrato em um erlenmeyer, adicionando-se 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 miligramas (mg) de ácido ascórbico 100g^{-1} da amostra, e foram obtidos através da Eq. 9.

$$AA = \frac{V \times F \times 100}{Pa} \quad (9)$$

Em que:

AA - ácido ascórbico (mg por 100 g de polpa);

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

F - fator da solução; e,

Pa - peso da amostra (g).

Para determinação da umidade, o procedimento foi realizado pelo aquecimento direto em estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Inicialmente, os cadinhos utilizados para a análise foram tarados e acrescidos de 5 g da amostra. Esta foi aquecida a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pesada a cada 2 h, até que os cadinhos atingissem peso constante. (IAL, 2008).

Para a determinação das cinzas, foi verificada através de procedimento de calcinação de aproximadamente 5 g da amostra em mufla. Para isto, um cadinho de porcelana foi inicialmente tarado e acrescido a amostra que é então aquecida a uma temperatura de 100 a $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (aumentando $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ a cada hora) até o material adquirir coloração branco acinzentada (aproximadamente 10 h). Esse procedimento foi realizado de acordo com adaptação do método recomendado pela AOAC (2012) e IAL (2008). A quantificação das fibras foi realizada através de um método gravimétrico, que submeteu as amostras a uma hidrólise ácida, de acordo com a metodologia descrita pelo IAL (2008).

8. Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro & Wilk) e posteriormente, realizado análise de variância pelo teste 'F' em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Quando o resultado foi significativo, realizou-se análise de regressão polinomial para os níveis de solução nutritiva salina e concentrações de peróxido de hidrogênio, com o auxílio do software estatístico SISVAR – ESAL versão 5.7 (Ferreira, 2019). Foi utilizado o software SigmaPlot® para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores (Cesn \times H_2O_2).

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRISTAR - Instituto de Ação Social. ><https://agristar.com.br/topseed-garden/blue-line-hortalicas/tomate-cereja-laranja/1888147><. Acesso em: Jun. 2023.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C.; MORAES, G. DE; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G., 2013: Köppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, p.1-15, 1949.
- 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.
- FERREIRA, D. F. SISVAR. computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, p.529-535, 2019.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station*, v.347, p.32, 1950.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. In: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3.ed., São Paulo: IMESP. 2008. 1020p.
- MEDEIROS, J. F.; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. de; SILVA JÚNIOR, M. J. de; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.469-472, 2003.
- SCOTTI-CAMPOS, P.; PHAM-THI, A. T.; SEMEDO, J. N.; PAIS, I. P., RAMALHO, J. C.; MATOS, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v.25, p.1002-1013, 2013.
- SILVA, A. A. R. da; SOUSA, P. F. N.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, C. A. V. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. *Water Air Soil Pollution*, v.233, p.1-11, 2022.
- YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Biochemical Journal*, v. 57, p.508-515, 1954.

CAPÍTULO III: H₂O₂ COMO ATENUANTE DO ESTRESSE SALINO NA FISIOLOGIA E CRESCIMENTO DE TOMATE CEREJA HIDROPÔNICO

RESUMO

Em regiões áridas e semiáridas, a produção agrícola é desafiadora devido à escassez de água para irrigação, sendo comum o uso de água salobra. No entanto, o uso dessas águas afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas. Neste contexto, é essencial a busca por estratégias para amenizar os efeitos do estresse salino nas plantas, destacando-se a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (H₂O₂). O objetivo desta pesquisa foi avaliar efeitos da aplicação foliar de H₂O₂ nas trocas gasosas, nos pigmentos fotossintéticos, na eficiência fotoquímica e no crescimento de plantas de tomate cereja em cultivo hidropônico com solução nutritiva salina. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação em Pombal - PB, utilizando o sistema hidropônico tipo técnica de fluxo laminar de nutriente. Os tratamentos foram distribuídos em esquema de parcelas subdivididas, em que os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEs_n (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m⁻¹) foram considerados como parcelas, e as cinco concentrações de H₂O₂ (0, 12, 24, 36 e 48 µM) como subparcelas. Cada tratamento foi replicado seis vezes, com duas plantas por parcela. A CEs_n, a partir de 2,1 dS m⁻¹, reduziu as trocas gasosas, a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos, o conteúdo relativo de água e o crescimento do tomate cereja. O H₂O₂ nas concentrações de 36 e 48 µM associadas à solução nutritiva salina, de 2,1 dS m⁻¹ estimulou o crescimento em altura de plantas e a síntese de clorofila *b*, respectivamente. O H₂O₂, de forma isolada, não afetou as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila, os pigmentos fotossintéticos e o crescimento do tomate cereja.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum.*, aclimação. solução nutritiva.

H₂O₂ AS A SALT STRESS ATTENUATOR IN THE PHYSIOLOGY AND GROWTH OF HYDROPONIC CHERRY TOMATE

ABSTRACT

In arid and semi-arid regions, agricultural production is challenging due to the scarcity of water for irrigation, with the use of brackish water being common. However, the use of these waters negatively affects the growth and development of crops. In this context, it is essential to look for strategies to mitigate the effects of salt stress on plants, highlighting the foliar application of hydrogen peroxide (H₂O₂). The objective of this study was to evaluate the effects of foliar application of H₂O₂ on gas exchange, photosynthetic pigments, photochemical efficiency and growth of cherry tomato plants in hydroponic cultivation with saline nutrient solution. The experiment was carried out in a greenhouse in Pombal-PB, using a hydroponic system of the nutrient laminar flow technique. The treatments were distributed in a split plot scheme, where the levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECns (2.1, 2.8, 3.5, and 4.2 dS m⁻¹) were considered the plots and the five concentrations of H₂O₂ (0, 12, 24, 36, and 48 μM) as subplots, with six replicates and two plants per plot. ECns from 2.1 dS m⁻¹ reduced gas exchange, photochemical efficiency, photosynthetic pigments, relative water content, and cherry tomato growth. H₂O₂ at concentrations of 36 and 48 μM associated with saline nutrient solution of 2.1 dS m⁻¹ stimulated plant height, growth, and chlorophyll b synthesis, respectively. Hydrogen peroxide alone did not affect gas exchange, chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, and cherry tomato growth.

Key words: *Solanum lycopersicum*. acclimatization. nutrient solution.

1. INTRODUÇÃO

O tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L.) var. Cerasiforme é uma variedade para mesa que se destaca pelo sabor adocicado e tamanho menor de seus frutos (GONÇALVES et al., 2018). É uma hortaliça de grande importância econômica e social no Brasil, sendo cultivada em diversas regiões do país (FRANCA et al., 2017). Entre os principais grupos, a produção nacional do tomate cereja apesar de ser menor em comparação com outras variedades de tomate, o valor agregado dos frutos cereja é compensado pela sua grande aceitação entre os consumidores e alto valor comercial do produto (CASTAÑEDA et al., 2020).

Apesar do potencial econômico e social desta olerícola no semiárido do Nordeste brasileiro, a qualidade das fontes hídricas utilizadas na irrigação desta região, é um fator limitante na produção das culturas, uma vez que as chuvas são mal distribuídas espacial e temporalmente e as temperaturas levam a uma redução gradual da disponibilidade hídrica, tanto em qualidade quanto em quantidade (PINHEIRO et al., 2022), sendo comum a ocorrência de fontes hídricas com teores moderados de sais, em função do desbalanço climático.

A salinidade da água pode ocasionar alterações na fisiologia das plantas, reduzindo significativamente a produtividade, devido ao estresse osmótico, que causa alterações na homeostase osmótica e toxicidade iônica principalmente em plantas sensíveis ao estresse salino (SUN et al., 2020). A restrição na absorção de água e nutrientes limita o crescimento e o desenvolvimento das plantas, com reflexos negativos na produtividade. O acúmulo excessivo de íons tóxicos, especialmente sódio e cloro, danifica o citoplasma, afetando as funções bioquímicas e fotossintéticas (TAVARES FILHO et al., 2020).

A produção de hortaliças por meio do cultivo hidropônico é uma estratégia sustentável, pois permite o controle dos fatores de produção, especialmente do manejo de água e nutrientes, além de possibilitar o uso de águas salobras permitindo a produção em casa de vegetação durante todo o ano (OLIVEIRA et al., 2022). No cultivo hidropônico, como não há solo envolvido, apenas o potencial osmótico da solução afeta o crescimento, não considerando o potencial matricial presente no cultivo convencional. Por este motivo, este sistema torna-se adequado para diminuir os efeitos socioeconômicos ocasionados pela falta de água em regiões áridas (COSTA et al., 2020).

Além disso, é necessário a busca por alternativas que reduzam os efeitos deletérios da

salinidade, como a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), conforme observado em pesquisas com abobrinha italiana (DANTAS et al., 2022a), mini melancieira (SILVA et al., 2022a). O H_2O_2 é uma espécie reativa de oxigênio que desempenha papel fundamental na aclimação das plantas ao estresse salino (SILVA et al., 2020), contribuindo com a produção de enzimas antioxidantes, proteínas e compostos capazes de regular vários mecanismos em condições de estresse, melhora a absorção de água e nutrientes e a eficiência fotossintética contribuindo para a manutenção da homeostase iônica e redox de plantas (CARVALHO et al., 2011). Dantas et al. (2021) em pesquisa com abobrinha italiana em sistema hidropônico, observaram que a aplicação foliar de H_2O_2 reduziu os efeitos do estresse salino sobre a condutância estomática e concentração interna de CO_2 . Também verificaram que a pulverização foliar de H_2O_2 na concentração de 60 e 40 μM , associada a uma solução nutritiva com condutividade elétrica de 2,1 $dS\ m^{-1}$, promoveu um aumento no diâmetro do caule e comprimento da raiz das plantas de abobrinha italiana (Dantas et al., 2022b).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino nas trocas gasosas foliares, pigmentos fotossintéticos e crescimento do tomate cereja em sistema hidropônico do tipo NFT.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no período de outubro de 2022 a fevereiro de 2023, sob condições de casa de vegetação do tipo arco, com cobertura de polietileno de baixa densidade de 150 micras, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - CCTA, pertencente à Universidade Federal de Campina Grande UFCG, em Pombal – PB, Brasil, situado nas coordenadas geográficas 6° 46' 8" S, 37° 48' 06" O, altitude média de 193 m. De acordo com a classificação de Köppen, o município de Pombal tem um clima classificado como semiárido AW' quente e úmido, (ALVARES et al., 2013). Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar foram coletados utilizando-se um termohigrômetro digital no interior da casa de vegetação, sendo apresentados na Figura 1.

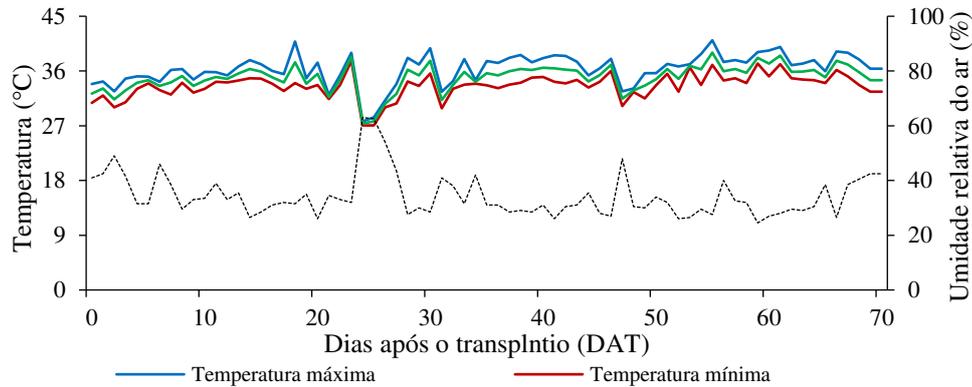


Figura 1. Dados médios diários de temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa média do ar durante o período experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas, sendo os quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn testados (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m^{-1}) como parcelas e as concentrações de peróxido de hidrogênio – H_2O_2 (0, 12, 24, 36 e 48 μM), como subparcelas. Cada parcela continha duas plantas e o experimento foi conduzido com seis repetições. Os níveis de CEsn foram baseados em um estudo desenvolvido por Silva et al. (2022a), enquanto as concentrações de H_2O_2 foram estabelecidas com base no estudo de Silva et al. (2022b).

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 ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) teve condutividade elétrica de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ após preparação.

Tabela 1. Composição química da solução nutritiva recomendada por Hoagland & Arnon (1950), utilizada no cultivo hidropônico do tomate cereja

Nutrientes	Fertilizantes	Quantidade (g 1000 L ⁻¹)
P	KH_2PO_4	136,09
K/N	KNO_3	101,10
Ca	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236,15
Mg	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	246,49
B	H_3BO_3	3,10
Mn	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,70
Zn	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22
Cu	CuSO_4	0,75
Mo	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,25
	EDTA – Na	13,9
Fe	FeSO_4	13,9

As soluções nutritivas salinas foram preparadas de modo a se ter uma proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente. Isso foi alcançado a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, relação esta predominante em fontes de águas utilizadas para irrigação em pequenas propriedades do Nordeste, sendo considerada a relação entre CEa e concentração de sais (RICHARDS, 1954), conforme a Eq. 1, para preparar águas no laboratório.

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

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).

Para a produção das mudas foram utilizadas sementes de tomate cereja Laranja da blueline[®] (Santo Antônio de Posse/SP, Brasil). Essa cultivar tem ciclo de aproximadamente 90 dias, planta muito produtiva, frutos saborosos, e de cor laranja.

As sementes de tomate cereja foram semeadas em copos plásticos de 80 mL de capacidade, contendo substrato de fibra de coco e uma semente cada. Antes do semeio, a fibra de coco foi sanitizada e lavada com hipoclorito (2 a 2,5%). Desde a germinação até o aparecimento do segundo par de folhas verdadeiras, aplicou-se solução nutritiva na concentração de 50% da recomendação de Hoagland & Arnon (1950). Em seguida, as plantas foram removidas da fibra de coco e inseridas diretamente nos perfis hidropônicos aos 30 dias após semeadura (DAS), utilizando um tutoramento vertical com fitilho de nylon para manter o caule ereto.

Foi utilizado o sistema hidropônico tipo fluxo laminar de nutrientes - NFT, confeccionados a partir de tubos de PVC com diâmetro de 100 mm e comprimento de 6 m. O sistema foi composto por quatro subsistemas, com espaçamento de 0,80 m entre eles, cada um com três canais separados por 0,40 m. Nos canais o espaçamento entre plantas foi de 0,50 m e 1,0 m entre os tratamentos.

Os canais do sistema hidropônico foram instalados posicionados a uma altura de 0,60 m, com inclinação de 4% para auxiliar no escoamento da solução nutritiva. No nível mais baixo de cada bancada do sistema hidropônico, foi instalada uma caixa de polietileno de 150 L com a função de coletar e reconduzir a solução nutritiva para os canais. A solução nutritiva foi impulsionada ao cabeçario dos canais por bomba com potência de 35 W, com vazão média

de 3,0 L min⁻¹. A circulação da solução nutritiva foi programada por um temporizador, com fluxo intermitente de 15 min durante o dia e 45 min a noite, ajustado de acordo com a necessidade da cultura.

Para garantir que os valores da CEs_n e pH estivessem de acordo com os tratamentos estabelecidos, a solução nutritiva foi monitorada diariamente e renovada completamente a cada 12 dias. Quando necessário, a CEs_n foi ajustada com adição de água de abastecimento com CE_a (0,3 dS m⁻¹) enquanto o pH foi regulado pela adição de solução de 0,1 M KOH.

As concentrações de H₂O₂ foram obtidas através da diluição do H₂O₂ em água deionizada em cada evento de aplicação. As aplicações foram realizadas de forma manual com um borrifador, visando obter o molhamento completo das folhas (faces abaxial e adaxial). Foi adicionado um espelhante adesivo não iônico para quebrar a tensão superficial e aumentar a absorção pelas folhas. As aplicações foram realizadas a partir das 17 h 00 min, aplicando em média 19 mL por planta ao total, em intervalo de 12 dias totalizando 3 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 quando necessário.

Passados 10 dias da inserção das plantas nos perfis hidropônicos, iniciou-se a aplicação de H₂O₂. Após 72 h da aplicação das concentrações de H₂O₂, iniciou-se a aplicação das soluções nutritivas salinas, conforme os tratamentos estabelecidos.

Foram avaliadas, aos 64 dias após transplântio (DAT), as trocas gasosas foliares mediante determinação de condutância estomática - g_s (mol H₂O m⁻² s⁻¹), transpiração - E (mmol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ - A (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ - C_i (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), eficiência instantânea no uso da água - EUA [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹], eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol m⁻² s⁻¹)⁻¹], e eficiência intrínseca no uso da água - $EiUA$ [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹].

As trocas gasosas foram determinadas com o auxílio do analisador portátil de gás carbônico por infravermelho portátil (IRGA), modelo LCPro⁺ Portable Photosynthesis System[®] (ADC BioScientific Limited, UK), nas folhas localizadas no terço médio das plantas sob condições ambientais de temperatura, mantendo a concentração de CO₂ atmosférico e usando uma fonte de radiação artificial de 1.200 μmol m⁻² s⁻¹, estabelecido através da curva de resposta fotossintética à luz (FERNANDES et al., 2021).

Os pigmentos fotossintéticos foram quantificados de acordo com metodologia de Arnon (1949). A partir de 1 g de matéria fresca da terceira folha, 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 Eqs. 2, 3, 4 e 5. Os valores obtidos para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides foram expressos em mg g⁻¹ de MF (matéria fresca).

$$(Cl\ a) = 12,21 \times ABS_{663} - 2,81 \times ABS_{646} \quad (2)$$

$$(Cl\ b) = 20,13 \times ABS_{646} - 5,03 \times ABS_{663} \quad (3)$$

$$(Cl\ T) = 17,3 \times ABS_{646} + 7,18 \times ABS_{663} \quad (4)$$

$$(Car) = \frac{(1000 \times ABS_{470} - 1,82 \times Cl\ a - 85,02 \times Cl\ b)}{198} \quad (5)$$

A fluorescência da clorofila *a*, na fase escura, foi mensurada em folhas completamente expandidas do terço médio e pré-adaptadas ao escuro por 30 min, utilizando-se fluorômetro modulado (Sciences Inc.- Model OS-30p, Hudson, USA). Para tanto, foram colocadas pinças nas folhas durante 30 min antes das leituras para adaptação das folhas ao escuro e medidas a fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), razão F_v/F_0 e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m)

Para determinação do conteúdo relativo de água nas folhas (CRA), foram coletados e pesados (em balança analítica) quatro discos foliares (113 mm²) 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 °C. O CRA foi determinado de acordo com a metodologia de Weatherley (1950), utilizando-se a Eq. 6.

$$CRA = \frac{(MF - MS)}{(MT - MS)} \times 100 \dots \dots \dots (6)$$

Em que:

CRA - conteúdo relativo de água (%);

MF - massa fresca de folha (g);

MT - massa túrgida (g); e,

MS - massa seca (g).

A altura de plantas foi determinada a 5 cm do perfil hidropônico até a inserção do meristema apical, estabelecido medindo-se com régua graduada; o diâmetro do caule foi medido a 5 cm do perfil hidropônico com auxílio de paquímetro digital. A quantificação do número de folhas, foi obtido a partir da contagem de folhas, considerando comprimento

mínimo de 5 cm. Ao final do ciclo do tomate cereja Laranja (70 DAT), as plantas foram retiradas dos perfis hidropônicos e, em seguida, separadas em distintas partes e acondicionadas em sacos de papel sendo colocadas para secar em estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 65 °C durante 72 h. Posteriormente, o material foi pesado obtendo-se a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e de raiz (FSR), através de pesagem em balança com a precisão de 0,01 g.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro & Wilk) e posteriormente, realizou-se a análise de variância pelo teste ‘F’ em nível de $p \leq 0,05$ de probabilidade. Quando os resultados foram significativos, realizou-se análise de regressão polinomial para os níveis de solução nutritiva salina e concentrações de peróxido de hidrogênio, utilizando-se do software estatístico SISVAR – ESAL (FERREIRA, 2019). Foi utilizado o software SigmaPlot® para confecção das curvas de superfície de resposta nos casos em que houve efeito significativo da interação entre os fatores (CEsn \times H₂O₂).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina e peróxido de hidrogênio (CEsn \times H₂O₂) sobre a condutância estomática (*gs*), a concentração interna de CO₂ (*Ci*) e a eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) das plantas de tomateiro (Tabela 2). A CEsn afetou significativamente a transpiração (*E*), a taxa de assimilação de CO₂ (*A*) e a eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) das plantas do tomateiro; as concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis de trocas gasosas analisadas.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (*gs*), transpiração (*E*), taxa de assimilação de CO₂ (*A*), concentração interna de CO₂ (*Ci*), eficiência instantânea do uso da água (*EUA*), eficiência instantânea da carboxilação (*EiCi*) e eficiência intrínseca do uso da água (*EiUA*) das plantas do tomate cereja cultivadas com solução nutritiva salinas (CEsn) e aplicação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 65 dias após o transplântio.

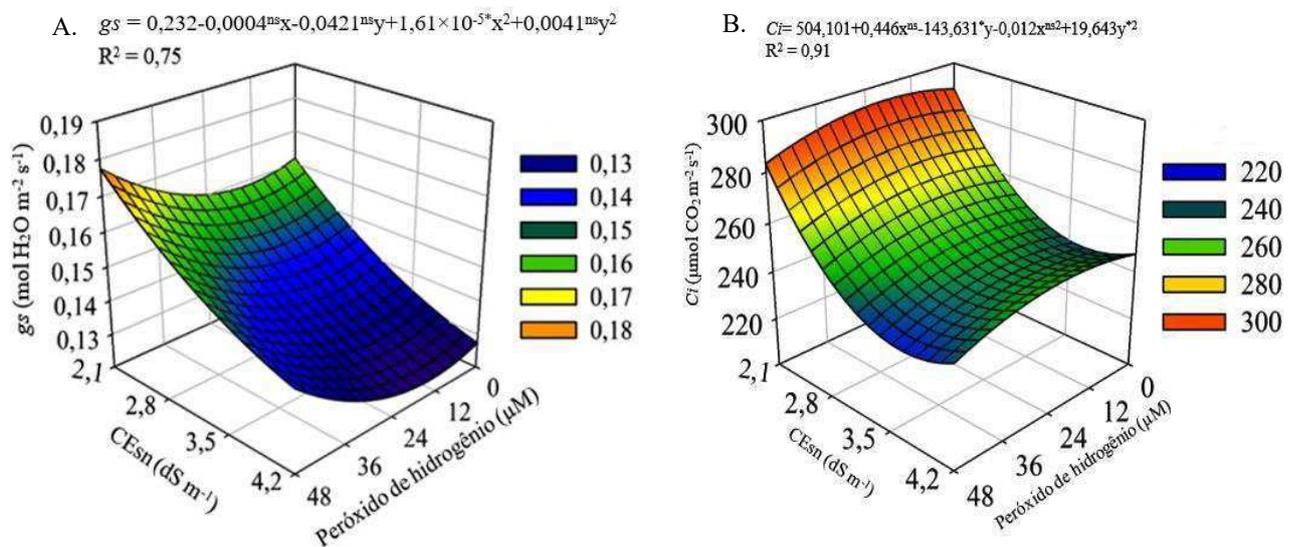
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios						
		<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>Ci</i>	<i>EUA</i>	<i>EiCi</i>	<i>EiUA</i>
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	0,009*	1,623*	22,57**	6719,12**	0,799 ^{ns}	0,00012**	1387,0**
Regressão linear	1	0,009**	4,06**	57,80**	14967,2**	2,36 ^{ns}	0,00035**	38,72**
Regressão quadrática	1	0,0002*	0,60*	9,93 ^{ns}	4593,7**	0,0015 ^{ns}	0,00073 ^{ns}	83,66**
Residual 1	6	0,0025	0,060	0,409	31,06	0,016	0,00015	5,44
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	0,007*	0,672 ^{ns}	1,077 ^{ns}	645,27*	0,309 ^{ns}	0,00018 ^{ns}	568,3**
Regressão linear	1	0,001*	1,65 ^{ns}	2,67*	1044,3**	0,91 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	38,07*

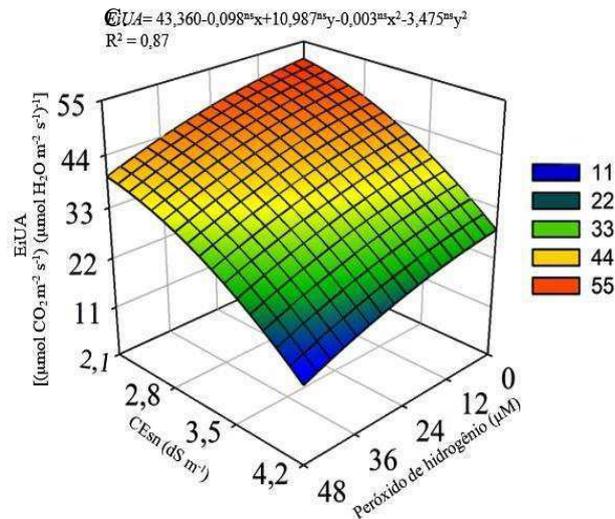
Regressão quadrática	1	0,009*	0,05 ^{ns}	0,71 ^{ns}	656,09**	0,01 ^{ns}	0,00010*	1191,7**
Interação (CEsn × H ₂ O ₂)	12	0,002*	0,179 ^{ns}	0,858 ^{ns}	175,14*	0,039 ^{ns}	0,00014 ^{ns}	118,84**
Residual 2	34	0,006	0,270	1,091	96,42	0,021	0,00011	37,85
CV 1(%)		5,57	6,56	10,57	2,17	7,89	14,17	5,89
CV 2(%)		5,25	13,92	17,25	3,82	8,90	14,90	15,77

ns, e **Respectivamente não significativo, significativo em nível de $p \leq 0.01$. GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação

A condutância estomática do tomate cereja laranja reduziu com o incremento da CEsn, independente da concentração do peróxido de hidrogênio (Figura 2A). Entretanto, verificou-se que a aplicação foliar do peróxido de hidrogênio na concentração de 48 μM foi capaz de reduzir os efeitos do estresse salino, obtendo-se o valor máximo estimado de 0,179 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ na g_s das plantas submetidas à CEsn de 2,1 dS m^{-1} , correspondendo a um aumento de 10,49% (0,017 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação às plantas submetidas ao mesmo nível de CEsn (2,1 dS m^{-1}) e sem aplicação do peróxido de hidrogênio. Vale ressaltar que no presente estudo foi verificado que a aplicação de H₂O₂ em concentração maior que 36 μM , intensificou os efeitos deletérios do estresse salino sobre a condutância estomática das plantas do tomate cereja Laranja.

A redução da condutância estomática é uma estratégia para reduzir a perda de água, possibilitando assim a absorção de água e sais da solução do solo, sem afetar a atividade fotossintética (DIAS et al., 2019). Os efeitos positivos do H₂O₂ na condutância estomática das plantas, até a concentração de 36 μM , podem ser atribuídos aos mecanismos de defesa da planta que induzem a sinalização e a ativação do sistema enzimático antioxidante e, assim, atenuam os efeitos prejudiciais do estresse salino (CARVALHO et al., 2011).





x e y - Concentração de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ e condutividade elétrica da solução nutritiva – CESn, respectivamente; ^{ns}, * - Significativo em nível de p ≤ 0,05 pelo teste F, respectivamente.

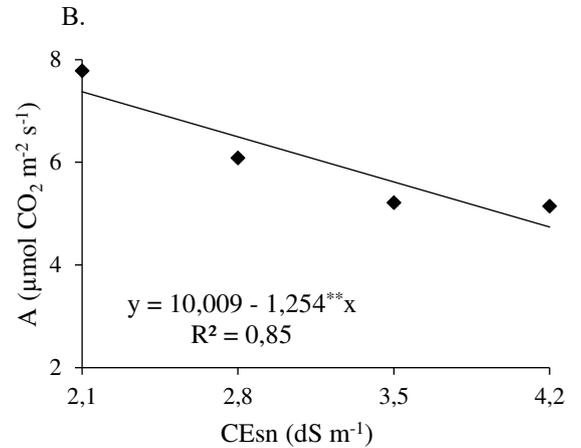
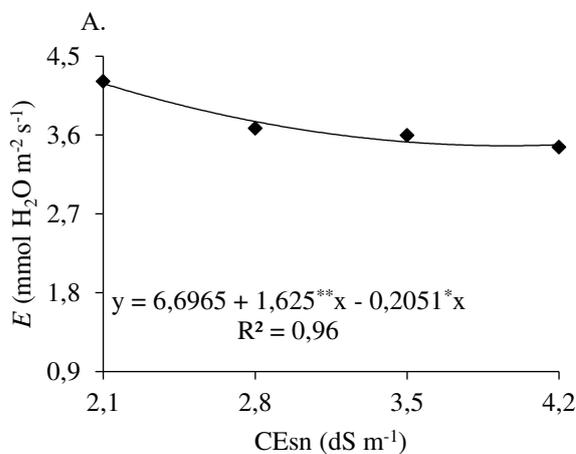
Figura 2. Condutância estomática - *gs* (A), concentração interna de CO₂ - *Ci* (B) e eficiência intrínseca do uso da água - *EiUA* (C) das plantas de tomate cereja, em função da interação entre solução nutritiva salina – CESn e concentrações de peróxido de hidrogênio – H₂O₂ em sistema hidropônico, aos 65 dias após o transplântio.

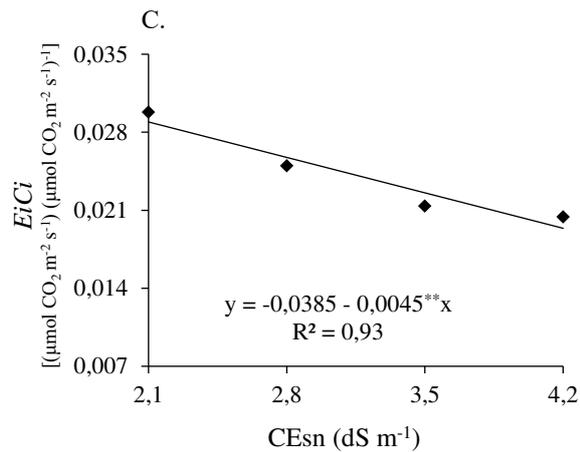
Com relação à concentração interna de CO₂ (Figura 2B), verifica-se que as plantas cultivadas sob CESn de 2,1 dS m⁻¹ obtiveram o maior valor estimado de (293,24 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) quando submetidas à concentração de 19 μM de H₂O₂. Enquanto, o menor valor de *Ci* (235,34 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) foi observado nas plantas submetidas à concentração de 48 μM de peróxido de hidrogênio e CESn de 3,7 dS m⁻¹. A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em plantas sob estresse salino pode contribuir com a ativação do sistema de defesa através da atividade de enzimas antioxidantes, como o superóxido dismutase, catalase e ascorbato peroxidase resultando em diminuição dos os efeitos deletérios nas trocas gasosas foliares (CARVALHO et al., 2011). Durante a fotossíntese, o CO₂ fixado na célula do mesófilo é consumido na síntese de açúcares, o que resulta em uma redução (DIAS et al., 2018). Dantas et al. (2022a) analisando abobrinha italiana cultivada com CESn (2,1 a 6,6 dS m⁻¹) em sistema hidropônico tipo NFT, também verificaram que a concentração interna de CO₂ diminuiu com o aumento da salinidade da água de irrigação e o menor valor foi obtido nas plantas submetidas à CESn de 6,6 dS m⁻¹.

Para a eficiência intrínseca do uso da água do tomate cereja Laranja (Figura 2C), verifica-se que as plantas cultivadas sob CESn de 2,1 dS m⁻¹ obtiveram o maior valor estimado 51,11 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹], quando submetidas à concentração de 0 μM de H₂O₂. O menor valor de 16,59 [(μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) (μmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] foi

verificado na CEsn de 4,2 dS m⁻¹ sob concentração de 48 μM de H₂O₂, com redução de 68,16 % quando comparado com o maior valor da eficiência intrínseca do uso da água. A redução na eficiência intrínseca no uso da água pode estar relacionada ao estresse osmótico e absorção de íons tóxicos, que sob condições estressantes, de seca ou salinidade, a diminuição da perda de água por meio do fechamento dos estômatos também restringe a entrada de CO₂ (SÁ et al., 2019).

A transpiração foi reduzida com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn), sendo o valor máximo estimado de 4,19 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ obtido nas plantas sob solução nutritiva salina de 2,1 dS m⁻¹, enquanto as submetidas à CEsn de 4,2 dS m⁻¹ expressaram a menor *E* (3,49 mmol H₂O m⁻² s⁻¹) (Figura 3A). O fechamento estomático refletiu em menor transpiração, estratégia utilizada pelas plantas para reduzir a perda de água, em consequência da menor absorção de água e nutrientes. Contudo, esse mecanismo pode ser benéfico em condições de estresse salino, em que a transpiração cria uma pressão negativa da água na parte aérea que pode ser equilibrada através de maior absorção de água pelas raízes formando um mecanismo de tolerância ao estresse salino (LIMA et al., 2017).





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

Figura 3. Transpiração - E (A), taxa de assimilação de CO_2 - A (B) e eficiência instantânea de carboxilação - $EiCi$ (C) das plantas de tomate cereja, em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CESn em sistema hidropônico, aos 65 dias após o transplântio.

Devido à redução na condutância estomática (Figura 2A) e na transpiração (Figura 3A), nas plantas que foram submetidas a diferentes níveis de salinidade da solução nutritiva, a taxa de assimilação de CO_2 foi comprometida, apresentando uma diminuição de 12,53% por incremento unitário da CESn (Figura 3B). A salinidade da solução nutritiva pode ter induzido o desbalanço no processo de fotossíntese do tomateiro, uma vez que essa planta possui metabolismo fotossintético C_3 e precisa manter os estômatos abertos por mais tempo para fixar CO_2 pela enzima RuBisCO no ciclo de Calvin (GUIMARÃES et al., 2019). Roque et al. (2022) avaliando o tomate cereja cultivado em vasos sob irrigação com águas salinas, verificaram diminuição na taxa de assimilação de CO_2 com o aumento da concentração na água de irrigação, quando as plantas foram irrigadas com água de alta salinidade (4,3 dS m⁻¹), em comparação com as cultivadas com água de baixa salinidade (0,3 dS m⁻¹).

A eficiência instantânea da carboxilação (Figura 3C) decresceu linearmente com o aumento nos níveis de salinidades da solução nutritiva, sendo a diminuição de 11,69% por aumento unitário nos níveis de CESn. Em termos relativos, verifica-se redução de 32,53% na $EiCi$ das plantas cultivadas sob CESn de 4,2 dS m⁻¹ em relação às submetidas ao menor nível salino (2,1 dS m⁻¹). A eficiência instantânea da carboxilação ($EiCi$) está diretamente ligada à taxa de assimilação de CO_2 e a concentração intracelular de CO_2 . Além disso, à medida que o estresse salino se torna mais severo, a desidratação das células do mesofilo inibe a fotossíntese, o metabolismo do mesofilo é prejudicado e, conseqüentemente, a eficiência da carboxilação é diminuída (JACINTO JUNIOR et al., 2019).

Os níveis salinos da solução nutritiva influenciaram de forma significativa a fluorescência máxima (F_m), e a variável (F_v) de tomateiro, aos 65 dias após a semeadura. As concentrações de peróxido de hidrogênio e a interação entre os fatores ($CEsn \times H_2O_2$) não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis mensuradas, aos 65 dias após o transplântio.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) e eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II na fase escura (F_v/F_0) de plantas de tomateiro cultivadas com solução nutritiva salina ($CEsn$) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplântio.

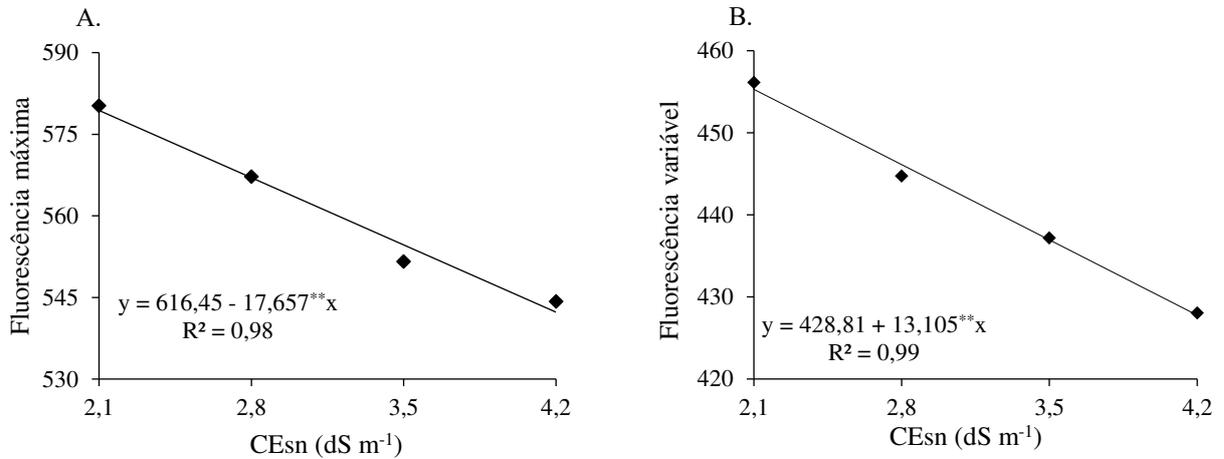
Fontes de Variação	GL	Quadrados médios				
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m	F_v/F_0
Solução nutritiva salina ($CEsn$)	3	2206,7 ^{ns}	3883,3 ^{**}	2117,6 ^{**}	0,004 ^{ns}	0,109 ^{ns}
Regressão linear	1	5401,7 ^{ns}	11445,3 ^{**}	6311,2 ^{**}	0,014 ^{**}	0,3181 ^{ns}
Regressão quadrática	1	62,0 ^{ns}	120,4 ^{ns}	19,26 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,001 ^{ns}
Residual 1	6	89,76	101,1	14,57	0,000	0,058
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	4	26,94 ^{ns}	743,8 ^{ns}	524,41 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1,995 ^{ns}
Regressão linear	12	16,13 ^{ns}	800,8 ^{ns}	73,63 ^{ns}	0,003 ^{ns}	5,106 ^{ns}
Regressão quadrática	1	66,88 ^{ns}	1030,0 ^{ns}	257,52 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,991 ^{ns}
Interação ($CEsn \times H_2O_2$)	12	407,85 ^{ns}	262,5 ^{ns}	24,07 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,055 ^{ns}
Residual 2	34	47,39	136,30	575,40	0,0002	0,042
CV 1(%)		6,87	1,79	0,86	1,93	7,51
CV 2(%)		4,99	2,08	5,43	2,84	6,44

ns, e ** Respectivamente não significativo, significativo em nível de $p \leq 0.01$; GL- Graus de liberdade, CV- Coeficiente de variação

A fluorescência máxima (F_m) das plantas de tomate cereja cv Laranja reduziu linearmente com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva salina, com decréscimos de 2,86% por incremento unitário da $CEsn$ (Figura 4A). Em termos relativos, constata-se um declínio de 6,4% na F_m de plantas submetidas à $CEsn$ de 4,2 dS m^{-1} em relação as cultivadas com solução nutritiva salina de 2,1 dS m^{-1} .

A diminuição da F_m é causada pela inativação do PSII nas membranas dos tilacoides, que por sua vez é resultado da redução da quinona, o fluxo de elétrons entre os fotossistemas é afetado pela redução. Tal situação pode ter refletido de forma negativa na atividade fotoquímica das folhas, considerando que uma F_m elevada afeta a transferência de energia para a formação do redutor NADPH, ATP e ferredoxina reduzida, promovendo uma maior capacidade de assimilação do CO_2 na fase bioquímica da fotossíntese (DIAS et al., 2021). Resultados semelhantes foram encontrados por Mendonça et al. (2022), em plantas de quiabeiro sob solução nutritiva salina, em que verificaram decréscimos na fluorescência

máxima de 4,13% por incremento unitário da CEs_n.



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

Figura 4. Fluorescência máxima (A), e variável (B) das plantas de tomate cereja, em função dos níveis salinos da solução nutritiva - CEs_n em sistema hidropônico, aos 64 dias após o transplantio

A fluorescência variável (F_v) das plantas de tomate cereja diminuiu com o aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 4B), com redução de 3,05% por incremento unitário da CEs_n. A fluorescência variável está relacionada à habilidade da planta em transferir a energia dos elétrons liberados pelas moléculas de pigmento para a produção de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida. Desse modo, a redução na F_v em função do aumento da salinidade, indica que a eficiência do aparato fotossintético foi danificada pelo estresse salino, e conseqüentemente com efeitos negativos sobre o processo fotossintético (DIAS et al., 2019).

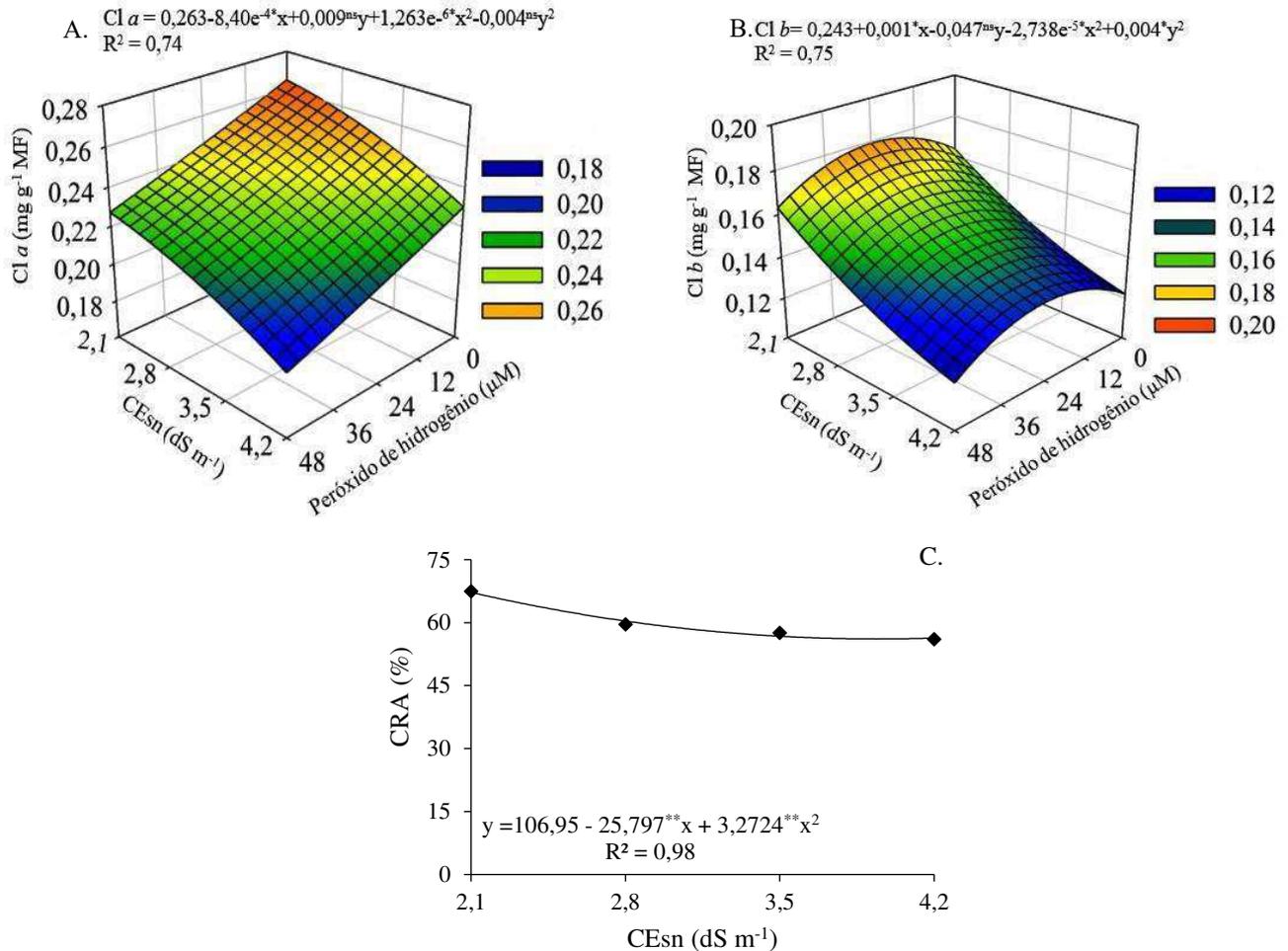
Houve efeito significativo da interação entre solução nutritiva salina e concentrações de peróxido de hidrogênio ($\text{CEsn} \times \text{H}_2\text{O}_2$) para os teores de clorofila *a* ($\text{Cl } a$) e *b* ($\text{Cl } b$) das plantas de tomate cereja (Tabela 4). Os níveis salinos da solução nutritiva (CEsn) proporcionaram um efeito significativo sobre o conteúdo relativo de água (CRA)) das plantas de tomate cereja, aos 65 dias após o transplantio.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os teores de clorofila *a* (Cl *a*), clorofila *b* (Cl *b*), clorofila *a/b* (*a/b*), clorofila total (Cl *T*), carotenoides (Car) e conteúdo relativo de água (CRA) das plantas de tomate cereja, cultivadas com solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 65 dias após o transplântio

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		Cl <i>a</i>	Cl <i>b</i>	Cl <i>a/b</i>	Cl <i>T</i>	Car	CRA
Solução nutritiva salina (CEsn)	3	0,008**	0,004**	0,730 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,00073 ^{ns}	387,52**
Regressão linear	1	0,023**	0,012**	2,14**	0,085**	0,00027*	986,2**
Regressão quadrática	1	0,001**	0,0005 ^{ns}	0,028 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,00013 ^{ns}	154,2**
Residual 1	6	0,0002	0,0004	0,019	0,001	0,00029	4,69
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	0,003**	0,003**	0,391 ^{ns}	0,0036 ^{ns}	0,00018 ^{ns}	20,57 ^{ns}
Regressão linear	1	0,0006 ^{ns}	0,002**	0,448 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,00012 ^{ns}	0,198 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,0003*	0,0002**	0,781 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,00010 ^{ns}	80,20**
Interação (CEsn × H ₂ O ₂)	12	0,001**	0,0001*	0,051 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,00024 ^{ns}	14,10 ^{ns}
Residual 2	34	0,000	0,000	0,029	0,001	0,00052	15,88
CV 1(%)		3,59	6,76	6,22	11,72	6,10	3,80
CV 2(%)		8,81	10,30	7,59	12,08	9,58	6,62

ns, e **Respectivamente não significativo, significativo em nível de $p \leq 0.01$. GL - Graus de liberdade, CV - Coeficiente de variação

Em condições de maior nível de salinidade da solução nutritiva (4,2 dS m⁻¹) a aplicação de peróxido de hidrogênio na concentração de 48 µM reduziu significativamente os teores de clorofila *a*, sendo o valor mínimo de 0,193 mg g⁻¹ MF (Figura 5A). Por outro lado, em condições de menor salinidade da solução nutritiva (2,1 dS m⁻¹) e sem aplicação foliar de H₂O₂, constata-se maiores teores de Cl *a* (0,264 mg g⁻¹ MF). Quanto aos teores de clorofila *b*, notou-se que as plantas submetidas à CEsn de 2,1 dS m⁻¹ e peróxido de hidrogênio na concentração de 18 µM de H₂O₂ obtiveram o maior valor de Cl *b* (0,171 mg g⁻¹ MF) (Figura 5B). Por outro lado, os menores teores de Cl *b* (0,101 mg g⁻¹) foram verificados nas plantas cultivadas sob CEsn de 4,2 dS m⁻¹ e 48 µM de H₂O₂.



x e y - Concentração de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsN respectivamente;
^{ns}, * - não significativo, Significativo em nível de $p \leq 0,05$, respectivamente.

Figura 5. Teores de clorofila *a* - Cl *a* (A), *b* - Cl *b* (B) das plantas de tomate cereja em cultivo hidropônico, em função da interação entre solução nutritiva salina – CEsN e concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ e conteúdo relativo de água – CRA no limbo foliar (C), em função dos níveis de CEsN, aos 65 dias após o transplantio.

Os resultados obtidos podem ser atribuídos a síntese de espécies reativas de oxigênio, que é favorecida pelo déficit hídrico causado pelo estresse salino, dificultando o metabolismo das plantas, por meio da oxidação de pigmentos fotossintéticos, incluindo a clorofila *b* (SILVA et al., 2016). Segundo Nóbrega et al. (2020), a presença excessiva de sais nos tecidos das plantas pode afetar a síntese de clorofila *a* e *b*, devido a sua degradação pela ativação da enzima clorofilase o que diminui a fotossíntese e a produção de proteínas de pigmentação.

Para o conteúdo relativo de água - CRA (Figura 5C) verificou-se que as plantas de tomate cereja cultivadas sob CEsN de 2,1 dS m⁻¹, obtiveram o valor máximo estimado de 67,48%. Em contraste, o valor mínimo de CRA foi de 56,06% verificado na CEsN de 4,2 dS

m⁻¹. A redução no conteúdo de água no limbo foliar reflete a ação dos efeitos osmóticos pela alta concentração de sais que restringe a absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Houve um efeito significativo dos níveis de salinidade da solução nutritiva sobre o diâmetro do caule (DC), a fitomassa seca do caule (FSC) e de raiz (FSR) das plantas de tomate cereja. A interação entre os fatores (CESn × H₂O₂) influenciaram de forma significativa a altura de plantas de tomate. Por outro lado, as concentrações de peróxido de hidrogênio não afetaram de forma significativa nenhuma das variáveis avaliadas, aos 70 dias após o transplântio (Tabela 5).

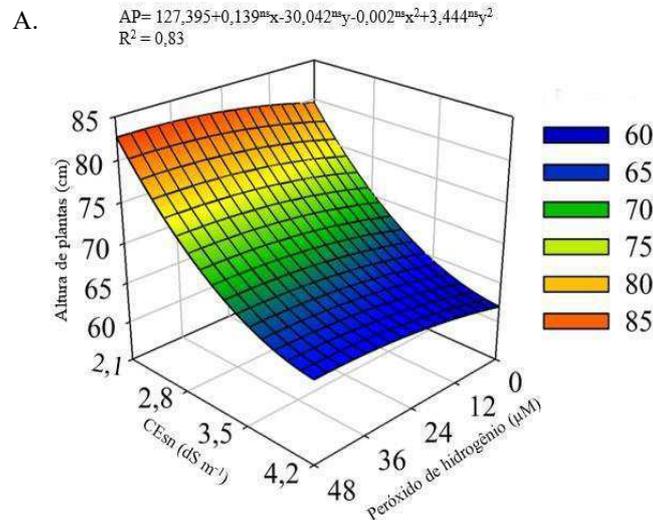
Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de plantas (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), fitomassa seca de folhas (FSF), de caule (FSC) e de raiz (FSR) das plantas de tomate cereja, cultivadas com solução nutritiva salina (CESn) e concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em sistema hidropônico, aos 70 dias após o transplântio.

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios					
		AP	DC	NF	FSF	FSC	FSR
Solução nutritiva salina (CESn)	3	1014,8**	18,82*	60,977 ^{ns}	10,675 ^{ns}	16,770*	6,46*
Regressão linear	6	2914,0**	51,79**	0,00032 ^{ns}	14,822 ^{ns}	36,45**	11,46*
Regressão quadrática	1	120,41 ^{ns}	2,59 ^{ns}	117,60 ^{ns}	5,787 ^{ns}	10,79*	0,277 ^{ns}
Residual 1	1	20,62	0,978	16,09	2,691	1,662	0,61
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	36,54 ^{ns}	0,857 ^{ns}	22,566 ^{ns}	3,294 ^{ns}	3,149 ^{ns}	1,41 ^{ns}
Regressão linear	1	0,208 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,033 ^{ns}	1,961 ^{ns}	0,741 ^{ns}	5,24 ^{ns}
Regressão quadrática	1	118,33 ^{ns}	1,537 ^{ns}	14,880 ^{ns}	7,978 ^{ns}	7,86 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Interação (CESn × H ₂ O ₂)	12	88,87*	1,632 ^{ns}	17,144 ^{ns}	8,194 ^{ns}	3,358 ^{ns}	1,42 ^{ns}
Residual 2	34	27,00	0,525	6,395	3,205	0,926	0,57
CV 1(%)		6,47	10,84	11,85	9,72	10,15	11,07
CV 2(%)		7,40	7,94	7,47	10,60	7,58	10,63

GL - graus 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 do tomate cereja Laranja reduziu com o incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 6). Entretanto, verificou-se que a aplicação foliar do peróxido de hidrogênio na concentração de 48 µM, foi capaz de reduzir os efeitos do estresse salino, obtendo o valor máximo estimado de 81,56 cm na AP sob CESn de 2,1 dS m⁻¹, correspondendo um aumento de 2,53% (2,06 cm) em relação às plantas cultivadas com o mesmo nível de CESn (2,1 dS m⁻¹) e sem aplicação do peróxido de hidrogênio. Plantas que crescem sob estresse salino podem ter uma redução na sua absorção de água afetando o seu desenvolvimento devido aos efeitos osmóticos e iônicos que alteram a taxa fotossintética e o metabolismo das plantas (LIMA et al., 2020). Entretanto, neste estudo, o efeito benéfico obtido pela aplicação foliar de 36 µM de peróxido de hidrogênio possivelmente estar relacionado ao seu papel de sinalizador contribuindo na produção de proteínas e carboidratos,

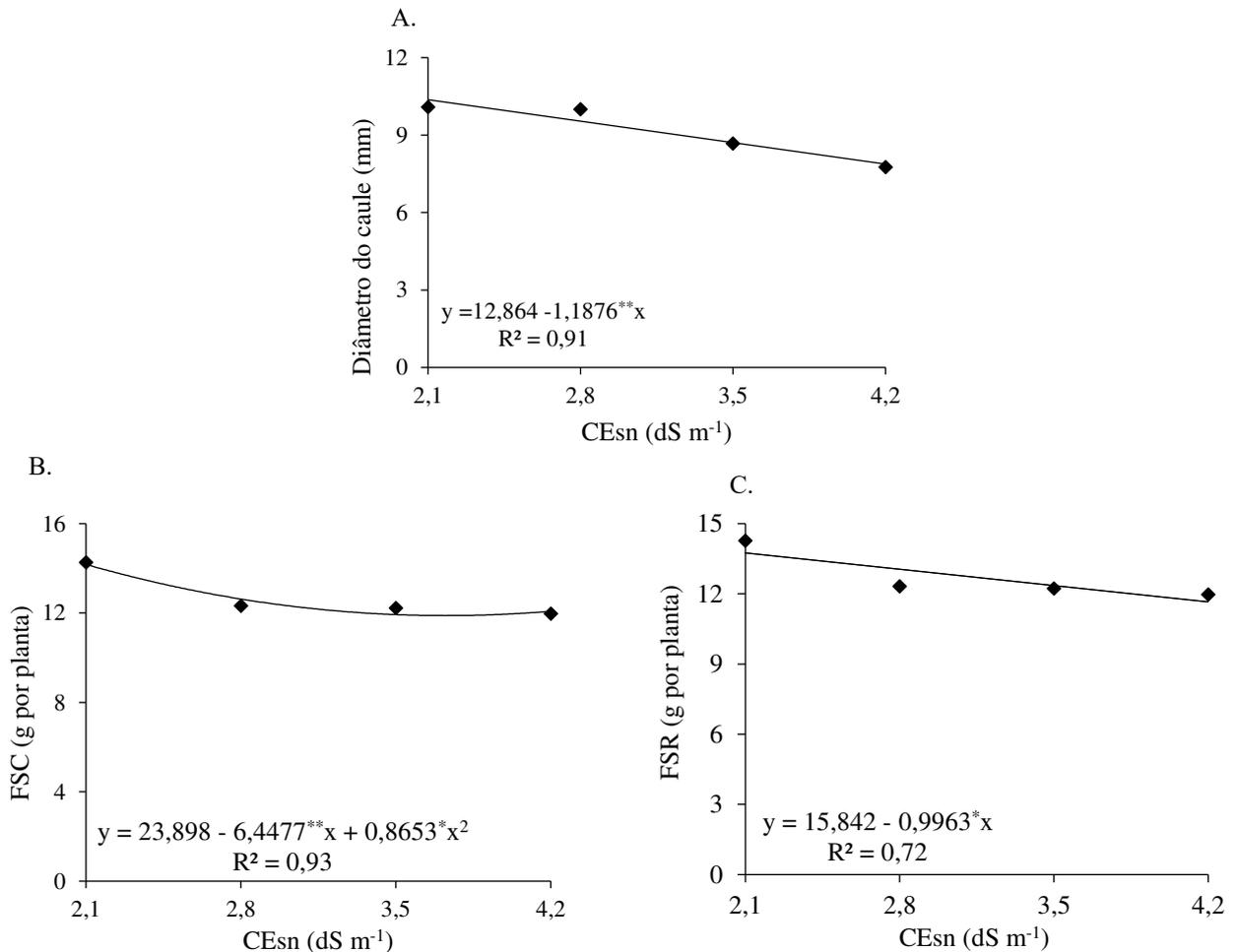
além de impulsionar o sistema de defesa das plantas, desintoxicando as espécies reativas de oxigênio e auxiliando no crescimento das plantas (SILVA et al., 2022b).



x e y - Concentração de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 e condutividade elétrica da solução nutritiva - CESn respectivamente; ^{ns}, não significativo.

Figura 6. Altura de plantas de tomate cereja em função da interação entre os níveis de solução nutritiva salina – CESn e concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 , aos 70 dias após o transplântio

O diâmetro do caule das plantas do tomate cereja reduziu linearmente com o incremento nos níveis salinos da solução nutritiva (Figura 7A), sendo o decréscimo de 9,3% por aumento unitário da CESn. Ao comparar o DC das plantas submetidas à CESn de 4,2 $dS\ m^{-1}$ em relação as que receberam o menor nível salino da solução nutritiva (2,1 $dS\ m^{-1}$), constata-se redução de 24,04%. Essa diminuição no crescimento em diâmetro do caule pode estar ligada ao aumento de espécies reativas de oxigênio que causam vários distúrbios bioquímicos e alterações fisiológicas, como a diminuição da abertura estomática, que impõe limitações ao crescimento da planta (DANTAS et al., 2021).



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

Figura 7. Diâmetro do caule - DC (A), fitomassa seca de caule - FSC (B) e da raiz - FSR (C) das plantas de tomate cereja, em função dos níveis salinos da solução nutritiva – CEsn, em sistema hidropônico, aos 70 dias após o transplantio

Para a fitomassa seca do caule (Figura 7B), nota-se que as plantas sob solução nutritiva de 2,1 dS m⁻¹ alcançaram o valor máximo estimado de 14,17 g por planta; enquanto as submetidas à CEsn de 4,2 dS m⁻¹ expressaram o menor acúmulo de FSC (11,93 g por planta). A redução no acúmulo de fitomassa pode estar relacionada à diminuição da taxa fotossintética das plantas. O excesso de sais pode prejudicar os aspectos fisiológicos da planta, causando alterações iônicas, osmóticas, hormonais e nutricionais e, por conseguinte no crescimento abaixo ideal (ROQUE et al., 2022). Em pesquisa realizada por Silva et al. (2022a) com tomate cereja cultivada sob estresse salino em vasos, constataram que plantas irrigadas com água de baixa salinidade (0,6 dS m⁻¹) apresentaram superioridade de 10,72 g em relação às plantas sob irrigação com água de CEa de 2,6 dS m⁻¹.

Quanto a fitomassa seca de raiz das plantas de tomate cereja (Figura 7C), verifica-se comportamento linear decrescente com o aumento da salinidade da solução nutritiva, sendo o

declínio de 6,29% por incremento unitário da CEsn. As plantas submetidas a 4,2 dS m⁻¹ reduziram a FSR em 15,21% (2,09 g por planta) em relação as que receberam 2,1 dS m⁻¹ da CEsn. A redução da fitomassa seca de raiz é resultado do menor crescimento da raiz.

O efeito da salinidade no sistema radicular ocorre devido ao contato direto entre as raízes e os sais presentes no ambiente, o que retarda o crescimento e as taxas de evaporação (LIMA et al., 2014). Esta redução pode estar relacionada aos efeitos deletérios causados pelo estresse salino, uma vez que as altas concentrações de sais de sódio afetam negativamente os aspectos fisiológicos das plantas, promovendo alterações iônicas, osmóticas, hormonais e nutricionais, causando desta forma redução do crescimento e, conseqüentemente, do acúmulo de fitomassa (SÁ et al., 2019). Mendonça et al. (2022) ao avaliarem plantas de quiabeiro submetidas a estresse salino, verificaram uma redução no acúmulo de fitomassa seca nas raízes com diminuição de 9,11% por incremento unitário da CEsn.

4. CONCLUSÕES

A salinidade da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ afeta negativamente as trocas gasosas foliares, a eficiência fotoquímica, os pigmentos fotossintéticos, o conteúdo relativo de água e o crescimento do tomate cereja, aos 65 dias após o transplantio. A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio nas concentrações de 36 e 48 µM associadas à solução nutritiva salina, de 2,1 dS m⁻¹ estimula o crescimento em altura de plantas e a síntese de clorofila *b*, respectivamente, no tomate cereja. O peróxido de hidrogênio, de forma isolada, não afetou as trocas gasosas, a florescência da clorofila, os pigmentos fotossintéticos e o crescimento da cultura do tomate cereja Laranja, aos 65 dias após o transplantio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARES, C. A. Köppen climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2013.
- BEN-AMOR, N.; JIMENEZ, A.; MEGDICHE, W.; LUNDQVIST, M.; SEVILLA, F.; ABDELLY, C. Response of antioxidant systems to NaCl stress in the halophyte *Cakile maritima*. *Physiologia Plantarum*, v.126, p.446-457, 2006.
- CARVALHO, F. E. L.; LOBO, A. K. M.; BONIFACIO, A.; MARTINS, M. O.; LIMA NETO, M. C.; SILVEIRA, J. A. G. Aclimação ao estresse salino em plantas de arroz induzida pelo pré-tratamento com H₂O₂. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.416-423, 2019.
- CASTAÑEDA, W.; TORO, M.; SOLORZANO, A.; ZÚÑIGA-DÁVILA, D. Production and nutritional quality of tomatoes (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) are improved in the presence of biochar and inoculation with arbuscular mycorrhizae. *American Journal of Plant Sciences*, v.11, p.426436, 2020.
- COSTA, A.A.; PAIVA, E.P.; TORRES, S.B.; SOUZA NETA, M.L.; PEREIRA, K.T.O.; LEITE, M.S.; SÁ, F.V.S.; BENEDITO, C.P. Osmoprotection in *Salvia hispanica* L. seeds under water stress attenuators. *Brazilian Journal Biology*, v.82, p.458-478, 2020.
- 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.
- 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, p.2177-5133, 2021.
- 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.
- DIAS, A.S. et al. Gas exchanges and photochemical efficiency of West Indian cherry cultivated with saline water and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.22 p.628-633, 2021.
- FERNANDES, E. A.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. De; SILVA NETA, A. M. de S., ROQUE, I. A.; SILVA, F. A. da, FERNANDES, P. D., & LACERDA, C. N. De. Cell damage, gas exchange, and growth of *Annona squamosa* L. under saline water irrigation

- and potassium fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v.42 p.999-1018, 2021.
- 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.
- FRANCA, R. J. F.; LEITÃO, M. M. V. B. R.; CAMPECHE, L. F. S. M. Produtividade do tomate cereja em ambiente protegido e céu aberto em função das lâminas e intermitências de irrigação. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.11, p.1364-1370, 2017.
- GONÇALVES, D. C.; FERNANDES, C. H. Dos S.; TEJO, D. P.; VIDAL, T. C. M. Cultivo tomate cereja sob sistema hidropônico: Influência do turno de rega. *Uniciências*, v.22, p.20-23, 2018.
- GUEDES, R. A.; OLIVEIRA, F. D. A. de; ALVES, R. D. C.; MEDEIROS, A. S. de; GOMES, L. P.; COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.913-919, 2015.
- GUIMARÃES, R. F. B.; MAIA JÚNIOR, S. de O.; NASCIMENTO, R. do; MELO, D. F. de; RAMOS, J. G.; ANDRADE, J. R de. Trocas gasosas em cultivares de alface crespa em cultivo hidropônico com água salina. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada* v.13, p. 3599 - 3609, 2019.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. 1. Ed. Berkeley: UFCC, 1950. 39 p.
- JACINTO JUNIOR, S. G.; LUCENA, E. M. P. de . Morphophysiological changes and secondary metabolites produced by bean plants subjected to water stress: an integrative review. *Research, Society and Development*, v.11, p.445, 2019.
- LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D.; FURTADO, G. de F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônica da água. *Irriga*, v.22, p.757-774, 2017.
- LIMA, G. S. de; SANTOS, J. B. dos; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; PEREIRA, R. F. Irrigação com águas salinas e aplicação de prolina foliar em cultivo de pimentão 'All Big'. *Comunicata Scientiae*, v.7, p.513-522. 2016.
- LIMA, G. S. de; SILVA, A. R. P. da; SÁ, F. V. da S.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, p.217-225, 2020.
- 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. de; 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.
- NÓBREGA, J. S.; BRUNO, R. de L. A.; FIGUEIREDO, F. R. A.; da SILVA, T. I.; de FÁTIMA, R. T. de; RIBEIRO, J. E. da S.; NASCIMENTO, R. G. S. Acúmulo de biomassa e pigmentos fotossintéticos em plantas de *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze sob estresse salino e doses de ácido salicílico. *Research, Society and Development*, v.9, p.1219-1286, 2020.
- RICHARDS, L. A. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: US Department of Agriculture, USDA. 1954. 160p.
- ROQUE, I. A.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; LOPES, I. A. P.; SILVA, L. A.; FERNANDES, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, v.35, p.686-696, 2022.
- 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.
- 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.
- SILVA, A. A. R da, SOUSA, P. F. do N., LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R., AZEVEDO, C. A. V. de. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. *Water, Air, and Soil Pollution*, v.233, p.198, 2022b.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; SOUZA, L. de P.; VELOSO, L. L. de S. Gas exchanges and growth of passion fruit seedlings under salt stress and hydrogen peroxide. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.49, p.55-71, 2019.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; 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, A. A. R. da; VELOSO, L. L. de S. A.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; CHAVES, L. H. G.; SILVA, F. de A. da; DIAS, M. dos S.; FERNANDES, P. D. Induction of salt stress tolerance in cherry tomatões under different salicylic acid application methods. *Semina: Ciências Agrárias*, v.43, p.1145-1166, 2022a.
- SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. F. de; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. de A. de; SILVA

- JUNIOR, M. J. da; NASCIMENTO, I. B. do. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.66-72, 2014.
- SUN, Y. L.; WANG, Y. H.; DENG, L. F.; SHI, X.; BAI, X. F. Moderate soil salinity alleviates the impacts of drought on growth and water status of plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, v.67, p.153-161, 2020.
- TAVARES FILHO, G.; SILVA, D. F. da; MASCARENHAS, N. M. H.; LINS, R. C.; OLIVEIRA, F. F. de; ARAÚJO, C. A. de S.; MATIAS, S. S. R.; FREITAS NETO, J. P. de. Qualidade da água no semiárido e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da *Moringa oleifera* Lam. *Revista de Ciências Agrárias*, v.43, p.293-301, 2020.
- VELOSO, L. L. S. A.; da SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; GHEYI, H. R.; MOREIRA, R. C. L. Gas exchange and growth of soursop under salt stress and H₂O₂ application methods. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.26, p.119- 125, 2022.
- 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 IV: PRODUÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE TOMATE CEREJA HIDROPÔNICO SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

RESUMO

O tomate cereja é uma hortícola de grande importância socioeconômica no mercado brasileiro. Contudo, no semiárido do Nordeste brasileiro seu cultivo é limitado devido à ocorrência de fontes hídricas com elevadas concentrações de sais. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) na mitigação dos efeitos do estresse salino no cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em cultivo hidropônico tipo técnica de fluxo laminar de nutriente - NFT. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas 4×5 , com quatro níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEs_n (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m^{-1}), considerados como parcelas, e cinco concentrações de H_2O_2 (0; 12; 24; 36 e 48 μM) como subparcelas, com seis repetições e duas plantas por parcela. O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva afetou negativamente os componentes de produção para número de frutos por planta, peso médio de fruto, produção total por planta, diâmetro polar do fruto e diâmetro equatorial do fruto. No entanto, não afetou a qualidade pós-colheita em relação ao potencial hidrogeniônico, ácido ascórbico, sólidos solúveis, acidez titulável e açúcares totais dos frutos. Apesar das reduções observadas nos componentes de produção, a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio entre as concentrações de 22 e 25 μM atenuou os efeitos deletérios do estresse salino sobre o número de frutos e os teores de ácido ascórbico, e aumentou a produção total de frutos de cereja tomate por planta.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L.; água salina; hidroponia; substância antioxidante

CHAPTER IV: PRODUCTION AND POST-HARVEST QUALITY OF HYDROPONIC CHERRY TOMATOES UNDER SALINE STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT

The cherry tomato is a vegetable of great socioeconomic importance in the Brazilian market. However, in the semi-arid region of the Brazilian Northeast, its cultivation is limited due to occurrence of water sources with high concentrations of salts. The objective of the present study was to evaluate the effect of foliar application of hydrogen peroxide (H_2O_2) in mitigating the effects of saline stress in cherry tomato cultivated in a hydroponic system. The experiment was conducted in a protected ambient, using Nutrient Film Technique - NFT hydroponic system. A completely randomized design was adopted in a 4×5 split-plot scheme, with four levels of electrical conductivity of the nutrient solution - ECns (2.1, 2.8, 3.5, and 4.2 dS m^{-1}), considered as plots, and five H_2O_2 concentrations (0, 12, 24, 36, and $48 \mu\text{M}$), regarded as subplots, with six replicates and two plants per plot. The increase in the electrical conductivity of the nutrient solution negatively affected the production components for number of fruits per plant, average fruit weight, total production per plant, polar and equatorial fruit diameter of cherry tomatoes. However, it did not affect the postharvest quality for hydrogen ion potential, ascorbic acid, soluble solids, titratable acidity and total fruit sugars of the fruits despite the reductions observed in the production components of cherry tomatoes. The foliar application of hydrogen peroxide between the concentrations of 22 and $25 \mu\text{M}$ attenuated the harmful effects of salt stress on the number of fruits and the content of ascorbic acid and increased the total production of fruits of cherry tomato per plant.

Key words: *Solanum lycopersicum* L.; saline water; hydroponics; antioxidant substance

1. INTRODUÇÃO

O tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L.) está entre as principais hortaliças mais cultivadas em ambiente protegido (SILVA et al., 2022a). Nos últimos anos, seu cultivo tem aumentado em todo o mundo, sobretudo pelo valor econômico agregado e benefícios nutricionais (DAI et al., 2023). Seus frutos possuem altos teores de vitamina C e antioxidantes (BU et al., 2021), o que favorece sua aceitação pelos consumidores. Além disso, o tomate cereja também possui maior tempo de prateleira, tornando sua comercialização mais atrativa (MATOS et al., 2021).

O Brasil é um dos maiores produtores de tomate do mundo, produzindo em 2021, 3.679,160 toneladas, em uma área de 51.907 ha, obtendo rendimento médio de 70,88 t ha⁻¹, sendo a região Nordeste responsável por 14,72% (541,701 toneladas) da produção nacional, com área colhida de 9.989 ha e produtividade média de 54,23 t ha⁻¹ (IBGE, 2021), ou seja, redução de 23,49% (16,65 t ha⁻¹) na produtividade, em relação à média nacional.

A redução na produtividade da região Nordeste pode estar relacionada as limitações impostas pela salinidade da água subterrâneas utilizada para o cultivo agrícola. A região semiárida do Nordeste brasileiro apresenta precipitações pluviométricas irregulares e altas taxas de evaporação, contribuindo naturalmente para déficit hídrico e incremento nas concentrações salinas dos mananciais, o que afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das culturas (NOBRE et al., 2012; VELOSO et al., 2018).

Os efeitos deletérios causados pelo estresse salino estão relacionados à redução da disponibilidade de água e nutrientes para plantas e, pelo efeito tóxico do Na⁺ e do Cl⁻ (VAN ZELM et al., 2020; SONG et al., 2023). O excesso de sais presentes na água também induz o estresse osmótico, a toxicidade iônica e o estresse secundário como oxidativo, refletindo diretamente na redução da produção e da qualidade pós-colheita dos frutos (WANG et al., 2022; OLIVEIRA et al., 2023; CHEN et al., 2023).

Em pesquisa desenvolvida por Roque et al. (2022) com o propósito de avaliar os efeitos da irrigação com águas salobras sobre a produção do tomate cereja, foram observadas reduções nos componentes de produção quando irrigado com condutividade elétrica da água a partir de 0,3 dS m⁻¹, demonstrando a sensibilidade do tomate cereja ao estresse salino. Batista et al. (2021) avaliando a produção de cultivares de tomate cereja em sistema hidropônico, também constataram reduções com aumento da salinidade da solução nutritiva acima de 2,5 dS m⁻¹. Já Martínez et al. (2020) avaliando a qualidade pós-colheita dos frutos de tomate

cereja sob estresse salino, verificaram aumento nos teores de sólidos solúveis totais, de licopeno e da acidez titulável em função do estresse salino.

Nos últimos anos o cultivo de hortaliças em ambiente protegido utilizando sistemas hidropônicos tem aumentado, sobretudo devido a melhoria no controle de nutrientes e fitossanitário (BATISTA et al., 2021; RAPA et al., 2021; MENDONÇA et al., 2022). O cultivo hidropônico reduz o consumo hídrico e os efeitos da salinidade nas plantas devido à ausência do potencial matricial (SILVA et al., 2022b), favorecendo o cultivo em regiões que possuem escassez de água de baixa condutividade elétrica.

Diante da crescente necessidade de utilização de águas salobras na agricultura, especialmente em regiões semiáridas, a busca por estratégias que possibilitem esta utilização tem sido um grande desafio para a comunidade científica. Dentre as estratégias, destaca-se o uso do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que aplicado em concentrações adequadas pode contribuir com a redução dos efeitos deletérios da salinidade e viabilizar o cultivo agrícola (BAGHERI et al., 2019; VELOSO et al., 2023). O H_2O_2 é uma espécie reativa de oxigênio (ERO), que atua como uma molécula sinalizadora chave na mediação de processos fisiológicos e metabólicos, aliviando os efeitos adversos do estresse nas plantas, aumentando a atividade das enzimas antioxidantes, a estabilidade da membrana, que, por sua vez, aumentam a tolerância das plantas a estresses abióticos (GOHARI et al., 2020; SHALABY et al., 2023).

Nos últimos anos, estudos relataram que a aplicação foliar com peróxido de hidrogênio pode atenuar os efeitos deletérios causados pelo estresse salino em diversas hortaliças, como pimentão (ARAGÃO et al., 2023), melão (PEREIRA et al., 2023), mini melancia (SILVA et al., 2022b), abobrinha italiana (DANTAS et al., 2022), e tomate (HAJIVAR et al., 2019). Todavia, deve-se considerar que o efeito benéfico da aplicação do H_2O_2 depende de vários fatores, incluindo a concentração, espécie vegetal, estágio de desenvolvimento e método de aplicação (LIU et al., 2020; CAPITULINO et al., 2023).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar o efeito da aplicação foliar de peróxido de hidrogênio na mitigação dos efeitos do estresse salino no cultivo hidropônico de tomate cereja em sistema tipo NFT - Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em região semiárida do Nordeste brasileiro, no município de Pombal, Paraíba - Brasil, situado pelas coordenadas geográficas 6°46'13'' de latitude Sul,

37°48'6'' de longitude Oeste e altitude média de 184 m. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), durante o período de novembro de 2022 a fevereiro de 2023. Os dados meteorológicos do local do experimento estão dispostos na Figura 1.

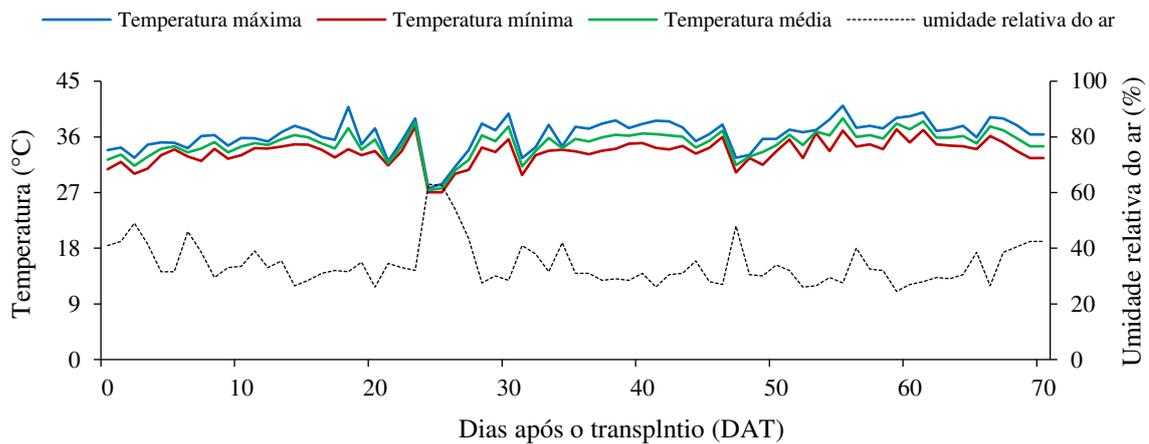


Figura 1. Temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante a condução do experimento

Nesta pesquisa foram utilizadas sementes de tomate cereja da Topseed Garden® (Agristar - Santo Antônio de Posse, SP, Brasil). Essa espécie possui ciclo em torno de 90 dias, plantas de crescimento indeterminado, com ótima estrutura foliar e altamente produtiva. Os frutos apresentam excelente qualidade pós-colheita, com comprimento e diâmetro variando entre 20 e 25 mm. Além disso, o tomateiro cereja Laranja é resistente à murcha do fusarium e nematoides (AGRISTAR, 2023).

Os tratamentos consistiram de quatro níveis de salinidade da solução nutritiva - CEs_n (2,1; 2,8; 3,5 e 4,2 dS m⁻¹) e cinco concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (0; 12; 24; 36 e 48 μM), distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo os níveis de salinidade da solução nutritiva considerados as parcelas e as concentrações de peróxido de hidrogênio as subparcelas, com três repetições e duas plantas por parcela.

Os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva foram baseados em estudo realizado por Silva et al. (2022b) em mini melancia (*Citrullus lanatus* L.) hidropônica. Enquanto as concentrações de peróxido de hidrogênio foram adaptadas a partir da pesquisa desenvolvida por Dantas et al. (2022) com abobrinha italiana (*Cucurbita pepo* L.).

O sistema hidropônico utilizado foi do tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente - NFT, confeccionado com tubos de policloreto de vinil (PVC) de 100 mm de diâmetro e com seis metros de comprimento, espaçados por 0,40 m. No perfil hidropônico, o espaçamento foi de 0,50 m entre plantas e 1,0 m entre tratamentos (subsistemas), e as células para plantio tiveram diâmetro de 54,17 mm. Os perfis hidropônicos foram apoiados por cavaletes de 0,60 m de altura com 4% de inclinação para permitir o fluxo de solução nutritiva. Ao final de cada subsistema, um recipiente de polietileno de 150 L foi colocado para coletar o excesso de solução nutritiva que retornava e, em seguida, recirculá-lo no sistema. A solução nutritiva foi injetada no perfil hidropônico no topo de cada canal com uma bomba de 35 W a uma vazão de 3 L min^{-1} . Foi utilizado um timer para programar a circulação da solução nutritiva no sistema, com fluxo intermitente de 15 min durante o dia e 45 min durante a noite.

No estudo, foi utilizada a solução nutritiva recomendada por Hoagland e Arnon (1950) contendo N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe nas concentrações de 210, 31, 234, 200, 48, 64, 0,5, 0,5, 0,05, 0,02, 0,01 e 5 mg L^{-1} , respectivamente. Os fertilizantes utilizados como fontes de macronutrientes no preparo da solução foram fosfato de potássio monobásico (KH_2PO_4), nitrato de potássio (KNO_3), nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) e sulfato de magnésio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Como fonte de micronutrientes, utilizou-se o ácido bórico (H_3BO_3), sulfato de manganês ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), molibdato de amônio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), sulfato ferroso (FeSO_4) e EDTA-Na, respectivamente.

As mudas de tomate cereja foram obtidas a partir de sementes, as quais foram semeadas em copos de polietileno com capacidade de 80 mL, contendo substrato de fibra de coco dispostas em bandejas. A fibra de coco foi higienizada com hipoclorito de sódio (2,5%) antes da semeadura. Na fase de germinação até o surgimento da primeira folha verdadeira (em média oito dias após a semeadura), foi utilizada solução nutritiva meia-força (50%). Após o surgimento da primeira folha verdadeira foi retirado a fibra de coco e efetuado a inserção das mudas nos perfis hidropônicos e passou-se a utilizar solução nutritiva da concentração plena.

As soluções salinas usadas no cultivo foram obtidas mediante adição de sais de cloreto de sódio (NaCl), de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) à solução nutritiva preparada em água do sistema de abastecimento do município de Pombal, Paraíba - Brasil, sendo incorporadas na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente. Trata-se da proporção de Na, Ca e Mg comumente encontradas nas águas utilizadas para irrigação no semiárido do Nordeste brasileiro (MEDEIROS et al., 2003).

A substituição completa da solução nutritiva ocorreu a cada 12 dias. Contudo, a

condutividade elétrica e o pH eram monitoradas diariamente, e sempre que necessário era realizado o ajuste da solução mediante adição de água de abastecimento com CEa de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ou solução nutritiva 100% conforme o caso, mantendo sempre a CESn de acordo com, os tratamentos estabelecidos. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 pela adição de hidróxido de potássio (KOH) 0,1 M ou ácido clorídrico (HCl). As plantas foram cultivadas utilizando um suporte vertical fixado com um barbante plástico (número 10) (Figura 2).



Figura 2. Cultivo de tomate cereja em sistema hidropônico do tipo Técnica de Fluxo Laminar de Nutriente – NFT em diferentes estádios de desenvolvimento

As aplicações de peróxido de hidrogênio foram realizadas via pulverização foliar, entre 17:00 e 18:00 h, com início 5 dias antes da aplicação dos diferentes níveis de CESn (8 DAT), e as subseqüentes foram realizados em intervalos de 12 dias. As aplicações de peróxido de hidrogênio foram interrompidas após a aparência dos frutos (35 DAT, totalizando três aplicações de H_2O_2). O volume total aplicado por planta foi de 19 mL. As aplicações foram feitas manualmente, com um pulverizador, de modo a molhar completamente as folhas (faces abaxial e adaxial). Durante a pulverização, foi utilizada uma estrutura de papelão para evitar a deriva sobre as plantas vizinhas.

Os frutos foram colhidos a partir dos 40 dias após transplante (DAT), quando apresentavam a cor laranja, característica de frutos maduros e, estendendo-se até os 70 DAT. Nesse período, foi contado o número de frutos por planta (NF – unidades por planta) e determinado o peso médio dos frutos (PMF - g por fruto), a produção total por planta (PTP - g por planta), o diâmetro polar (DPF - mm) e equatorial dos frutos (DEF - mm). Os diâmetros

polar e equatorial foram obtidos com um paquímetro digital.

Logo após a colheita dos frutos de tomate cereja, efetuou-se a lavagem em água potável para retirada de impurezas oriundas do experimento e, em seguida secos à temperatura ambiente. As análises de pós-colheita foram realizadas com frutos in natura através da determinação do potencial hidrogeniônico - pH, condutividade elétrica - CE, ácido ascórbico - AA (mg por 100g de polpa), sólidos solúveis - SS (°Brix), açúcares totais - AÇT (%), acidez titulável - AT (%), umidade - UMID (%), cinzas - CI (%) e fibras - FIB (%).

O pH foi determinado diretamente na polpa imediatamente após a colheita, com um medidor digital (COMBO5, AKSO[®], São Leopoldo – RS, Brasil) previamente calibrado em pH 7.0 com solução tampão e a condutividade elétrica no condutivímetro de bancada (Q795A, Quimis[®], Diadema – SP, Brasil). Os sólidos solúveis (°Brix) foram medidos por leitura direta em refratômetro digital (MA871, AKSO[®], São Leopoldo – RS, Brasil) e teor de ácido ascórbico (mg 100g⁻¹ de polpa) foi determinado por titulação. As determinações foram realizadas usando as metodologias recomendadas por Instituto Adolfo Lutz - IAL (2008). A acidez titulável, os açúcares totais, umidade, cinzas e fibras foram determinadas de acordo com os padrões da IAL (2008) e expressa em percentagem.

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) em nível de 0,05 de probabilidade. Em seguida, foi realizada análise de variância em nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância, feita uma análise de regressão, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL versão 5.6 (FERREIRA et al., 2019). A escolha do modelo foi baseada nos coeficientes de determinação. Em caso de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot[®] v.12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os componentes de produção, constatou-se que houve interação significativa entre a salinidade da solução nutritiva e as concentrações de peróxido de hidrogênio apenas para o número de frutos por planta (Tabela 1). Já os níveis de salinidade da solução nutritiva influenciaram significativamente todas as variáveis de componentes de produção analisadas. As concentrações de peróxido de hidrogênio afetaram de forma significativa o número de frutos por planta e a produção total por planta.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente ao número de frutos por planta (NFP), produção total por planta (PTP), peso médio de fruto (PMF), diâmetro polar do fruto (DPF) e

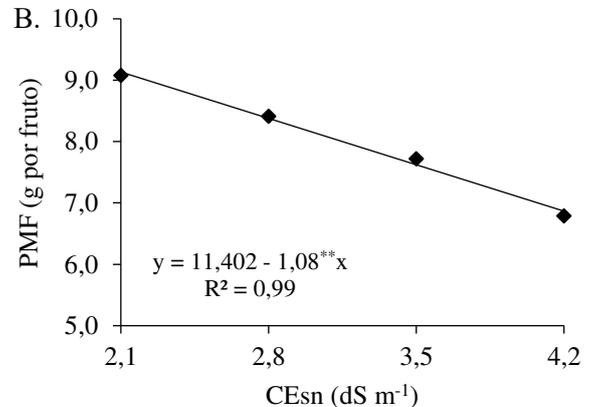
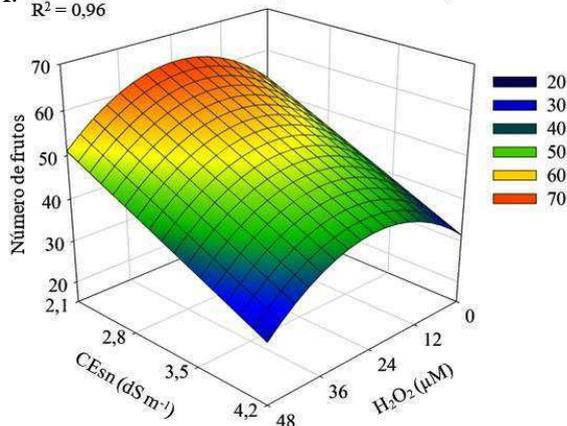
equatorial do fruto (DEF) do tomate-cereja cultivado com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em sistema hidropônico, na colheita realizada no período de 40 a 70 dias após o transplântio.

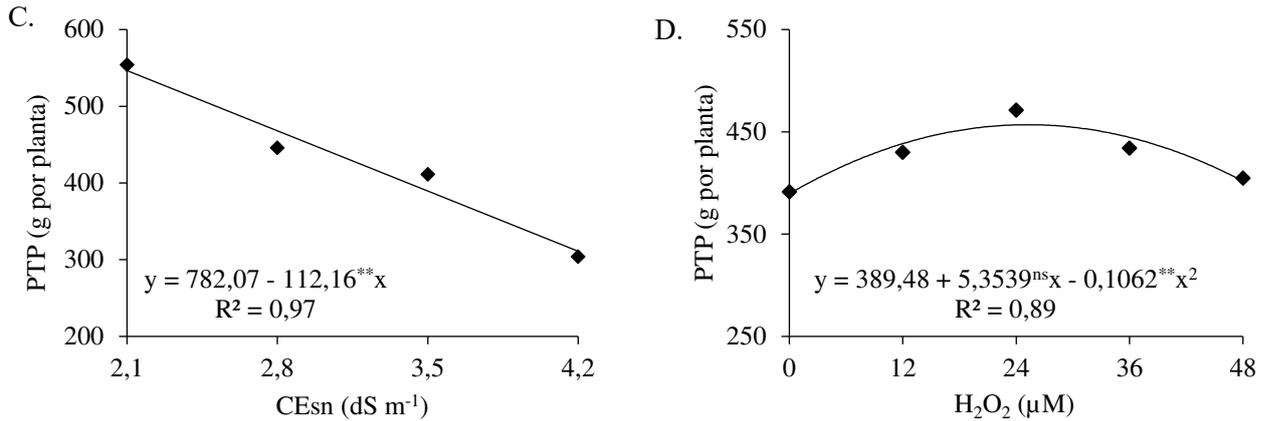
Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		NFP	PTP	PMF	DPF	DEF
Solução nutritiva salina (ECns)	3	1.413,60**	172.330,59**	12,68**	23,16**	56,28**
Regressão linear	1	4.093,03**	498.323,61**	35,09**	69,25**	158,82**
Regressão quadrática	1	63,76*	289,61 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,37 ^{ns}
Resíduo 1	6	4,41	960,69	0,19	1,57	2,17
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	387,52**	11.312,80**	0,63 ^{ns}	4,69 ^{ns}	6,69 ^{ns}
Regressão linear	1	55,97 ^{ns}	1.151,65 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,78 ^{ns}	8,11 ^{ns}
Regressão quadrática	1	1.298,93**	39.417,44**	0,22 ^{ns}	0,52 ^{ns}	13,31 ^{ns}
Interação (ECns × H ₂ O ₂)	12	68,89**	2.763,34 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,15 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Resíduo 2	34	22,27	689,10	0,49	1,23	1,42
CV 1 (%)		4,44	7,27	7,27	5,09	6,35
CV 2 (%)		9,97	6,16	6,16	4,50	5,13

ns, e **Respectivamente não significativo, significativo em nível de $p \leq 0,01$; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação.

A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio com concentrações até 23 μM proporcionou aumento no número de frutos por planta (Figura 3A), mesmo quando as plantas foram submetidas ao maior nível de CE_{ns} (4,2 dS m^{-1}). O maior valor de NFP (63,87 frutos por planta) foi obtido nas plantas cultivadas com CE_{sn} de 2,1 dS m^{-1} na concentração de 24 μM de peróxido de hidrogênio, correspondendo aumento de 19,74% (10,53 frutos por planta) em relação às plantas cultivadas com o mesmo nível salino (2,1 dS m^{-1}) e sem aplicação de H₂O₂ (0 μM). Entretanto, a aplicação foliar de H₂O₂ em concentrações maiores de que 24 μM intensificou os efeitos deletérios do estresse salino sobre o número de frutos por planta, sendo obtido o menor valor (29,41 frutos por planta) nas plantas submetidas à CE_{sn} de 4,2 dS m^{-1} e concentração de 48 μM de peróxido de hidrogênio.

A. $NF = 74,85 + 0,918^{**}x - 10,15^{*}y - 0,020^{**}x^2 - 0,045^{*}y^2$
 $R^2 = 0,96$





X e Y - Concentração de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ e condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn respectivamente; *, **Significativo em $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 3. Número de frutos por planta - NFP (A) do tomate cereja, em função da interação entre as concentrações de peróxido de hidrogênio e dos níveis de salinidade da solução nutritiva - CEsn peso médio de fruto - PMF (B), em função da Ecsn, produção total por planta - PTP em função dos níveis de CEsn (C) e das concentrações de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ (D)

A salinidade tem proporcionado sérias ameaças à produção e ao rendimento das culturas (USMAN et al., 2023), principalmente em regiões áridas e semiáridas. O estresse salino pode ocasionar danos às plantas, induzir distúrbios nos processos fisiológicos e metabólicos, afetando negativamente a produção de alimentos (ZHAO et al., 2023a). A partir dos resultados do presente estudo, verifica-se que o estresse salino, ocasionado pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, afetou negativamente os componentes de produção do tomate cereja. Entretanto, a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio entre as concentrações de 22 e 25 μM ameniza o efeito do estresse salino sobre o número de frutos (Figura 3A) e aumenta a produção total por planta (Figura 3D).

A redução no número de frutos por planta (NFP) do tomate cereja pode estar relacionado ao estresse hídrico induzido pela salinidade e ao desequilíbrio nutricional causado pela alta absorção de íons, principalmente de sódio (Na⁺) e cloreto (Cl⁻) (WU et al., 2023). Reduções no número de frutos por planta em função da salinidade, também foram observadas por Roque et al. (2022), avaliando as trocas gasosas e produção de tomate cereja sob estresse salino (CEa variando de 0,3 a 4,3 dS m⁻¹) em cultivo convencional. Houve uma diminuição de 38,9% ao comparar as plantas irrigadas com CEa de 0,3 dS m⁻¹ em relação às cultivadas com CEa de 4,3 dS m⁻¹.

Por outro lado, o efeito benéfico do peróxido de hidrogênio na concentração de 23 μM

sobre o NFP pode estar associado a função de molécula sinalizadora e de proteção contra estresses bióticos e abióticos (SILVA et al., 2024). O H_2O_2 pode ativar o sistema de defesa, contribuindo para uma rápida adaptação da planta a condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento (CAPITULINO et al., 2023; VELOSO et al., 2023). Vale ressaltar que, em concentrações maiores que $23 \mu M$ o H_2O_2 intensificou os efeitos do estresse salino sobre o número de frutos (Figura 3A). O peróxido de hidrogênio é a espécie reativa de oxigênio mais estável e pode se difundir rapidamente através da membrana subcelular (FAROOQ et al., 2017). Conforme relatado por Veloso et al. (2020), em altas concentrações, o H_2O_2 pode causar danos às plantas, possivelmente devido às alterações que ocorrem em seu metabolismo, principalmente como consequência do estresse oxidativo.

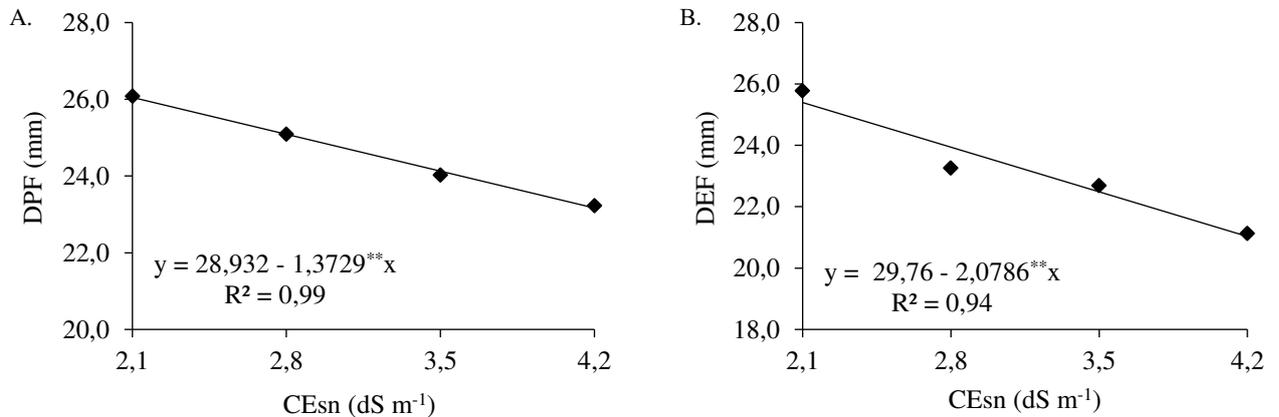
O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva também reduziu o peso médio dos frutos (Figura 3B) e a produção total por planta (Figura 3C) do tomate cereja. Sob condições de estresse salino, ocorre uma diminuição sistêmica de energia provocada por reduções na taxa fotossintética e na área foliar, bem como pela sua redistribuição para mecanismos de defesa e tolerância (JACOBY et al., 2010; LIANG et al., 2022). Os efeitos nocivos da salinidade se estendem ao nível celular, causando danos à membrana, aumento da produção de espécies reativas de oxigênio e redução da atividade enzimática (JUNEDI et al., 2023). Todos esses distúrbios atuam para a redução dos componentes de produção.

Em pesquisa realizada por Batista et al. (2021) avaliando a fisiologia e produção de cultivares de tomate cereja (Samambaia, Tomate Vermelho e Caroline) sob estresse salino (CEsn variando de $2,5$ a $8,5 \text{ dS m}^{-1}$) em sistema hidropônico do tipo NFT, também constataram diminuição na produção total por planta com o incremento da CEsn, com reduções de $42,78\%$ ($182,70 \text{ g}$) na cultivar Samambaia, $74,14\%$ ($288,34 \text{ g}$) no Tomate Vermelho e $57,17\%$ ($144,4 \text{ g}$) na Caroline, ao comparar as plantas submetidas à CEsn de $8,5 \text{ dS m}^{-1}$ com as cultivadas sob CEsn de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$.

O peróxido de hidrogênio aplicado até a concentração de $25 \mu M$ promoveu incremento na produção total por planta (Figura 3D), com maior valor de PTP ($456,95 \text{ g}$ por planta) obtido nas plantas pulverizadas com a concentração de $25 \mu M$ de H_2O_2 , isto é, aumento de $17,32\%$ ($67,47 \text{ g}$ por planta) em relação às submetidas à concentração de $0 \mu M$. Os efeitos benéficos do H_2O_2 sobre a PTP podem ser atribuídos à atividade de enzimas envolvidas na glicólise e no metabolismo energético, que aumentam a produção de ATP necessário para o crescimento e desenvolvimento da planta (SONG et al., 2023a). Além disso, o peróxido de hidrogênio quando aplicado em concentrações adequadas, atua aumentando o acúmulo de solutos inorgânicos e orgânicos e diminuindo os teores de Na^+ e Cl^- (SILVA et al., 2019;

CHATTHA et al., 2022).

A salinidade da solução nutritiva afetou negativamente o diâmetro polar (Figura 4A) e equatorial (Figura 4B) dos frutos de tomate cereja, com reduções de 4,75% no DPF e 6,98% no DEF, por incremento unitário da CEns. Ao comparar o DPF e o DEF das plantas cultivadas com CEns de 4,2 dS m⁻¹ em relação às submetidas à CEns de 2,1 dS m⁻¹, nota-se redução de 11,10% (2,88 mm) e 17,17% (4,36 mm), respectivamente. O diâmetro polar (Figura 4A) e equatorial (Figura 4B) dos frutos do tomate cereja foram afetados negativamente pelo aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva. Silva et al. (2022a) avaliando o crescimento e a produção de tomate cereja sob estresse salino (CEa variando de 0,6 a 2,6 dS m⁻¹) em cultivo convencional, verificaram reduções de 4,54% no DPF e 2,52% no DEF, ao comparar as plantas irrigadas com maior salinidade (2,6 dS m⁻¹) em relação às cultivadas com CEa de 0,6 dS m⁻¹. O excesso de sais presentes na solução nutritiva, promove o estresse osmótico, afetando negativamente a absorção de água e nutrientes pelas plantas (SKIDER et al., 2020), fato que pode ter influenciado resultado as reduções no DPF e DEF observadas no presente estudo.



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

Figura 4. Diâmetro polar (A) e equatorial (B) dos frutos de tomate cereja cultivado em sistema hidropônico em função dos níveis de salinidade da solução nutritiva - CEns, na colheita realizada no período de 40 a 70 dias após o transplântio.

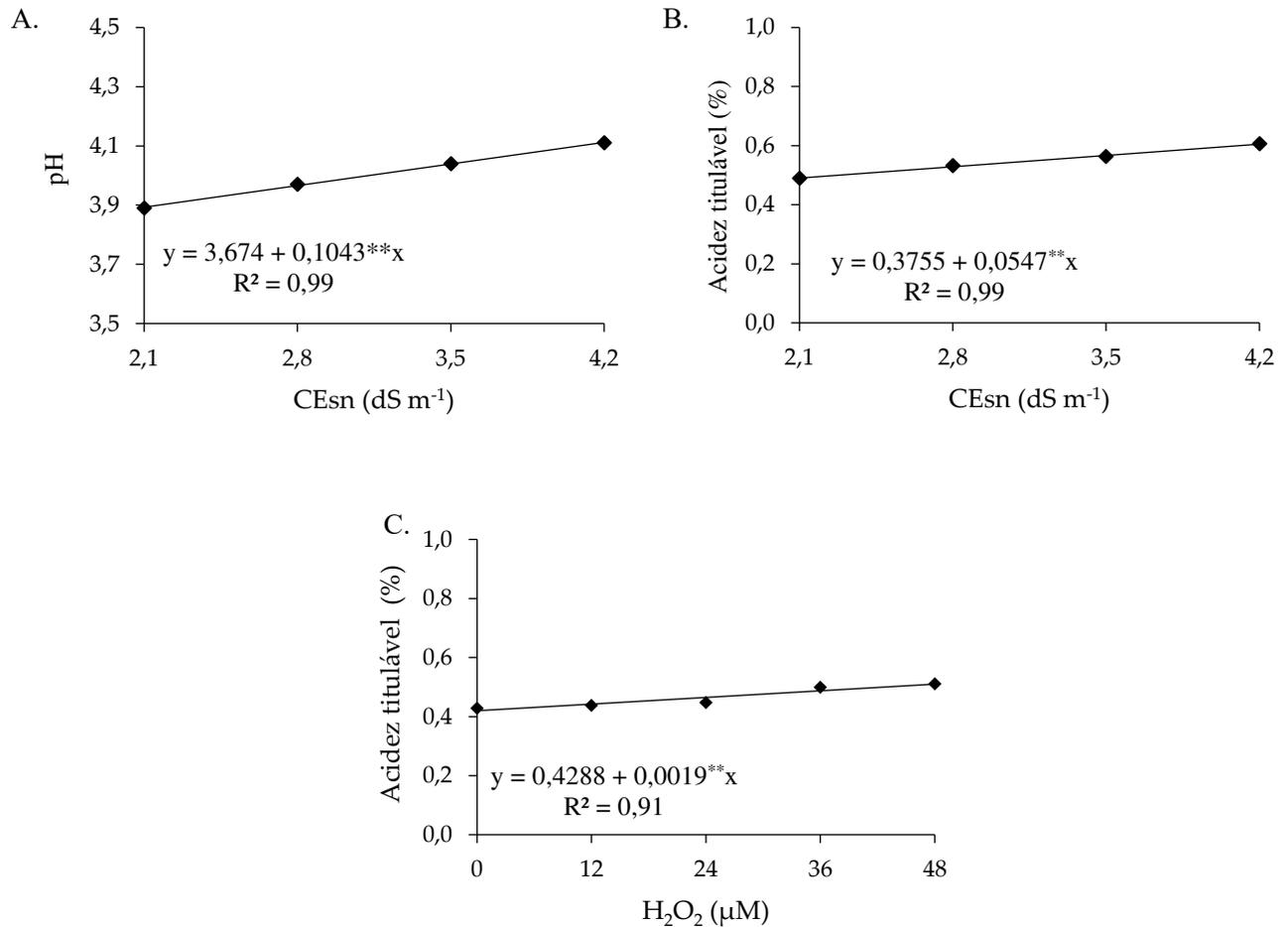
A interação entre os níveis de salinidade da solução nutritiva e as concentrações de peróxido de hidrogênio (CEsn \times H₂O₂) influenciou significativamente o teor de ácido ascórbico (AA) e os sólidos solúveis (SS) do tomate cereja (Tabela 2). Já os níveis de salinidade da solução nutritiva, analisados de forma isolada, influenciaram de forma significativa todas as variáveis, exceto a umidade (UMI). Por sua vez, as concentrações de H₂O₂ afetaram de forma significativa as variáveis AA, SS e AT.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente ao potencial hidrogeniônico (pH), ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e umidade (UMI) dos frutos de tomate cereja cultivados em sistema hidropônico com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios				
		pH	AA	SS	AT	UMI
Solução nutritiva salina (CEns)	3	0,11**	7,01**	3,39**	15,25**	3,76 ^{ns}
Regressão linear	1	0,31**	6,62*	9,75**	45,53**	1,01 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,01 ^{ns}	13,95**	0,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	5,22 ^{ns}
Resíduo 1	6	0,003	0,14	0,004	0,04	1,35
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	0,01 ^{ns}	6,99**	0,15**	1,35**	1,69 ^{ns}
Regressão linear	1	0,03 ^{ns}	3,56*	0,61**	5,30**	0,32 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,01 ^{ns}	11,87**	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	6,16 ^{ns}
Interação (CEns × H ₂ O ₂)	12	0,01 ^{ns}	7,18**	0,03**	0,13 ^{ns}	2,09 ^{ns}
Resíduo 2	34	0,004	0,10	0,002	0,05	1,92
CV 1 (%)		1,51	6,56	2,30	1,93	1,24
CV 2 (%)		1,65	5,68	1,96	2,16	1,47

ns, **, *Respectivamente não significativo, significativo ap ≤ 0.01 e p ≤ 0.05 pelo teste F; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação

O pH (Figura 5A) e a acidez titulável (Figura 5B) da polpa de tomate cereja aumentaram em função do incremento da salinidade da solução nutritiva, com acréscimo de 2,84% (pH) e 14,56% (AT) por incremento unitário da CEsn. As plantas de tomate cereja cultivadas com CEsn de 4,2 dS m⁻¹ aumentaram em 5,66% (0,22) o pH e 23,51% (0,12) a acidez titulável, em relação às plantas cultivadas sob CEsn de 2,1 dS m⁻¹. O aumento nas concentrações de peróxido de hidrogênio, também promoveram incrementos na acidez titulável (Figura 5C), sendo o maior valor de AT (0,51%) obtido nas plantas pulverizadas com a concentração de 48 µM de H₂O₂ e, o menor valor (0,42%) nas plantas testemunhas, ou seja, as que não receberam aplicação de H₂O₂ (0 µM). O tomate cereja é um fruto climatérico, seu amadurecimento pode ocorrer após a colheita. Portanto, tem uma vida pós-colheita relativamente limitada, uma vez que muitos processos que afetam a qualidade ocorrem após a colheita (ZHAO et al., 2023b). O incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva promoveu aumento do pH (Figura 5A). De acordo com Tigist et al. (2013), valores de pH mais baixo (3,37 - 4,92), estão relacionado a uma taxa de respiração mais lenta e melhor manutenção da qualidade. Os frutos obtidos nesta pesquisa apresentaram valores de pH variando entre 3,89 e 4,11, sendo considerado valores ideais para tomate (SILVA; GIORDANO, 2000). O pH abaixo de 4,5 é uma característica desejável, pois impede a proliferação de microrganismos (TIGIST et al., 2013).



*, **Significativo em nível de $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

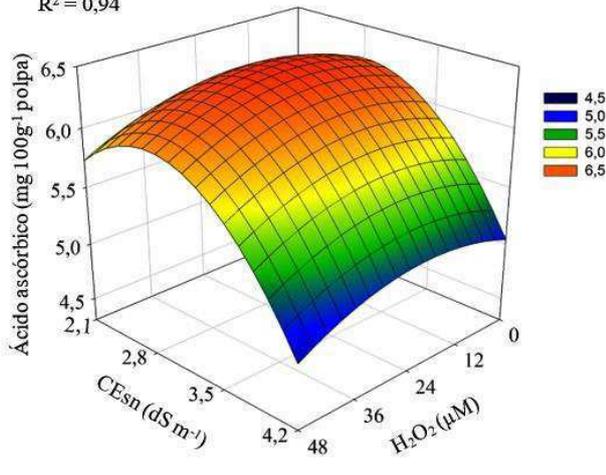
Figura 5. Potencial hidrogeniônico - pH (A) e acidez titulável - AT (B) da polpa do tomate cereja em função da salinidade da solução nutritiva e, e acidez titulável - AT (C) em função das concentrações de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), aos 70 dias após o transplântio

Para a acidez titulável foi verificado aumento em função do incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva (Figura 5B) e das concentrações de peróxido de hidrogênio (Figura 5C). Os valores de acidez titulável verificados neste estudo foram superiores aos padrões de qualidade recomendados para o tomate (BRASIL, 2018), tendo em vista que foram obtidos valores acima de 0,4%.

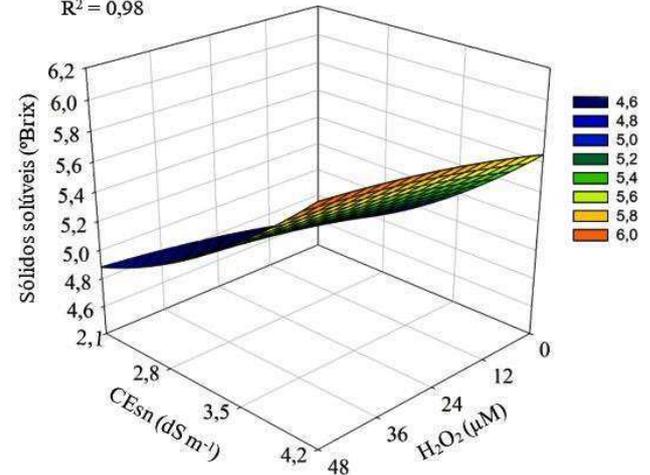
A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio na concentração de 22 μM, promoveu aumento do teor de ácido ascórbico (Figura 6A) na polpa do tomate cereja, sendo o maior valor de (6,38 mg 100g⁻¹ de polpa) observado nas plantas cultivadas com CEns de 2,8 dS m⁻¹, já a polpa das plantas submetidas ao mesmo nível de CEns (2,8 dS m⁻¹) e pulverizadas com a concentração de 0 μM, registraram uma redução de 2,51% (0,16 mg 100g⁻¹ de polpa) nos teores de ácido ascórbico, em comparação com a polpa dos frutos do tomate cereja submetido

à concentração de 22 μM de H_2O_2 . O ácido ascórbico é um composto essencial com alta atividade antioxidante e um dos indicadores importantes para mostrar o frescor das frutas (WU et al., 2016). A pulverização foliar com peróxido de hidrogênio na concentração de 22 μM , foi capaz de aumentar os teores de ácido ascórbico nos frutos de tomate cereja (Figura 6A), inclusive nas plantas cultivadas com CEsn de 4,2 dS m^{-1} . Aumento nos teores de ácido ascórbico em função da aplicação foliar de H_2O_2 também foi verificado por Silva et al. (2022b) em mini melancias cultivadas em sistema hidropônico, sob estresse salino (CEsn variando de 2,1 a 5,1 dS m^{-1}). Eles constataram que a aplicação foliar H_2O_2 na concentração de 20 μM promoveu aumento, mesmo nas plantas submetidas ao maior nível de salinidade (5,1 dS m^{-1}).

A. $AA = 1,43 + 0,0157^*x + 3,41^{**}y - 0,0004^*x^2 - 0,6064^{**}y^2$
 $R^2 = 0,94$



B. $SS = 4,53 + 0,0085^{**}x - 0,192^*y - 0,00006^{**}x^2 + 0,1092^*y^2$
 $R^2 = 0,98$



X e Y - Concentração de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 e condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn respectivamente; *, ** - Significativo em nível de $p \leq 0,05$ e $\leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 6. Ácido ascórbico – AA (A) e Sólidos solúveis (°Brix) – SS (B) da polpa de tomate cereja em função da interação da salinidade da solução nutritiva (ECNs) e das concentrações peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

O aumento da salinidade da solução nutritiva proporcionou efeito linear crescente nos sólidos solúveis da polpa do tomate cereja (Figura 6B), independentemente da concentração de peróxido de hidrogênio. As plantas cultivadas com CEsn de 4,2 dS m^{-1} e pulverizadas com a concentração de 48 μM de H_2O_2 se destacaram com maior valor de SS (5,92 °Brix), correspondendo aumento de 4,78% (0,27 °Brix) em relação às plantas cultivadas sob CEsn (4,2 dS m^{-1}) e sem aplicação de H_2O_2 (0 μM). Por outro lado, o menor valor de SS (4,61 °Brix) foi registrado nas plantas cultivadas com CEsn de 2,1 dS m^{-1} e na concentração de 0 μM de H_2O_2 . O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva associado à aplicação

foliar de peróxido de hidrogênio até a concentração de 48 μM , promoveu acréscimo nos teores de sólidos solúveis (Figura 6B). Os valores de SS obtidos em frutos produzidos sob diferentes níveis de salinidade e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio no presente estudo estão acima do padrão em todos os tratamentos (5 °Brix) (BRASIL, 2018), exceto nas plantas cultivadas com CEsn abaixo de 3,0 dS m^{-1} e sem aplicação do peróxido de hidrogênio.

Efeito semelhante aos sólidos solúveis (Figura 6B) foi observado nos teores de açúcares totais (Figura 7). Isso significa que houve um aumento em função do incremento da condutividade elétrica da solução nutritiva, quando associado à aplicação foliar de peróxido de hidrogênio, até a concentração de 48 μM . O aumento nos teores de açúcares totais observado, sobretudo em plantas cultivadas sob CEsn de 4,2 dS m^{-1} e submetidas à concentração de H_2O_2 de 48 μM , pode ser um mecanismo de aclimação ao estresse salino, causado pelo aumento da síntese de metabólitos (El-MOGY et al., 2018).

Os níveis de salinidade da solução nutritiva e as concentrações de peróxido de hidrogênio, analisados de forma isolada, ou através da interação, afetaram significativamente ($p \leq 0.01$) apenas o teor de açúcares totais dos frutos de tomate cereja (Tabela 3).

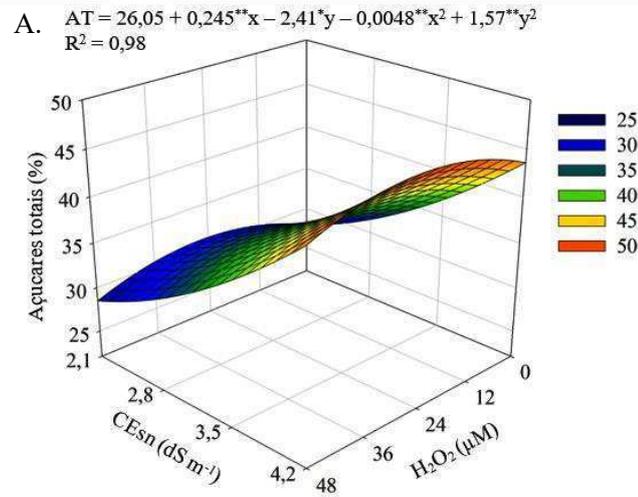
Tabela 3. Resumo da análise de variância referente a cinzas (CI), fibras (FIB), condutividade elétrica (COND) e açúcares totais (AÇT) dos frutos de tomate cereja, cultivados em sistema hidropônico com solução nutritiva salina e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		CI	FIB	COND	AÇT
Solução nutritiva salina (CEns)	3	0,19 ^{ns}	1,92 ^{ns}	4.641,30 ^{ns}	730,05 ^{**}
Regressão linear	1	0,20 ^{ns}	0,21 ^{ns}	765,63 ^{ns}	2.153,66 ^{**}
Regressão quadrática	1	0,13 ^{ns}	1,23 ^{ns}	1.0662,93 ^{ns}	15,61 ^{ns}
Resíduo 1	6	0,03	0,45	2,607,54	0,21
Peróxido de hidrogênio (H_2O_2)	4	0,04 ^{ns}	0,73 ^{ns}	2.960,55 ^{ns}	42,54 ^{**}
Regressão linear	1	0,03 ^{ns}	2,50 ^{ns}	6.072,21 ^{ns}	168,84 ^{**}
Regressão quadrática	1	0,01 ^{ns}	0,35 ^{ns}	2.900,36 ^{ns}	0,40 ^{ns}
Interação (CEns \times H_2O_2)	12	0,09 ^{ns}	0,64 ^{ns}	2,468,51 ^{ns}	1,92 ^{**}
Resíduo 2	34	0,06	0,34	2.476,38	0,27
CV 1 (%)		19,20	28,49	13,91	1,23
CV 2 (%)		23,47	20,47	13,56	1,38

ns, e ^{**}Respectivamente não significativo, significativo em nível de $p \leq 0.01$; GL - Graus de liberdade; CV - Coeficiente de variação

A pulverização foliar de peróxido de hidrogênio na concentração de 25 μM , associado à salinidade da solução nutritiva de 4,2 dS m^{-1} , promoveu o maior valor de açúcares totais (46,75%) da polpa de tomate cereja (Figura 7). Já as plantas cultivadas sob CEsn de 2,1 dS m^{-1} e sem aplicação de peróxido de hidrogênio (0 μM) obtiveram o menor valor de açúcares

totais (27,91%).



X e Y - Concentração de peróxido de hidrogênio - H₂O₂ e condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn respectivamente; *, **Significativo em nível de $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Figura 7. Açúcares totais da polpa de tomate cereja em função da interação da salinidade da solução nutritiva (CEsn) e das concentrações peróxido de hidrogênio (H₂O₂)

4. CONCLUSÕES

O aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva a partir de 2,1 dS m⁻¹ tem um impacto negativo sobre os componentes da produção do tomate cereja. Entretanto, não prejudica a qualidade pós-colheita dos frutos.

A aplicação foliar de peróxido de hidrogênio entre as concentrações de 22 e 25 µM atenua os efeitos deletérios do estresse salino sobre o número de frutos e os teores de ácido ascórbico e, aumenta a produção total de frutos de tomate cereja por planta.

Concentrações superiores a 25 µM intensificam os efeitos do estresse salino, resultando em reduções na produção do tomate cereja.

5. REFERÊNCIAS

- AGRISTAR- Instituto de Ação Social. <https://agristar.com.br/topseed-garden/blue-line-hortalicas/tomate-cereja-laranja/1888147>. Acesso em: 26 Jun. 2023.
- ARAGÃO, J.; LIMA, G. S. de; LIMA, V. L. A. de; SILVA, A. A. R. da; SANTOS, L. F. S.; DIAS, M. dos S.; SOARES, L. A. dos A. Hydrogen peroxide in the mitigation of salt stress in bell pepper. *Semina: Ciências Agrárias*. v.44, p.217-236, 2023.

- BAGHERI, M.; GHOLAMI, M.; BANINASAB, B. Hydrogen peroxide-induced salt tolerance in relation to antioxidant systems in pistachio seedlings. *Scientia Horticulturae*, v.243, p.207-213, 2020.
- BATISTA, M. C.; NASCIMENTO, R. do.; MAIA JÚNIOR, S. de O.; NASCIMENTO, E.; BEZERRA, C. V. de C.; LIMA, R. F. de. 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.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. Brasília: Diário Oficial da União. p.23, 2018.
- BU, S.; MUNIR, S.; HE, P.; LI, Y.; WU, Y.; LI, X.; HE, Y. *Bacillus subtilis* L1-21 as a biocontrol agent for postharvest gray mold of tomato caused by *Botrytis cinerea*. *Biological Control*, v.157, p.104568, 2021.
- CAPITULINO, J. D.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A.V. de; SILVA, A. A. R. da; ARRUDA, T. F. de L.; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D.; FARIAS, M. S. S. de; DIAS, M. dos S. Influence of foliar application of hydrogen peroxide on gas exchange, photochemical efficiency, and growth of soursop under salt stress. *Plants*, v.12, p.599, 2023.
- CHATTHA, M.U.; HASSAN, M.U.U.; KHAN, I.; NAWAZ, M.; SHAH, A.N.; SATTAR, A.; QARI, S.H. Hydrogen peroxide priming alleviates salinity induced toxic effect in maize by improving antioxidant defense system, ionic homeostasis, photosynthetic efficiency and hormonal crosstalk. *Molecular Biology Reports*, v.49, p.5611-5624, 2022.
- CHEN, L.; MENG, Y.; YANG, W.; QIAN, L.V.; ZHOU, L.; LIU, S.; LI, X. Genome-wide analysis and identification of TaRING-H2 gene family and TaSDIR1 positively regulates salt stress tolerance in wheat. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.242, p.125-162, 2023.
- DAI, Y.; WANG, Z.; LI, J.; XU, Z.; QIAN, C.; XIA, X.; FENG, Y. Tofu by-product soy whey substitutes urea: Reduced ammonia volatilization, enhanced soil fertility and improved fruit quality in cherry tomato production. *Environmental Research*, v.226 p.115-162, 2023.
- 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.
- EL-MOGY, M.M.; GARCHERY, C.; STEVENS, R. Irrigation with salt water affects growth,

- yield, fruit quality, storability and marker-gene expression in cherry tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica*, v.68, p.727–737, 2018.
- GOHARI, G.; ALAVI, Z.; ESFANDIARI, E.; PANAHIRAD, S.; HAJIHOSEINLOU, S.; Fotopoulos. Interaction between hydrogen peroxide and sodium nitroprusside following chemical priming of *Ocimum basilicum* L. against salt stress. *Physiologia Plantarum*, v.168, p.361-373, 2020.
- HAJIVAR, B.; ZARE-BAVANI, M. R. Alleviation of salinity stress by hydrogen peroxide and nitric oxide in tomato plants. *Advances in Horticultural Science*, v.33, p.409-416, 2019.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station*, v.347, p.32, 1950.
- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. In: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3.ed., São Paulo: IMESP. 2008. 1020p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Disponível em:> <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>> Acesso em: 05 Jun 2023.
- JACOBY, R. P.; MILLAR, A. H.; TAYLOR, N. L. Wheat mitochondrial proteomes provide new links between antioxidant defense and plant salinity tolerance. *Journal Proteome Research*, v.9, p.6595-6604, 2010.
- JUNEDI, M. A.; MUKHOPADHYAY, R.; MANJARI, K. S. Alleviating salinity stress in crop plants using new engineered nanoparticles (ENPs). *Plant Stress*, v.6, p.100-184, 2023.
- LIANG, H.; SHI, Q.; LI, X.; GAO, P.; FENG, D.; ZHANG, X.; MA, W. Synergistic effects of carbon cycle metabolism and photosynthesis in Chinese cabbage under salt stress. *Horticultural Plant Journal* v.9, p.1-12, 2022.
- LIU, L.; HUANG, L.; LIN, X.; SUN, C.O. Hydrogen peroxide alleviates salinity-induced damage by increasing proline buildup in wheat seedlings. *Plant Cell Reports*, v.39, p.567–575. 2020.
- MARTÍNEZ, J. P.; FUENTES, R.; FARIÁS, K.; LIZANA, C.; ALFARO, J.F.; FUENTES, L.; LUTTS, S. Effects of salt stress on fruit antioxidant capacity of wild (*Solanum chilense*) and domesticated (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) tomatoes. *Agronomia*. V.10, p.1481, 2020.
- MATOS, R. M. de; SILVA, P.F. da; DANTAS NETO, J.; LIMA, A. S.; LIMA, V. L. A. de; SABOYA, L.M.F. Organic fertilization as an alternative to the chemical in cherry tomato growing under irrigation depths. *Bioscience Journal*, v.37, p.370-391, 2021.

- MEDEIROS, J. F. de; LISBOA, R. A.; OLIVEIRA, M. de; SILVA JÚNIOR, M. J. de; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, p.469-472, 2003.
- 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. de; 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.16-87, 2022.
- NOBRE, R. G.; de LIMA, G. S. de; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, E. P. D.; SOARES, L. A. A.; ALVES, A. N. Oil content and yield of castor bean as affected by nitrogen fertilization and saline water irrigation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, 991-999, 2012.
- 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.395, 2023.
- PEREIRA, F. H.; SANTOS, G. L. dos; LACERDA, F. H. de; SOUSA, D. D. de; SOUSA, V. F. de O.; FERNANDES, J. E. de M.; BARBOZA, J. B. Use of hydrogen peroxide in acclimatization of melon to salinity of irrigation water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.27, p.51-56, 2023.
- RAPA, M.; CIANO, S.; RUGGIERI, R.; VINCI, G. Bioactive compounds in cherry tomatoes (*Solanum Lycopersicum* var. Cerasiforme): Cultivation techniques classification by multivariate analysis. *Food Chemistry*, v.355, p.129-149, 2021.
- ROQUE, I. A.; SOARES, L. A. dos A.; LIMA, G. S. de; LOPES, I. A. P.; SILVA, L. de A.; FERNANDES, P. D. Biomass, gas exchange and production of cherry tomato cultivated under saline water and nitrogen fertilization. *Revista Caatinga*, v.35, p.686-696, 2022.
- SHALABY, O. A. E. S.; FARAG, R.; IBRAHIM, M. F. Effect of hydrogen sulfide and hydrogen peroxide on growth, yield and nutrient content of broccoli plants grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*, v.316, p.112-135, 2023.
- SILVA, A. A. R. da; CAPITULINO, J. D.; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C.A.V. de; ARRUDA, T. F. de L.; SOUZA, A. R.; SOARES, L. A. dos A. Hydrogen peroxide in attenuation of salt stress effects on physiological indicators and growth of soursop. *Brazilian Journal of Biology*, v.84, p.261-279, 2024.
- SILVA, A. A. R. da; LIMA, G. S. de; AZEVEDO, C. A. V. de; VELOSO, L. L. de S.A.;

- LACERDA, C. N. de; GHEYI, H. R.; SOARES, L.A. dos A. Methods of application of salicylic acid as attenuator of salt stress in cherry tomato. *Brazilian Journal of Biology*, v.82, p.265-269, 2022a.
- SILVA, A. A. R. da; SOUSA, P. F. N.; LIMA, G. S. de; SOARES, L. A. dos A.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, C. A. V. de. Hydrogen peroxide reduces the effect of salt stress on growth and postharvest quality of hydroponic mini watermelon. *Water Air Soil Pollution*, v.233, p.1-11, 2022b.
- SILVA, H. H. B.; AZEVEDO NETO, A. D.; MENEZES, R.V.; SILVA, P. C. C.; GHEYI, H. R. Use of hydrogen peroxide in acclimation of basil (*Ocimum basilicum* L.) to salt stress. *Turkish Journal of Botany*, v.43, p.208-217, 2019.
- SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. Tomate para processamento industrial. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2000. 168p.
- SKIDER, R. K.; WANG, X.; ZHANG, H.; GUI, H.; DONG, Q.; JIN, D.; SONG, M. Nitrogen enhances salt tolerance by modulating the antioxidant defense system and osmoregulation substance content in *Gossypium hirsutum*. *Plants*, v.9, p.450, 2020.
- SONG, K. E.; HWANG, H. R.; HONG, E. S. H.; KONVALINA, P.; JUN, W. J.; JUNG, J. W.; SHIM, S. Hydrogen peroxide ameliorates the adversities of drought stress during germination and seedling growth in sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Agronomia*, v.13, p.330, 2023.
- SONG, Q.; ZHOU, M.; WANG, X.; BRESTIC, M.; LIU, Y.; YANG, X. RAP2. 6 enhanced salt stress tolerance by reducing Na⁺ accumulation and stabilizing the electron transport in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Physiology and Biochemistry*, v.195, p.134-143, 2023.
- TIGIST, M.; WORKNEH, T.S.; WOLDETSADIK, K. Effects of variety on the quality of tomato stored under ambient conditions. *International Journal of Food Science Technology*, v.50, p.477-486, 2013.
- USMAN, S.; YASEEN, G.; NOREEN, Z.; RIZWAN, M.; NOOR, H.; ELANSARY, H.O. Melatonin and arginine combined supplementation alleviate salt stress through physiochemical adjustments and improved antioxidant enzymes activity in *Capsicum annum* L. *Scientia Horticulturae*, v.321, p.112270, 2023.
- VAN ZELM, E.; ZHANG, Y.; TESTERINK, C. Salt tolerance mechanisms of plants. *Annual Review of Plant Biology*, v.71, p.403-433, 2020.
- VELOSO, L. L. da S. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, A. A. R. da; FÁTIMA, R. T.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. dos A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L. A. de; CHAVES, L. H. G. Production and

- fiber characteristics of colored cotton cultivares under salt stress and H₂O₂. *Plants*, v.12, p.2090, 2023.
- VELOSO, L. L. S. A.; NOBRE, R. G.; LIMA, G. S. de; BARBOSA, J. L.; MELO, E. M.; GHEYI, H. R.; GONÇALVES, E. B.; SOUZA, C. M. A. Quality of soursop (*Annona muricata* L.) seedlings under different water salinity levels and nitrogen fertilization. *Australian Journal of Crop Science*, v.12, p.306–310, 2018.
- WANG, Y.; CAO, Y.; LIANG, X.; ZHUANG, J.; WANG, X.; QIN, F.; JIANG, C. A dirigent family protein confers variation of Casparian strip thickness and salt tolerance in maize. *Nature Communications*, v.13, p.2222-2239, 2022
- WU, S.; LU, M.; WANG, S. Effect of oligosaccharides derived from *Laminaria japonica*-incorporated pullulan coatings on preservation of cherry tomatoes. *Food Chemistry*, v.199, p.296-300, 2016.
- ZHAO, Y.; JIA, K.; TIAN, Y.; HAN, K.; EL-KASSABY, Y.A.; YANG, H.; LI, Y. Time-course transcriptomics analysis reveals key responses of populus to salt stress. *Industrial Crops and Products*, v.194, p.116-178, 2023a.
- ZHAO, Y.; LI, L.; GAO, S.; WANG, S.; LI, X.; XIONG, X. Propriedades de armazenamento pós-colheita e modelos cinéticos de qualidade de tomates cereja tratados por campos eletrostáticos de alta voltagem. *Food Science and Technology*, v.176, p.114-197, 2023b.

CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tomate cereja possui grande demanda e seu cultivo tem aumentado em todo o mundo, pela grande importância nutricional em altos teores de vitamina C e antioxidantes, o que favorece sua aceitação pelos consumidores. É uma cultura com grande potencial para exploração no Semiárido nordestino, com alta relevância socioeconômica para os produtores rurais.

O cultivo hidropônico torna-se uma alternativa para o cultivo em regiões que apresentam níveis elevados de sais nas fontes hídricas e possibilita aos produtores economia em até 70% em relação aos sistemas convencionais. Este sistema de cultivo reduz os efeitos da salinidade nas plantas devido à ausência do potencial matricial.

A irrigação com água salina afeta diretamente o rendimento das culturas, portanto, é necessário desenvolver estratégias de gestão que possibilitem seu uso na irrigação, principalmente em regiões de clima semiárido, onde há disponibilidade limitada de recursos hídricos de baixa salinidade.

Com o presente estudo foi constatado que o aumento dos níveis de salinidade da solução nutritiva, a partir de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$, reduz as trocas gasosas foliares e afeta negativamente os componentes da produção para número de frutos por planta, peso médio de fruto, produção total por planta, diâmetro polar e equatorial do fruto do tomate cereja. Entretanto, não prejudica a qualidade pós-colheita dos frutos. Percebe-se que a solução nutritiva com condutividade elétrica de $4,2 \text{ dS m}^{-1}$ e a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio na concentração de 48 e 12 μM promovem uma redução na síntese de clorofila *a* e *b*, respectivamente.

Conforme observado, o peróxido de hidrogênio na concentração de 36 μM associado à solução nutritiva salina, de $2,1 \text{ dS m}^{-1}$, atenua os efeitos do estresse salino na altura de plantas do tomate cereja. Apesar das reduções observadas nos componentes de produção em soluções nutritivas com alta salinidade, a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio entre as concentrações de 22 e 25 μM , atenua os efeitos deletérios do estresse salino sobre o número de frutos e os teores de ácido ascórbico e, aumenta a produção total de frutos de tomate cereja por planta. No entanto, a aplicação foliar de peróxido de hidrogênio em concentrações superiores a 25 μM intensifica os efeitos do estresse salino, causando reduções na produção do tomate cereja.

De maneira geral, o uso do peróxido de hidrogênio é uma estratégia de fácil aplicação e

de baixo custo para os agricultores, o que pode viabilizar o uso de águas salobras no cultivo de tomate cereja, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, onde é comum a presença destas águas e há escassez de água de baixa salinidade para utilização na agricultura. Por fim, recomenda-se para futuras pesquisas, explorar a frequência e concentrações em diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva salina, com a finalidade de validar os resultados obtidos no presente estudo.