



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



Tese

**EFEITO DE PACLOBUTRAZOL EM TOMATE CEREJA SOB SALINIDADE
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

ROBSON FELIPE DE LIMA

Doutorando

RONALDO DO NASCIMENTO

Orientador

Campina Grande - Paraíba

2024

ROBSON FELIPE DE LIMA

**EFEITO DE PACLOBUTRAZOL EM TOMATE CEREJA SOB SALINIDADE DA ÁGUA
DE IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de Concentração: Irrigação e Drenagem.

Orientador: Prof. DS Ronaldo do Nascimento

Campina Grande – PB

2024

L732e Lima, Robson Felipe de.
Efeito de paclobutrazol em tomate cereja sob salinidade da água de irrigação / Robson Felipe de Lima – Campina Grande, 2024.
74 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.
"Orientação: Prof. Dr. Ronaldo do Nascimento."
Referências.

1. *Solanum lycopersicum* L. 2. Paclobutrazol. 3. Irrigação e Drenagem. 4. Água Salina. 5. Biotecnologia. 6. Hortaliça. I. Nascimento, Ronaldo do. II. Título.

CDU 635.64(043)



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

ROBSON FELIPE DE LIMA

**EFEITO DE PACLOBUTRAZOL EM TOMATE CEREJA SOB SALINIDADE
DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO**

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Prof. DS. Ronaldo do Nascimento – Orientador
UAEA/CTRN/UFCEG

Prof. DS. Jose Dantas Neto – Examinador interno
UAEA/CTRN/UFCEG

Prof DS. Maria Sallydelândia Sobral de Farias – Examinadora interna
UAEA/CTRN/UFCEG

DS. Sebastião de Oliveira Maia Junior – Examinador externo
Bolsista PDCTR Fapema/UEMA

DS. Elka Costa Santos Nascimento – Examinadora externa
Pesquisadora INSA



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

ROBSON FELIPE DE LIMA

**EFEITO DE PACLOBUTRAZOL EM TOMATE
CEREJA SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE
IRRIGAÇÃO**

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

Aprovada em: 28/02/2024

Ronaldo do Nascimento - Orientador(a) - PPGEA/CTRNUFCG

Jose Dantas Neto - Examinador(a) Interno(a) - PPGEA/CTRNUFCG

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

Sebastião de Oliveira Maia Junior - Examinador(a) Externo(a) - UEMA

Elka Costa Santos Nascimento - Examinador(a) Externo(a) - INSA



Documento assinado eletronicamente por **Sebastião de Oliveira Maia Júnior, Usuário Externo**, em 11/04/2024, às 15:08, 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 **ELKA COSTA SANTOS NASCIMENTO, Usuário Externo**, em 11/04/2024, às 15:46, 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 **RONALDO DO NASCIMENTO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/04/2024, às 20:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA SALLYDELANDIA DE FARIAS ARAUJO, PROFESSOR 3 GRAU**, em 29/04/2024, às 09:51, 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 **JOSÉ DANTAS NETO, Usuário Externo**, em 30/04/2024, às 13:38, 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 **4353030** e o código CRC **ED7B50BB**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela capacidade que me deu de aprender, e por alcançar mais este objetivo, diante de tantos obstáculos, e por ter guiado todos os meus passos nesta caminhada.

A minha mãe, Maria do Céu Belarmino de Lima, e aos meus irmãos, Roseane, Rosineide e Robério, pelo amor, carinho e apoio em todos os momentos.

Ao meu orientador, prof. Dr. Ronaldo do Nascimento, pela orientação, dedicação, amizade, ensinamentos e conselhos, contribuindo para o engrandecimento pessoal e profissional.

Aos examinadores, Jose Dantas Neto, Maria Sallydelândia Farias de Araújo, Sebastião de Oliveira Maia Junior e Elka Costa Santos Nascimento, por contribuírem na melhoria deste trabalho.

A todos os professores do PPGEA, área de Irrigação e Drenagem, por todo ensinamento durante o curso de doutorado.

Aos meus amigos, Mailson, Alzira, Wesley, Cassiano Carlos, Elka, Rafaela, Mateus, Daniele e em especial, a Mirandy e Francisco de Assis e professor Pedro Dantas, agradeço a amizade, carinho e parceria, por todo incentivo durante a minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Capes, pela concessão da bolsa de estudo a qual foi de fundamental importância para realização deste curso.

Meus sinceros reconhecimentos, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desta conquista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Efeitos ocasionados pela aplicação do PBZ. Fonte: Waqas et al. (2019).	18
Figura 2. Localização do município de Campina Grande no estado da Paraíba, Fonte: Lima 2023.....	19
Figura 3. Temperatura máxima (T.Max), mínima (T.Min), umidade relativa do ar máxima (UR.Máx) e mínima (UR.Mín) durante a execução da pesquisa. Fonte: Lima 2023.	19
Figura 4. Croqui experimental. Fonte: Lima 2023.	200
Figura 5. Produção das mudas e transplântio. Fonte Lima 2023.....	21
Figura 6. Condutância estomática (gs) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B); Transpiração (E) em função da aplicação de PBZ (C) e da condutividade elétrica da água de irrigação (D), aos 80 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	29
Figura 7. Concentração interna de CO ₂ de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAT.	31
Figura 8. Taxa de assimilação do CO ₂ de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAT.	32
Figura 9. Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de tomate cereja em função da aplicação condutividade elétrica da água de irrigação (A) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) em função da aplicação de paclobutrazol e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT.	33
Figura 10. Fluorescência inicial (Fo) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	35
Figura 11. Fluorescência variável - Fv (A) e fluorescência máxima - Fm (B) em plantas de tomate cereja em função da aplicação do paclobutrazol sob salinidade da água de irrigação, aos 80 DAT.	36

Figura 12. Eficiência quântica máxima do PSII (Fv/Fm) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	37
Figura 13. Extravasamento de eletrólitos (EE) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e Teor relativo de água (TRA) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT.	38
Figura 14. Conteúdo de Clorofila <i>a</i> , de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação aos 80 DAT.	40
Figura 15. Conteúdo de Clorofila <i>b</i> (A), Carotenoides (B) e clorofila total (C) de plantas de tomate cereja em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAT.	41
Figura 16. Número de folhas de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	43
Figura 17. Altura de planta (ALT) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 110 DAT.	44
Figura 18. Área foliar total para condutividade elétrica da água de plantas de tomate cereja em função da aplicação do Paclobutrazol sob salinidade da água de irrigação, aos 110 DAT.	45
Figura 19. Massa fresca de folhas de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	46
Figura 20. Massa fresca do caule de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	47

Figura 21. Massa fresca de raiz de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)......	48
Figura 22. Massa seca de folhas de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	49
Figura 23. Massa seca de caule de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	50
Figura 24. Massa seca da raiz de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	51
Figura 25. Produção total de frutos de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da salinidade da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	52
Figura 26. Número de frutos por cacho de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da salinidade da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).	53
Figura 27. Número de cacho de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da salinidade da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)......	54
Figura 28. Diâmetro longitudinal dos frutos (A), diâmetro transversal dos frutos (B) e peso médio dos frutos (C) de plantas de tomate cereja em função da salinidade da água de irrigação, aos 110 DAT.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos e físico-hídricos do solo, determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/UAEA/UFCG), Campina Grande, PB.	22
Tabela 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (<i>gs</i>), transpiração (<i>E</i>), concentração interna de CO ₂ (<i>C_i</i>), taxa de assimilação de CO ₂ (<i>A</i>), eficiência do uso da água (<i>EUA</i>) e eficiência instantânea da carboxilação (<i>E_{iC}</i>) de plantas de tomate cereja cv. “Carolina” em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.....	27
Tabela 3. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (<i>F_o</i>), fluorescência máxima (<i>F_m</i>), fluorescência variável (<i>F_v</i>) e eficiência quântica máxima do PSII (<i>F_v/F_m</i>), extravasamento de eletrólitos (<i>EE</i>) e teor relativo de água (<i>TRA</i>) de plantas de tomate cereja cv. Carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.	34
Tabela 4. Resumo da análise de variância para Clorofila a, Clorofila b, Carotenoides e Clorofila total de plantas de tomate cereja cv. Carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.	39
Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de planta (<i>AP</i>), número de folhas (<i>NF</i>), diâmetro de caule (<i>DC</i>) e área foliar total (<i>AFT</i>) de plantas de tomate cereja cv Carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.	42
Tabela 6. Resumo da análise de variância para massa frescas das folhas (<i>MFF</i>), massa frescas massa frescas do caule (<i>MFC</i>) e massa frescas da raiz (<i>MFR</i>), massa seca de folhas (<i>FSF</i>), massa seca do caule (<i>FSC</i>) e massa seca da raiz (<i>FSR</i>).	45
Tabela 7. Resumo da análise para Produção total de frutos por planta (<i>PTP</i>), número de frutos por cacho (<i>NFC</i>), número de cacho por planta (<i>NCP</i>), diâmetro longitudinal dos frutos (<i>DLF</i>), diâmetro transversal dos frutso (<i>DTF</i>) e peso médio de frutos (<i>PMF</i>) de plantas de tomate cereja cv carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.....	51
Tabela 8. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis.	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral.....	14
2.2 Objetivos específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 A cultura do tomateiro	15
3.2 Salinidade no tomateiro	16
3.3 Paclobutrazol como atenuante da salinidade	17
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Localização e caracterização da área experimental	19
3.2 Delineamento experimental e tratamentos.....	20
3.3 Produção das mudas de tomate	21
3.4 Preparo da água de irrigação.....	22
3.5 Manejo da irrigação	23
3.5 Preparação da solução e aplicação do paclobutrazol	23
3.7 Tutoramento.....	23
3.8 Desbrota	23
3.9 Controle fitossanitário.....	24
4.0 Variáveis avaliadas	24
4.0.1 Variáveis de crescimento	24
4.1.1 Trocas gasosas.....	24
4.1.2 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	24
4.1.3 Pigmentos fotossintéticos.....	25
4.1.4 Extravasamento de eletrólitos (EE%)	25
4.1.5 Teor relativo de água (TRA)	26
4.2 Acúmulo de massa	26
4.3 Produção	26
4.4 Análise estatística	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Parâmetros fisiológicos em plantas de tomate sob salinidade e aplicação de PBZ	27
5.1.1 Trocas gasosas.....	27
5.1.2 Fluorescência da clorofila <i>a</i> , extravasamento de eletrólitos e teor relativo de água	33
5.1.3 Pigmentos fotossintéticos.....	39

5.2 Crescimento e acúmulo de massa em plantas de tomate sob aplicação de PBZ e condutividade elétrica da água de irrigação	42
5.2.1 Crescimento aos 110 DAT	42
5.2.2 Acúmulo de massa aos 110 DAT	45
5.3 Componentes de produção do tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol e condutividade elétrica da água de irrigação	51
6 CONCLUSÕES	59
7 RECOMENDAÇÕES	59
8 REFERÊNCIAS	60

EFEITO DE PACLOBUTRAZOL EM TOMATE CEREJA SOB SALINIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

RESUMO: O tomate é a segunda hortaliça mais cultivada e consumida no mundo. A produção no Nordeste brasileiro, em geral, é baixa, decorrente de diversos fatores, entre eles, a baixa tecnologia e baixa qualidade da água de irrigação, o que realça a importância de estudos com vistas a minimizar os efeitos deletérios do estresse salino em seu cultivo. Diante do exposto, objetivou-se avaliar efeitos da aplicação de paclobutrazol em tomate cereja sob salinidade da água de irrigação. A pesquisa foi desenvolvida em condição de ambiente protegido (casa de vegetação), pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O delineamento experimental em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 x 5 com 4 repetições, sendo os tratamentos compostos por três concentrações de Paclobutrazol (0, 1,5, 2,5 ppm), e cinco níveis da condutividade elétrica da água de irrigação (0,4; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹), totalizando 60 unidades experimentais. O uso paclobutrazol na concentração 2,5 ppm melhorou a tolerância em plantas de tomate cereja à salinidade até a 2,4 dS m⁻¹ para taxa de assimilação do CO₂, concentração interna do CO₂, eficiência instantânea da carboxilação, extravasamento de eletrólitos e conteúdo de clorofila *a*, indicando que o PBZ não atenua a salinidade acima do limiar da cultura. De outra maneira, a altura das plantas reduziu pelas duas concentrações de PBZ em todos os níveis de salinidade. O paclobutrazol aprimorou fluorescência inicial, a relação Fv/Fm e proporcionou aumento no número de folhas, nas massas fresca e seca das folhas, raiz, produção total de frutos por planta, número de frutos por cacho e número de cacho por planta em relação a testemunha. A salinidade da água de irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹ casou reduções nos parâmetros fisiológicos das trocas gasosas, fluorescência da clorofila, pigmentos fotossintéticos, número de folhas, área foliar total, teor relativo de água, nas massas fresca e seca das folhas, raiz, caule, produção total de frutos por planta, peso médio dos frutos, número de frutos por cacho e número de cacho, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal das plantas de tomate cereja.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L., água salina, biotecnologia, hortaliça.

EFFECT OF PACLOBUTRAZOL ON CHERRY TOMATOES UNDER IRRIGATION WATER SALINITY

ABSTRACT: Tomatoes are the second most cultivated and consumed vegetable in the world. Production in the Brazilian Northeast is generally low, due to various factors, including low technology and poor quality irrigation water, which highlights the importance of studies aimed at minimizing the deleterious effects of salt stress on its cultivation. In view of the above, the aim was to evaluate the effects of applying paclobutrazol to cherry tomatoes under saline irrigation water. The research was carried out in a protected environment (greenhouse) belonging to the Agricultural Engineering Academic Unit of the Federal University of Campina Grande (UFCG). The experimental design was randomized blocks, in a 3 x 5 factorial scheme with 4 replications. The treatments consisted of three concentrations of Paclobutrazol (0, 1.5, 2.5 ppm), and five levels of electrical conductivity of the irrigation water (0.4; 1.4; 2.4; 3.4 and 4.4 dS m⁻¹), totaling 60 experimental units. The use of paclobutrazol at a concentration of 2.5 ppm improved the tolerance of cherry tomato plants to salinity up to 2.4 dS m⁻¹ in terms of CO₂ assimilation rate, internal CO₂ concentration, instantaneous carboxylation efficiency, electrolyte leakage and chlorophyll a content, indicating that PBZ does not attenuate salinity above the crop's threshold. On the other hand, plant height was reduced by both concentrations of PBZ at all salinity levels. Paclobutrazol improved initial fluorescence, the Fv/Fm ratio and led to an increase in the number of leaves, the fresh and dry masses of leaves, roots, total fruit production per plant, the number of fruits per bunch and the number of bunches per plant compared to the control. Irrigation water salinity from 0.4 dS m⁻¹ led to reductions in the physiological parameters of gas exchange, chlorophyll fluorescence, photosynthetic pigments, number of leaves, total leaf area, relative water content, fresh and dry mass of leaves, roots, stems, total fruit production per plant, average fruit weight, number of fruits per bunch and number of bunches, longitudinal diameter and transverse diameter of cherry tomato plants.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., saline water, biotechnology, vegetable.

1 INTRODUÇÃO

O tomate é a segunda hortaliça mais cultivada e consumida no mundo, entre os principais grupos, o tomate cereja é o que tem a produção doméstica mais baixa. No entanto, a procura vem aumentando bastante, se tornando mais atrativo para os produtores (Costa et al., 2018, Batista et al., 2021).

No Brasil, em termos de área cultivada e produção, os estados mais produtores são Goiás, São Paulo, Minas gerais e Bahia, com uma área de 36.184 hectares e produção de 2.715,837 toneladas. A Paraíba está na 13ª posição, com produção de 18.897 toneladas em 660 hectares plantadas (IBGE, 2022). A produção na Paraíba pode ser afetada de forma negativa por uma variedade de fatores, isso inclui questões nutricionais, práticas inadequadas de manejo fitossanitário, genética desfavorável e uso de sementes de qualidade inferior. Além disso, a irrigação insuficiente e água de baixa qualidade também podem contribuir para a baixa produção (Cavalcante et al., 2001, Nascimento et al., 2021).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, a escassez hídrica em consonância com a salinidade da água limitam o crescimento, desenvolvimento, rendimento e produtividade das culturas (Paiva et al., 2016; Ahanger & Agarwal, 2017; Nóbrega et al., 2020). Os principais efeitos da salinidade nas plantas estão relacionados ao efeito osmótico e iônico, promovendo desequilíbrios nutricionais e hormonais que acabam causando alterações na morfologia, fisiologia e metabolismo da planta; consequentemente, levam a sérios prejuízos na produção agrícola (Oliveira et al., 2015; Santos et al., 2020).

No tomateiro, o estresse salino afeta o crescimento em todos os estádios fenológicos, sendo a fotossíntese o primeiro processo a ser comprometido pela salinidade causando redução no crescimento e produção de frutos (Li et al., 2019, Ali et al., 2019).

No entanto, as plantas podem ajustar seu crescimento e desenvolvimento em resposta ao estresse salino, produzindo moléculas sinalizadoras, tendo os fitohormônios como uma parte ativa desse processo para sinalizar vias metabólicas que atuem na defesa do estresse salino (Weiss & Ori, 2007, Forghani, Almodares & Ehsanpour, 2018). Alguns fitohormônios, inclusive, servem para aliviar os efeitos negativos da salinidade nas plantas nos processos de germinação, crescimento e frutificação, a

exemplo do ácido abscísico (ABA), citocinina (CK), auxina (Aux), poliaminas e o ácido giberélico (GA3) (Khan et al., 2012, Forghani, Almodares & Ehsanpour, 2018).

Com a aplicação de produtos sintéticos, a exemplo do paclobutrazol (PBZ), a produção de hormônios vegetais nas plantas pode ser alterada. O paclobutrazol (PBZ) é um regulador de crescimento amplamente empregado, pertencente à classe dos triazóis, ele é aplicado para aprimorar a produtividade das plantas, controlar seu desenvolvimento e incrementar sua resistência em diversos estresses ambientais (Teshahun 2018; Sofy et al., 2020).

O PBZ é uma molécula que pode aumentar os níveis de produção de CK e ABA, reduzir a evolução do etileno e inibir a síntese de giberelinas (Fletcher et al., 1999). A aplicação exógena desse regulador de crescimento vegetal pode atenuar os efeitos da salinidade nas plantas de duas formas distintas, a citar: diretamente, pela eliminação direta de espécies reativas de oxigênio; e indiretamente pelo aumento da atividade de enzimas antioxidantes, na eficiência fotossintética, teor de metabólitos e pela regulação de fatores de transcrição relacionados ao estresse (Teshahun, 2018; Dinler et al., 2022). Ele aumenta o conteúdo relativo de água, o índice de estabilidade da membrana, a atividade fotossintética, os pigmentos fotossintéticos e os níveis de osmólitos nas células, além de contribuir na manutenção da taxa de atividades antioxidantes e do nível de hormônios endógenos e, assim, favorecer o rendimento das culturas sob salinidade (Soumya et al., 2017).

Portanto, buscar uma estratégia que possa induzir o metabolismo da planta a produzir mecanismos de tolerância ao estresse salino pode se tornar uma alternativa promissora para regiões semiáridas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da aplicação de paclobutrazol no crescimento, fisiologia e produção do tomate cereja irrigado com água de diferentes salinidades.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar a concentração ideal de PBZ capaz de atenuar o estresse salino no tomate cereja;
- Verificar se o PBZ afeta o pegamento de frutos;
- Identificar se há correlação entre as trocas gasosas, a fluorescência da clorofila e a produção de tomate cereja em cada concentração de PBZ.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A cultura do tomateiro

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), pertence à família Solanaceae, é originário da região andina, que abrange do norte do Chile ao sul da Colômbia, além de ser amplamente encontrado em outras nações andinas, como Equador, Bolívia, Colômbia, Peru e Ilhas Galápagos. Em todas essas regiões, ainda é possível localizar várias espécies silvestres em sua forma primitiva (Alvarenga, 2013). Há relatos que a introdução no Brasil ocorreu por meio de imigrantes europeus no fim do século XIX, mas a difusão e o incremento do consumo começaram depois da primeira Guerra Mundial, por volta de 1930 (Alvarenga, 2004).

Apresenta variados tipos, como o tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), que apesar de seu mini tamanho, possui todos os nutrientes de outros tomates, como vitamina C, ácido fólico, potássio e magnésio (Silva et al., 2017; Febrianto; Sutoto; Suwardi, 2019). Além disso, é uma planta autógama que apresenta flores pequenas e inflorescências curtas e simples, com flores que dispõem de uma corola de coloração pálida, anteras curtas e estigma com pouca projeção para além da ponta do cone (Bedinger et al., 2011). Suas folhas são alternadas e compostas por um folíolo terminal maior e de seis a oito folíolos laterais menores, que, geralmente, são compostos (Alvarenga, 2013). Quanto ao hábito de crescimento pode ser determinado ou indeterminado, os frutos possuem diâmetros médios de 1 a 4 cm, sendo os que apresentam a menor massa, em condições normais de cultivo dentro dos grupos de tomates (Azevedo et al., 2010). Sua forma pode ser redonda, periforme ou ovalada, com coloração variando do amarelo ao vermelho, e a massa de 5 a 30 g. Na maioria das vezes, apresentam frutos biloculares e suas pencas podem apresentar de 6 a 18 frutos (Alvarenga, 2004).

Esse tipo de tomate ganha cada vez mais destaque na dieta do consumidor tanto pelo sabor delicado, suculência e pela exigência de frutos de melhor qualidade, quanto em relação à sua aparência, integridade, uniformidade, alto valor nutricional e ausência de resíduos (Santos et al., 2016; Soldateli et al., 2020). Com isso, é uma excelente alternativa de renda para pequenos e médios produtores, devido ao elevado valor agregado que os frutos têm alcançado no mercado, atraindo o interesse de produtores (Soldateli et al., 2020).

No entanto, a sua produção pode ser impactada por fatores de ordem genética, fisiológica, iluminação, temperatura, nutrição, concentração de CO₂ e disponibilidade de água, que agem conjuntamente em complexa interação (Nuez, 2001).

O estresse hídrico é uma das maiores restrições ambientais à produtividade das culturas agrícolas, sendo o tomateiro sensível e o manejo inadequado da irrigação provoca prejuízos a produtividade e ao rendimento do tomateiro, causando maiores danos nas fases de frutificação e desenvolvimento dos frutos (Monte et al., 2009; Köetz et al., 2013).

Diante disso, nas regiões que apresentam irregularidades das chuvas e altas taxas de evaporação como a região semiárida brasileira, a irrigação torna-se necessária para suprir a demanda hídrica das plantas e obter uma produção adequada.

3.2 Salinidade no tomateiro

A salinidade do solo é o resultado do acúmulo de altos teores de sais, que ocasionam o estresse salino nas plantas, que por sua vez, compromete o crescimento, o desenvolvimento e a produção das plantas (Abdelaal et al., 2019). O estresse salino nas plantas é observado com a desidratação, conseqüentemente, a perda da turgescência da parede celular e morte de células e tecidos foliares (Píffero, 2017).

O efeito do estresse salino sobre as plantas é resultado de dois componentes distintos: osmótico resultante da elevada concentração de solutos na solução do solo, que provoca um déficit hídrico pela redução do potencial osmótico e o iônico decorrente dos elevados teores de sódio (Na) e cloro (Cl), e da alteração na relação Na⁺ / K⁺ (Mendes et al., 2011). O Na⁺ excessivo acumulado durante o estresse salino, inibe competitivamente a absorção de K⁺ e interrompe a relação K⁺ / Na⁺ nas células (Basu et al., 2017).

Segundo Rhoades et al. (1992), o tomateiro é moderadamente sensível tendo a salinidade limiar de 2,5 dS m⁻¹ de condutividade elétrica no extrato de saturação (CEes), e com acréscimo unitário da condutividade elétrica ocasiona uma redução de 9,0% na produção da cultura. O tomateiro por ser moderadamente sensível à salinidade, há perdas significativas no crescimento, fisiologia, rendimento geral e produção de frutos (Albaladejo et al., 2017; Bacha et al., 2017; Li et al., 2019).

Segundo Silva et al., (2022), a fluorescência da clorofila *a* e os teores de clorofila *a*, clorofila total e carotenoides, a produção de biomassa seca do colmo e a relação raiz/parte aérea reduziram com a água salina de 2,6 dS m⁻¹ na irrigação do tomate cereja. Em pesquisa realizada por Vieira et al. (2016), com tomate cereja sob

irrigação com água salina e adubação nitrogenada, eles constataram uma redução no número de folhas, altura da planta, diâmetro do caule, matéria seca da folha, matéria seca de caule, matéria seca de raiz e o número de cachos com água salina de 4,5 dS m⁻¹, comparado à água de irrigação de 0,3 dS m⁻¹.

Como visto, a salinidade causa diversos efeitos negativos na cultura do tomateiro, causando reduções nos processos fotossintéticos, redução no crescimento e produção. De acordo com Ahanger et al. (2020), para evitar os efeitos negativos da salinidade as plantas precisam fortalecer os mecanismos de tolerância existentes, como sistemas antioxidantes, compartimentação iônica eficiente e melhor acúmulo de osmólitos.

3.3 Paclobutrazol como atenuante da salinidade

Diversas pesquisas estão sendo realizadas para buscar formas de atenuar os danos da salinidade sobre as culturas, a exemplo do uso de culturas tolerantes, além de técnicas de manejo e aplicação de produtos exógenos. A aplicação exógena de osmoprotetores, promotores de crescimento e antioxidantes, é uma solução para amenizar os efeitos negativos do estresse salino sobre as plantas (Khan et al., 2006), a exemplo do paclobutrazol.

O Paclobutrazol (PBZ) é um regulador sintético de crescimento vegetal, inibidor do tipo triazol de biossíntese de giberelina (GA) que afeta o crescimento e desenvolvimento vegetal (Banoo et al., 2020). Ele inibe a atividade da ent-caureno oxidase, que é uma enzima na via biossintética de GA que catalisa a oxidação de ent-caureno em ácido entcaurenoico (Kondhare et al., 2014; Xia et al., 2018). Atua por inibir a biossíntese de giberelina, reduzindo o crescimento internodal para produzir caules mais robustos, aumenta o crescimento da raiz, induz a formação de botões florais e produz frutos de melhor qualidade, favorecendo o aumento de sementes nas plantas com o mesmo número de folhas (Jungklang et al., 2017; Fernández et al., 2021).

Paclobutrazol por ser um derivado de compostos triazólicos é conhecido por proteger algumas plantas hortícolas de estresses ambientais, como o hídrico, temperaturas frias, calor e radiação ultravioleta, que vai inibir a biossíntese de esteróis e giberelinas (Khan et al., 2009; Tesfahun, 2018). O PBZ também desempenha um papel na mitigação da toxicidade iônica, peroxidação lipídica e dano oxidativo, aumentando a atividade antioxidante sob estresse abiótico (Kishorekumar et al., 2006; Jaleel et al., 2007; Manivannan et al., 2008; Sharma et al., 2011; Tuna, 2014; Soumya et al., 2017).

A pesquisa de Waqas et al. (2019), buscou elucidar os mecanismos de ação do PBZ em plantas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sob efeito da salinidade e sua relação com os mecanismos de tolerância que ele possa induzir as plantas a produzirem e, conseqüentemente, aliviar o estresse salino. Em seus resultados observaram melhorias nas trocas gasosas, homeostase iônica e sistema antioxidante que protegeram as plantas dos danos oxidativos levando aumento no rendimento de grãos da quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sob o estresse salino. Assim, pode se observar que a aplicação de PBZ manteve o equilíbrio iônico, pois promoveu um ajustamento osmótico, diminuiu os danos oxidativos através da melhoria do sistema antioxidante e elevou a capacidade fotossintética por restaurar o aparelho fotossintético, mitigando os danos induzidos pela salinidade (Figura 1).

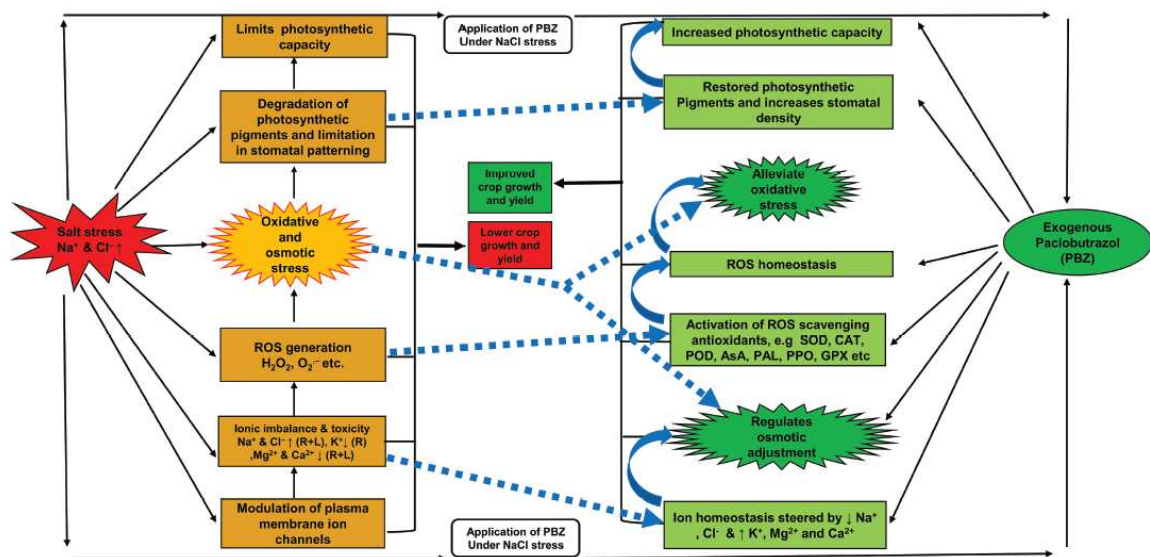


Figura 1. Efeitos ocasionados pela aplicação do PBZ. Fonte: Waqas et al. (2019).

O estudo de Hu et al. (2017) em duas cultivares de bayberry (*Myrica rubra*) constatou que a aplicação de PBZ aumentou o teor relativo de água, teor de prolina, teor de clorofilas (*a+b*) e atividade de enzimas antioxidantes em ambas as cultivares, resultando em melhor aclimação ao estresse salino e aumento na produção de matéria seca. Assim, o PBZ atenuou os efeitos negativos do estresse salino em mudas de bayberry.

Em tomateiro sob déficit hídrico o PBZ nas concentrações de 0,8 e 1,6 ppm via solo reduziu a altura da planta e aumentou o diâmetro do caule, espessura da folha, teor

de clorofila, condutância estomática, fotossíntese, peso seco e razão raiz parte aérea em comparação com as plantas de tomateiro que não receberam o PBZ (Pal et al., 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização da área experimental

O experimento foi realizado no período de maio a outubro de 2022 em ambiente protegido (casa de vegetação) pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizada no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude, 35°52'28'' de longitude e altitude média de 550 m. O período chuvoso da microrregião de Campina Grande corresponde aos meses de março a agosto com precipitação média de 137,3 mm, os demais meses, apresentam precipitações médias de 65,5 mm (Silva et al., 2021). Os dados climáticos durante a execução do experimento estão na Figura 3.

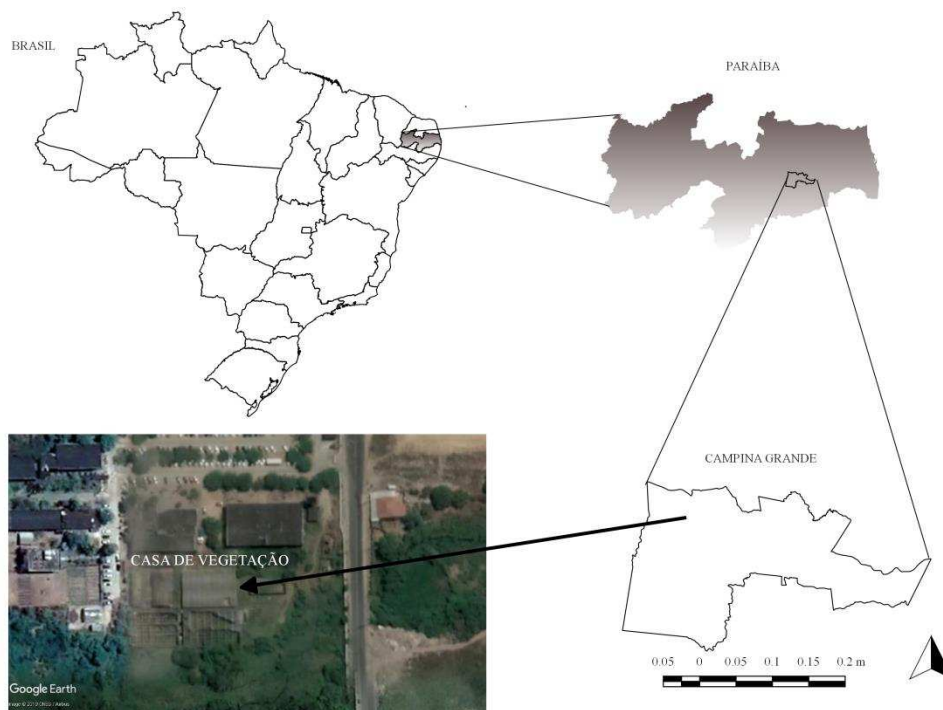


Figura 2. Localização do município de Campina Grande no estado da Paraíba, fonte: Lima 2023.

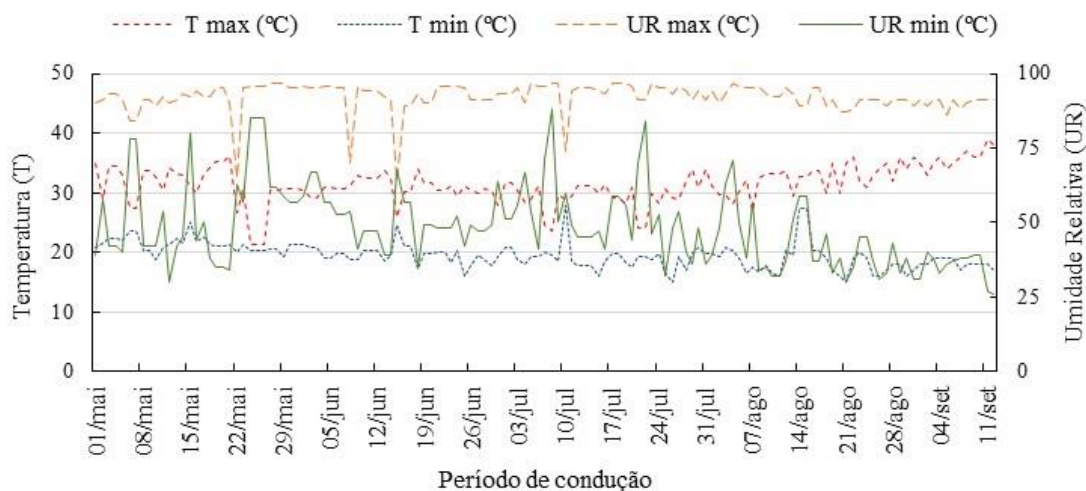


Figura 3. Temperatura máxima (T.Max), mínima (T.Min), umidade relativa do ar máxima (UR.Máx) e mínima (UR.Mín) durante a execução da pesquisa. Fonte: Lima 2023.

3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental em blocos casualizados, com esquema fatorial 3 x 5 com 4 repetições. Os tratamentos foram compostos por três concentrações de paclobutrazol (0, 1,5 e 2,5 ppm), baseadas na pesquisa de Banoo et al. (2020), e cinco níveis da condutividade elétrica da água de irrigação (0,4; 1,4; 2,4; 3,4 e 4,4 dS m⁻¹), totalizando 60 unidades experimentais (Figura 4). foram.

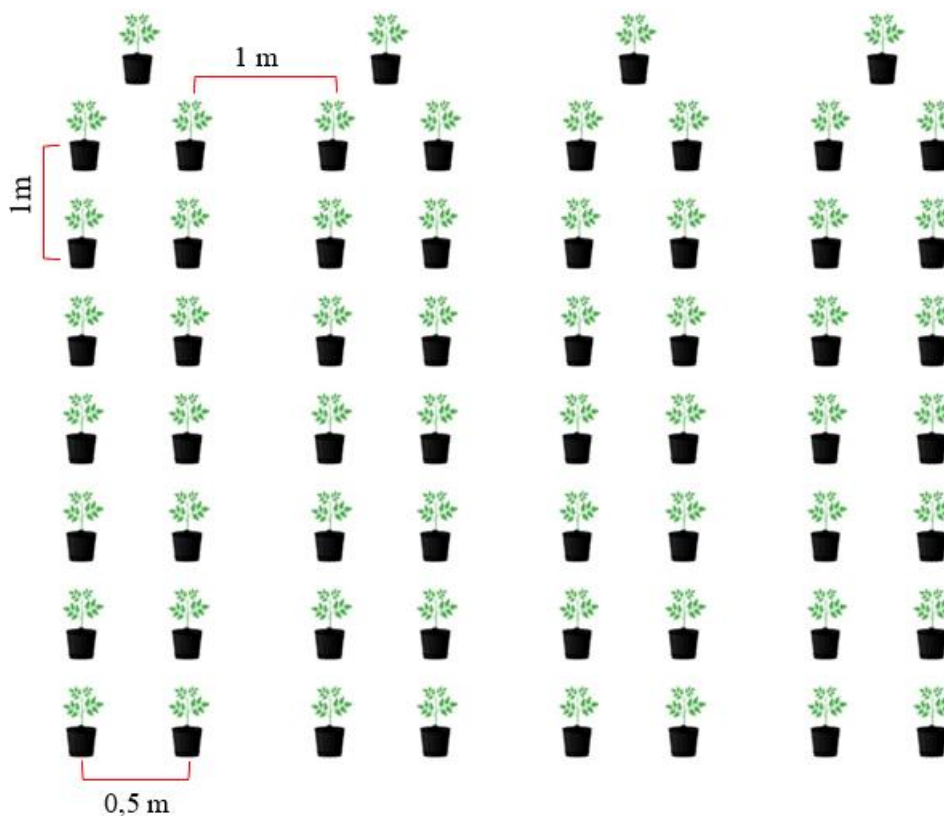


Figura 4. Croqui experimental. Fonte: Lima 2023.

3.3 Produção das mudas de tomate

A semeadura ocorreu em copos plásticos com capacidade de 180 ml, preenchidos com substrato da mistura de solo e substrato comercial na proporção 1:2 (v:v), com três sementes por copo da cultivar Carolina; após a emergência foi feito o desbaste deixando apenas uma planta.

A cultivar Carolina tem ciclo de 100-115 dias, crescimento indeterminado e frutos com peso de 10 a 12g. O transplantio foi efetuado quando as mudas atingiram 10 cm de altura e dois pares de folhas definitivas.



Figura 5. Produção das mudas e transplantio. Fonte Lima 2023.

3.4 Instalação e condução do experimento

Aos 32 dias após a semeadura as plantas foram transplantadas para vasos adaptados como lisímetros de drenagem, com 20 L de capacidade, que receberam na base uma camada de 3 cm de brita e uma manta geotêxtil para evitar a obstrução do sistema de drenagem pelo material de solo. Cobrindo a superfície da base do recipiente, em cada vaso foi instalada uma mangueira transparente de 5 mm de diâmetro conectada à sua base, de modo a facilitar a drenagem, sendo acoplada a um recipiente plástico (capacidade de 2 L) para coleta da água ser drenada. Em seguida, foram acondicionados 20 kg de um Neossolo Flúvico com textura Franco arenoso, cujas características físicas e químicas estão na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos e físico-hídricos do solo, determinados no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS/UAEA/UFCEG), Campina Grande, PB.

pH	P	K	Ca	Na	Mg	Al	H ⁺ + Al ³⁺	SB	CTC	v	MO
6,7	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³								%	g/kg
	5,96	0,23	3,72	0,09	0,95	0,0	0,91	4,99	5,89	84,57	12,75
Granulometria			D. do solo (g cm ⁻³)		Porosidade m ³ /m ³		Umidade (%)		Água disponível (%)		
Areia		Silte		Argila		Natural		0,33 atm	15,0 atm		
.....(%).....										7,81	
72,7		21,1		6,2		1,33		0,49			
Classificação						0,65		13,07	5,26		
Franco Arenosa											

CTC a pH 7,0; Extração: Água (pH); Mehlich (P, K, Na); KCl 1N (Ca, Mg e Al); Acetato de Cálcio pH 7,0 (H + Al).

A adubação com NPK seguiu a recomendação de adubação para ensaios em vasos de Novais et al. (1991), com as quantidades de 100, 300 e 150 mg kg⁻¹ de N, P e K, respectivamente, nas formas de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação de fundação foi realizada apenas com a recomendação total de fósforo e as adubações de cobertura com N e K foram parceladas em três vezes, com aplicação na fase vegetativa aos 8, 16 e 24 dias após transplântio (DAT). A aplicação de micronutrientes da dripsol se deu quinzenalmente com as seguintes concentrações: Magnésio 1,1%, Boro 0,85 %, Cobre (Cu-EDTA); 0,5%, Ferro (Fe-EDTA); 3,4 %, Manganês (Mn-EDTA); 3,2%, Molibdênio 0,05%, Zinco 4,2% e duas aplicações de Cálcio, via foliar, após as primeiras frutificações com intervalo de 20 dias.

3.4 Preparo da água de irrigação

No preparo da água de irrigação, foi considerada a proporção equivalente de 7:2:1, entre Na:Ca:Mg, respectivamente, a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, relação predominante aos íons em fontes de água para irrigação, em pequenas propriedades do Nordeste brasileiro (Medeiros, 1992; Audry & Suassuna, 1995).

Para tanto se considerou a relação entre CEa e concentração de sais (10*meq L⁻¹ = 1 dS m⁻¹ de CEa), extraída de Rhoades *et al.* (1992), tendo como base a água de abastecimento (0,4 dS m⁻¹ CEa), existente no local. Após a preparação, as águas foram armazenadas em recipientes plásticos de 300L, devidamente protegidos para evitar a evaporação, a entrada de água de chuva e a contaminação com materiais que poderiam comprometer sua qualidade. Para ter a devida condutividade elétrica (CE), os sais foram pesados conforme tratamento com adição de águas, até ser atingido o nível desejado de

CEa, conferindo os valores com um condutivímetro de bancada que teve condutividade ajustada à temperatura de 25 °C.

3.5 Manejo da irrigação

O consumo hídrico foi determinado pela diferença entre o volume de água aplicado e o drenado, estimando o volume de água a ser aplicado no próximo evento de irrigação obtendo-se com base na Eq. 1

$$VC = \frac{VA - VD}{1 - FL} \quad (1)$$

Em que:

VC - Volume de água a ser aplicado na irrigação (mL)

VA - Volume de água aplicado na irrigação anterior ou no período (mL)

VD - Volume de água drenado na irrigação anterior ou no período (mL)

FL - Fração de lixiviação (0,10)

A cada 15 dias aplicou-se uma fração de lixiviação de 10% (Ayers; Westcot, 1999), para o monitoramento dos níveis de salinidade na zona radicular das plantas.

Antes do transplântio, o solo foi colocado em capacidade de campo, com o objetivo de homogeneizar as condições hídricas de cada tratamento. As irrigações foram realizadas diariamente com água de baixa condutividade elétrica (0,4 dS m⁻¹), até aos 15 DAT, após este período iniciou-se a irrigação com os diferentes níveis salinos.

3.5 Preparação da solução e aplicação do paclobutrazol

A partir da dissolução do paclobutrazol de 1,5 e 2,5 ppm, em 1 L de água destilada foram determinadas as concentrações do paclobutrazol e aplicadas circunferencialmente próximo a planta, cinco dias após o transplântio (Bano et al., 2020) em uma única aplicação, com 200 ml por planta.

3.7 Tutoramento

A realização do tutoramento de forma vertical teve como objetivo manter a planta ereta e as hastes afastadas do solo para um melhor arejamento dentro do plantio, diminuindo a umidade relativa e, assim, minimizar problemas e doenças.

3.8 Desbrota

Os brotos laterais que surgem no tomateiro diminuem o vigor vegetativo da planta e consomem os nutrientes necessários para a formação dos frutos. Assim, toda semana foi realizada a desbrota ou poda de brotações visando eliminar todos os brotos deixando apenas três hastes em cada planta .

3.9 Controle fitossanitário

O controle fitossanitário ocorre de forma curativa, para o controle e proliferação de grande parte de pragas usando os defensivos Deltametrina e Cloridrato de Cartap nas concentrações recomendadas pelos fabricantes para a cultura do tomateiro.

4.0 Variáveis avaliadas

4.0.1 Variáveis de crescimento

As variáveis de crescimento foram mensuradas aos 110 DAT. Altura da planta (cm) com auxílio de uma régua graduada, medindo rente o solo até o ápice da planta. O paquímetro digital foi empregado para determinação do diâmetro de caule (mm). O número de folhas (NF) determinado através de contagem direta, para área foliar total (AFT) foi aplicado o método de Benincasa (2003), em que uma amostra com área conhecida de 4 cm² é retirada da folha e encaminhada para estufa para se obter a massa seca da amostra. Posteriormente, o uso da equação (2), que é a razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas, pela massa seca da amostra:

$$AFT = ((\text{área da amostra} \times \text{massa seca total}) / (\text{massa seca da amostra})) \quad (2)$$

4.1 Variáveis fisiológicas

4.1.1 Trocas gasosas

As variáveis de trocas gasosas foram mensuradas aos 80 DAT. A condutância estomática (gs) (mol m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), taxa assimilação de CO₂ (A) (μmol m⁻² s⁻¹) e concentração interna de CO₂ (Ci) (μmol mol⁻¹). Para identificar tais medidas foi necessário um determinador de trocas gasosas em plantas, contendo um analisador de gás infravermelho - IRGA (Infra Red Gás Analyser), modelo LCpro – SD, da ADC Bioscientific, UK. As leituras foram realizadas no período entre 7:00 e 9:00 h da manhã.

De posse desses dados, foram estimadas a eficiência instantânea no uso da água (EUA) (A/E) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência instantânea da carboxilação (EiC) (A/Ci) [(μmol m⁻² s⁻¹) (μmol mol⁻¹)⁻¹].

4.1.2 Fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência da clorofila *a* determinada aos 80 DAT com o fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science, pelo protocolo: eficiência quântica (Fv/Fm), foram mensuradas as variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (Fo), Fluorescência máxima (Fm), Fluorescência variável (Fv = Fm - Fo) e máxima eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm); tal protocolo é realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período de 30 minutos com auxílio de um clipe

do equipamento, de modo a garantir que todos os aceptores primários estejam totalmente oxidados.

4.1.3 Pigmentos fotossintéticos

Os teores de clorofilas *a* e *b*, total e os carotenoides foram quantificados por meio da extração em amostras de folhas frescas aos 80 DAT que, após pesadas, foram picotadas e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona 80%, as quais foram mantidas no escuro e em refrigerador durante 48 horas; em seguida, foram coletados os sobrenadantes contendo os pigmentos extraídos e depois as leituras de absorbâncias em espectrofotômetro a 470, 647 e 663 nanômetros, conforme (Arnon, 1949; Lichtenthäler, 1987). Os conteúdos de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides foram calculados pelas equações de 3 a 6 (Lichtenthäler, 1987).

$$\text{Clorofila a} = (12,25 \times A663) - (2,79 \times A647) \quad (3)$$

$$\text{Clorofila b} = (21,50 \times A647) - (5,10 \times A663) \quad (4)$$

$$\text{Clorofila total} = (7,15 \times A663) + (18,71 \times A647) \quad (5)$$

$$\text{Carotenóides} = (1000 \times A470 - 1,82 \text{ Cl a} - 85,02 \text{ Cl b}) / 198 \quad (6)$$

Os valores das equações acima estão expressos em µg de pigmento por mL de extrato, a conversão da a µg de pigmento por grama de massa fresca através de regra de três simples.

4.1.4 Extravasamento de eletrólitos (EE%)

O extravasamento de eletrólitos foi efetuado aos 80 DAT. Para tanto foram coletados, das folhas localizadas na parte mediana do caule, 5 discos foliares de 0,771 mm, lavados com água destilada visando à retirada de outros eletrólitos aderidos às folhas, acondicionados em beckers com 50mL de água bidestilada e fechados hermeticamente com papel alumínio. Os beckers ficaram submetidos à temperatura ambiente de aproximadamente 25°C por 24 horas, posteriormente procedeu-se a leitura da condutividade elétrica inicial (Ci); depois, os beckers foram conduzidos para estufa com ventilação forçada de ar e submetidas à temperatura de 85°C, durante 120 minutos, para proceder novamente a mensuração da condutividade elétrica final (Cf).

Assim, o extravasamento de eletrólitos na membrana celular foi obtido de acordo com Scotti Campos & Thu Pham Thi (1997), conforme Eq. (7):

$$EE = (Ci / Cf) \times 100 \quad (7)$$

em que: EE = extravasamento de eletrólitos na membrana (%);

Ci= condutividade elétrica inicial (dS m^{-1});

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

4.1.5 Teor relativo de água (TRA)

Foram coletados e pesados cinco discos foliares de 0,771 mm (peso dos discos fresco) das folhas localizadas na parte mediana da planta aos 80 DAT, em seguida esses mesmos discos foram postos em beakers com 50 mL de água destilada durante 24 horas; após esse processo foram dispostos sobre papel toalha para retirada do excesso de água, pesados e os valores anotados obtendo o peso dos discos túrgidos, depois colocados em estufa a 65 °C, obtendo assim, o peso dos discos seco.

O TRA em percentual foi encontrado com a equação 8, contida em Cairo (1995) conforme Eq. (8):

$$\text{TRA} = ((\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS})) \times 100 \quad (8)$$

Em que: PF, PS e PT representam o peso dos discos fresco, seco e túrgidos, respectivamente.

4.2 Acúmulo de massa

Ao final do ciclo de cultivo aos 110 DAT, as plantas foram colhidas, separadas em folhas, caules, raízes e acondicionadas em sacos de papel; e colocadas em estufa de ar circulante, mantida a 65 °C, até peso constante; posteriormente, o material foi pesado obtendo-se a fitomassa seca de folhas (FSF), caule (FSC) e raízes (FSR).

4.3 Produção

As colheitas se iniciaram em 58 DAT indo até 110 DAT, realizadas semanalmente, quando os frutos atingiam o estado de maturação R4, ou seja, vermelho maduro (Monteiro et al., 2018). Posteriormente, foram levadas para o Laboratório de Fisiologia Vegetal – LID – UFCG para determinar a produção total de frutos por planta (P – g por planta), peso médio do fruto (PMF - g por fruto) através de uma balança analítica $\pm 0,001$, para os diâmetros transversal (DTF mm) e diâmetro longitudinal (DLF mm com um paquímetro digital e o número de cachos por planta (NCP) e número de frutos por cacho (NFC) pela contagem direta.

4.4 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias e quando com distribuição normal foi realizada análise de variância através do software estatístico SISVAR e o nível de significância pela análise do teste “F”. Em casos de significância, foi efetuado o teste de médias por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$) para

os dados obtidos de natureza qualitativa as concentrações do PBZ, enquanto os dados de natureza quantitativa os níveis salinos, foram submetidos ao estudo de regressão polinomial, com ajuste de curvas representativas para cada uma das características avaliadas (Ferreira, 2019).

Com o apoio do software estatístico Jamovi, versão 2.3 (The Jamovi Project, 2022), as informações coletadas para as variáveis foram submetidas à estimativa do coeficiente de correlação de Pearson (r), que representa a correlação entre duas variáveis e varia de -1 a 1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Parâmetros fisiológicos em plantas de tomate sob salinidade e aplicação de PBZ

5.1.1 Trocas gasosas

Houve interação significativa entre os fatores estudados (PBZ \times S) (Tabela 2) para concentração interna de CO₂ (C_i), taxa de assimilação de CO₂ (A) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC), além de efeitos significativos para os fatores isolados paclobutrazol e salinidade para a condutância estomática (g_s) e transpiração (E) e salinidade para eficiência instantânea do uso da água (EUA).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para condutância estomática (g_s), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i), taxa de assimilação de CO₂ (A), eficiência do uso da água (EUA) e eficiência instantânea da carboxilação (EiC) de plantas de tomate cereja cv. “Carolina” em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.

Fonte de variação	GL	Quadrados médios					
		g_s	E	C_i	A	EUA	EiC
Paclobutrazol (PBZ)	2	0,0101**	1,507**	4984,01**	37,73**	1,41ns	0,0024**
Salinidade (S)	4	0,0139*	2,147**	18610,35**	227,08**	11,88**	0,0093**
PBZ \times S	8	0,000079 ^{ns}	0,203 ^{ns}	884,18*	5,05**	2,13 ^{ns}	0,00040**
Bloco	3	0,00397 ^{ns}	0,134 ^{ns}	4903,33*	0,331 ^{ns}	0,77 ^{ns}	0,00033*
Resíduo	42	0,0002	0,110	16150,66	1,121	1,60	0,00010
CV (%)	-	10,68	16,89	8,19	9,59	21,94	19,10

CV (%) - coeficiente de variação; GL - grau de liberdade **; * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

A figura 6A mostra efeito significativo de forma isolada nas concentrações do PBZ, com redução de 27,22% ($0,04 \mu\text{mol de m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na condutância estomática (g_s) das plantas que não receberam aplicação do paclobutrazol (0 ppm) em comparação com as que receberam, independente da concentração, uma vez que não se observou diferença entre as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm. Segundo Waqas et al. (2019), o aumento da

condutância estomática (gs) quando o PBZ é aplicado no solo, pode ser uma estratégia adaptativa das plantas ao estresse salino. Contudo, neste estudo, mesmo com o ajuste que aconteceu nas plantas que receberam o PBZ, não foi suficiente para as plantas resistirem aos efeitos danosos da salinidade, pois o PBZ atuou apenas independente da salinidade.

Com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação observou-se redução para condutância estomática (gs) de 48,64% ($0,095 \mu\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em relação ao menor nível da condutividade elétrica da água $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 6B). O fechamento estomático é uma das primeiras respostas das plantas quando submetidas ao estresse salino (Ramos et al., 2021). O fechamento estomático está ligado aos distúrbios nas relações hídricas seguido de um aumento nos níveis de ABA que estão ligados ao estresse salino (Behdad et al., 2021). O fechamento dos estômatos afeta o processo fotossintético, com redução da transpiração, da disponibilidade de CO_2 , além do acúmulo de Na^+ e Cl^- (Sá et al., 2015; Taiz et al., 2017). O Na^+ por competir com o K^+ nas células, e ser transportado na planta por um canal catiônico não seletivo, causa modificação no *status* hídrico das plantas, resultando em uma limitação da condutância estomática (Mehmood et al., 2022).

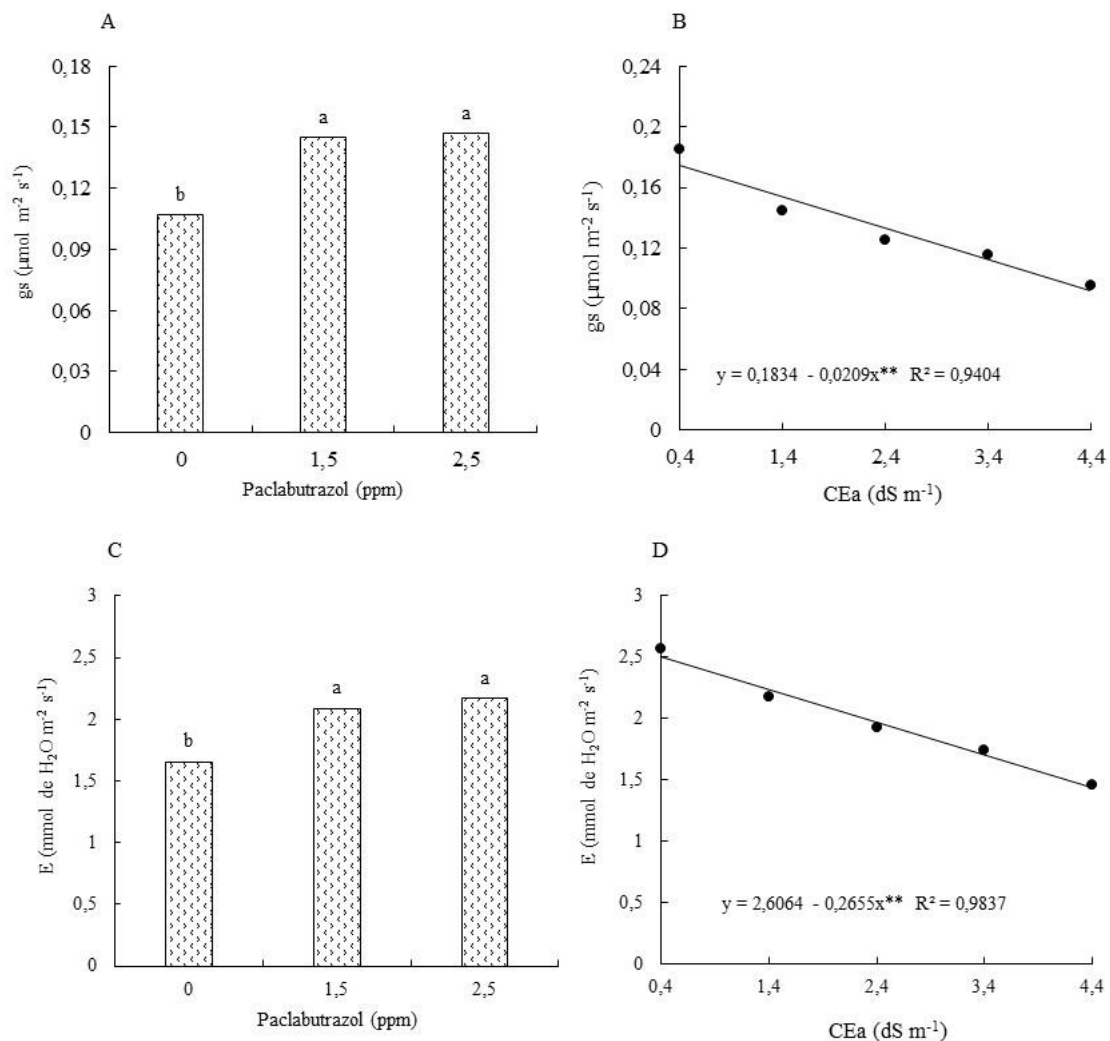


Figura 6. Condutância estomática (gs) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B); Transpiração (E) em função da aplicação de PBZ (C) e da condutividade elétrica da água de irrigação (D), aos 80 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Em relação a transpiração (E), a aplicação do PBZ proporcionou aumento, de 20 e 23% (2,087 e 2,166 mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), nas concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, respectivamente, em relação à testemunha (Figura 6C) por se tratar de um regulador que favorece os mecanismos de ajuste osmótico, proporcionando aumento na taxa transpiratória (Teixeira et al., 2022). Sobre o assunto, o estudo de Silva et al. (2022) aponta que, a transpiração se correlaciona com a condutância estomática, e quanto maior o índice ou tempo de abertura estomática, maior a transpiração das plantas, como no estudo aqui apresentado com a aplicação do PBZ. Com base na literatura, os compostos de triazol influenciam o tamanho dos poros estomáticos, a espessura da epiderme superior e inferior e o número de estomas e aumenta a densidade de estômatos (Kishorekumar et al., 2006; Waqas et al., 2019).

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação acarretou declínio na transpiração (Figura 6D), com redução de 42,47% ($1,109 \text{ mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) entre a condutividade de 0,4 e 4,4 dS m^{-1} . A redução na transpiração pode ser uma alternativa das plantas para reduzir a perda de água ocasionada pelo estresse salino (Rodríguez-Zaccaro & Groover, 2019). No entanto, a redução na taxa transpiratória leva a planta a aumentar a temperatura foliar, afetando negativamente a fotossíntese e o metabolismo do carbono (Hasegawa, 2013; Muchate et al., 2016).

O aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação elevou a concentração interna do CO_2 (C_i). No entanto, até a CEa de 2,4 dS m^{-1} , as concentrações de PBZ (1,5 e 2,5 ppm) foram efetivas em reduzir os efeitos da salinidade em relação ao tratamento sem PBZ, sobretudo, a concentração de 2,5 ppm (Figura 7). Nas CEa de 0,4, 1,4 e 2,4 dS m^{-1} o C_i foi menor cerca de 20,17, 17,79 e 5,01%, respectivamente, para a concentração de 1,5 ppm e de 20,5, 25,96 e 29,42% para concentração de 2,5 ppm, em relação ao tratamento sem PBZ. Enquanto isso, a partir de 2,4 dS m^{-1} o PBZ não causou mais efeito sobre C_i . A redução na C_i das plantas que receberam a aplicação pode ter sido ocasionada pelo ajustamento osmótico, o que possibilitou adaptação da planta ao estresse salino proporcionado fechamento parcial dos estômatos. Ainda os baixos valores de C_i nas plantas tratadas com PBZ podem estar relacionados com a alta atividade fotossintética em que o CO_2 absorvido foi assimilado ao carboidrato, reduzindo os seus valores.

Dias et al. (2020) observaram que o aumento do C_i , mesmo com a redução do g_s , isso se dá pelo acúmulo de CO_2 no mesofilo foliar, devido as possíveis restrições no metabolismo do carbono. Isso se deve a salinidade que perturba os atributos de trocas gasosas, diminuindo a condutância estomática, e por conseguinte, a taxa de transpiração e a taxa de assimilação de CO_2 , aumentando a concentração de CO_2 (Mehmood et al., 2022).

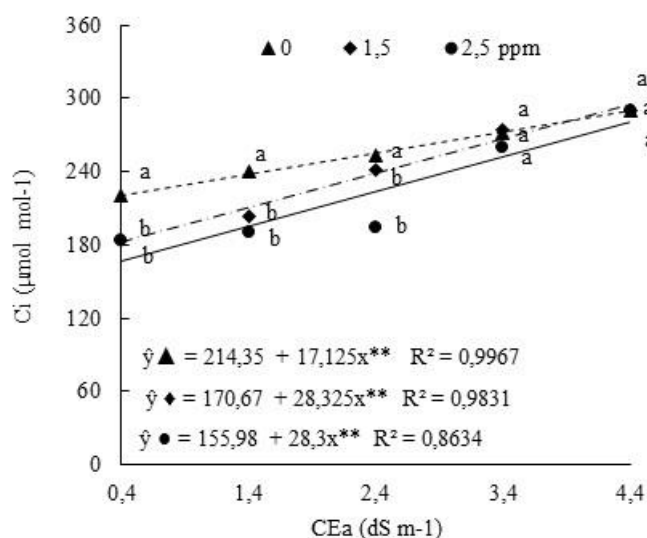


Figura 7. Concentração interna de CO₂ de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAT.

A aplicação do PBZ (1,5 e 2,5 ppm) até a condutividade elétrica da água de irrigação de 2,4 dS m⁻¹ foi positiva para a taxa de assimilação de CO₂ (Figura 8), diferindo estatisticamente das plantas que não receberam a aplicação do PBZ, com aumento de 17,67, 31,02 e 31,19% para a concentração de 1,5 ppm e 21,56, 34,11 e 47,70% para concentração de 2,5 ppm, respectivamente nas CEas de 0,4, 1,4 e 2,4 dS m⁻¹. No entanto, a partir da CEa de 3,4 dS m⁻¹, não houve efeito significativo da aplicação do PBZ sobre a salinidade.

O aumento da fotossíntese líquida está fortemente correlacionado com o aumento da condutância estomática, essa relação permite maior entrada de CO₂ na câmara subestomática, que ao ser metabolizado tende a aumentar a fotossíntese (Xu et al., 2020). O PBZ por ser um composto capaz de regular a eficiência da condutância estomática, transpiração e consequentemente da fotossíntese, pode contribuir para a tolerância das plantas em condições de estresse (Xiu et al., 2019). Na pesquisa de Xiu et al. (2019) sobre o efeito da aplicação de PBZ em mudas de *Malus halliana*, a fotossíntese líquida foi superior nas plantas tratadas com PBZ sob estresse hídrico.

A redução drástica na fotossíntese nos maiores níveis de salinidade, pode ser explicada pelo acúmulo de Na⁺ na zona radicular que aumenta a competição com potássio (K), com o aumento do íon de Na⁺, a redução dos teores de K⁺ ocasiona uma desregulação da carboxilação/fixação estomática pela redução dos pigmentos acessórios, perturbando assim, a maquinaria fotossintética (Mehmood et al., 2022). Sempre que a fotossíntese é reduzida em resposta ao estresse, o equilíbrio entre as fases

bioquímica e fotoquímica é perturbado (Waqas et al., 2019). A redução nos parâmetros de troca gasosa é devida ao transporte acropetal de ácido abscísico que sinaliza para o fechamento dos estômatos e, em última análise, limita a carboxilação, a taxa fotossintética e a razão de transpiração (Bacha et al., 2017; Ullah et al., 2019). De maneira semelhante, Roque et al. (2022) observaram em plantas de tomate cereja que a taxa de assimilação de CO₂ diminuiu à medida que a concentração da salinidade na água de irrigação aumentava; notavelmente, as plantas que foram irrigadas com água de alta salinidade (4,3 dS m⁻¹) apresentaram uma taxa de assimilação de CO₂ menor em comparação com as plantas que foram cultivadas com água de baixa salinidade (0,3 dS m⁻¹).

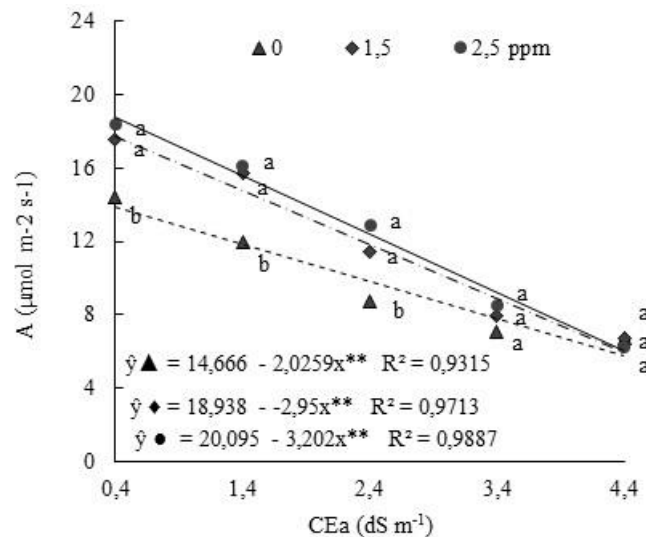


Figura 8. Taxa de assimilação do CO₂ de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAT.

A salinidade da água de irrigação resultou em efeitos negativos para a eficiência do uso da água (Figura 9A), com redução linear de 34% na CEA de 4,4 dS m⁻¹ comparado ao de menor nível salino (0,4 dS m⁻¹). O estresse hipertônico causado pelo acúmulo excessivo de Na⁺ e Cl⁻, leva a uma redução dos parâmetros da taxa de assimilação do CO₂ (A) e transpiratória (E), além da eficiência no uso da água (EUA), devido à limitação da condutância estomática (Behdad et al., 2021).

Os níveis crescentes de condutividade elétrica da água de irrigação reduziram a eficiência instantânea da carboxilação em todas as concentrações de PBZ (Figura 9B). No entanto, até o nível de 2,4 dS m⁻¹, constatou-se diferença expressiva entre aplicação

de PBZ (2,5 ppm) em relação as plantas que não receberam, com aumento de 56,42, 71,42 e 86,11% para concentração de 2,5 ppm, respectivamente, nas CEa de 0,4, 1,4 e 2,4 dS m. A partir de 3,4 dS m⁻¹ não foi observado efeito significativo do PBZ em relação aos níveis salinos.

A redução observada na *EiC* nos maiores níveis salinos é decorre das limitações estomáticas e das restrições metabólicas do ciclo de Calvin, ou seja, na fase bioquímica do processo fotossintético (Sousa et al., 2016, Shoukat et al., 2019). A *EiC* tem ligação direta com a concentração intracelular de CO₂ e com sua assimilação (Jacinto Júnior et al., 2019). Isso justifica os menores valores encontrados na concentração interna do CO₂ (*C_i*) e o aumento na taxa de assimilação do CO₂ (*A*) com o PBZ. O aumento observado na *g_s* e *A* em função da aplicação de PBZ, permitiu maior entrada de CO₂ e, assim, maior assimilação no ciclo de Calvin, produzindo carboidratos, o que elevou a taxa fotossintética e a eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*).

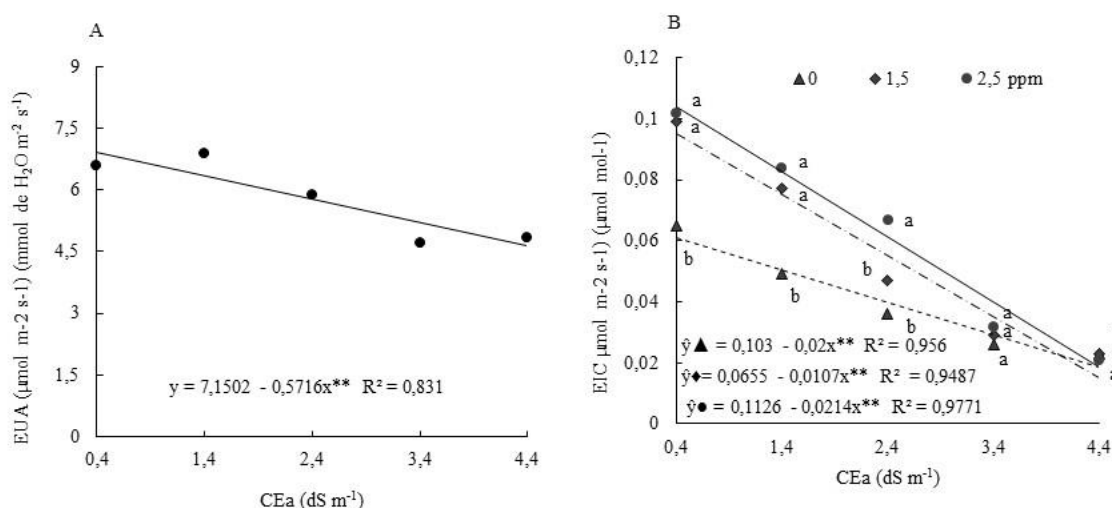


Figura 9. Eficiência do uso da água (EUA) de plantas de tomate cereja em função da aplicação condutividade elétrica da água de irrigação (A) e eficiência instantânea da carboxilação (*EiC*) em função da aplicação de paclobutrazol e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT.

5.1.2 Fluorescência da clorofila *a*, extravasamento de eletrólitos e teor relativo de água

Na interação entre os fatores PBZ x S sobre o extravasamento de eletrólitos (EE%) (Tabela 3) observou-se efeito expressivo. Por outro lado, de maneira isolada o paclobutrazol influenciou a *F_o* e *F_v/F_m*, enquanto a salinidade afetou a *F_o*, *F_m*, *F_v*, *F_v/F_m* e o TRA.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv) e eficiência quântica máxima do PSII (Fv/Fm), extravasamento de eletrólitos (EE) e teor relativo de água (TRA) de plantas de tomate cereja cv. Carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.

Fonte de variação	GL	Quadrado médios					
		Fo	Fm	Fv	Fv/Fm	EE	TRA
Paclobutrazol (PBZ)	2	3775,95*	28311,85 ^{ns}	43823,40 ^{ns}	0,0035**	249,84**	3,48 ^{ns}
Salinidade (S)	4	3633,29**	86723,79**	124074,88**	0,0057**	630,78**	79,67**
PBZ x S	8	772,58 ^{ns}	13730,64 ^{ns}	19937,37 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	42,29**	1,31 ^{ns}
Bloco	3	783,05 ^{ns}	22544,60 ^{ns}	22731,80 ^{ns}	0,00069 ^{ns}	58,84**	6,28 ^{ns}
Resíduo	42	908,78	20272,91	18761,91	0,00053	9,86	4,34
Cv (%)	-	8,24	8,41	10,32	3,01	8,23	5,5

CV (%) - coeficiente de variação; GL - grau de liberdade **, * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

Fo reduziu 6,90% (354,71 elétrons quantum) com a aplicação de 2,5 ppm de paclobutrazol quando comparado com as testemunhas (381 elétrons quantum) (Figura 10A). Como o PBZ faz parte do grupo de triazol ele pode ter contribuído na manutenção do aparelho fotossintético, o que permitiu que as plantas mantivessem seus níveis de Fo adequado.

Para o fator salinidade, a fluorescência inicial foi comprometida com o aumento dos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, promovendo aumento de 12,71% com a CEa de $4,4 \text{ dS m}^{-1}$ em relação ao menor nível salino ($0,4 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 10B). O estresse salino causa aumento na Fo devido ao dano ocasionado nos pigmentos fotossintéticos levando ao uso reduzido da energia disponível (Martins et al, 2019; Lotfi et al., 2020). A Fo está ligada a capacidade da oxidação da quinona, o que indica redução na transferência de energia de excitação do complexo antena para o centro de reação do fotossistema II (PSII) (Maxwell & Johnson, 2000; Sá et al., 2018).

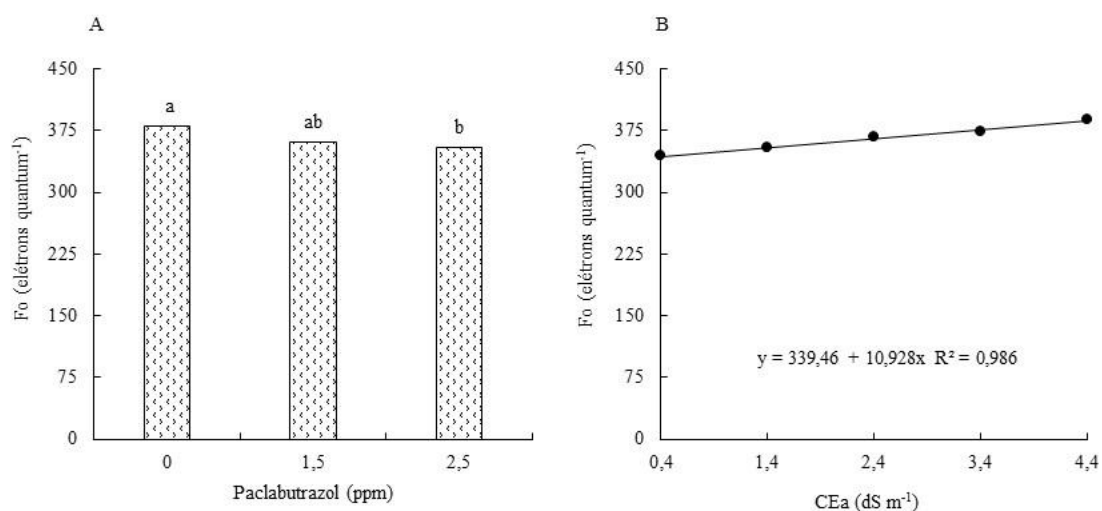


Figura 10. Fluorescência inicial (Fo) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclabutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O aumento da Fo pode resultar em diversos danos ao PSII, a exemplo da degradação da proteína D1, diminuição da integridade da membrana do tilacoides, danos na cadeia de transporte de elétrons no fotossistema II, redução dos receptores de elétrons da plastoquinona, bem como a separação dos complexos proteicos de coleta de luz na clorofila a/b (Baker, 2008; Ashraf et al., 2013).

A fluorescência variável (Fv) e fluorescência máxima (Fm) do tomate cereja diminuíram bastante com o aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 11A e B), plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ reduziram 12% e 18%, respectivamente, em comparação as plantas irrigadas com água de baixa salinidade (0,4 dS m⁻¹). A fluorescência variável indica a capacidade de transferência de energia dos elétrons ejetados das moléculas de pigmentos para a formação de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida, favorecendo aumento do CO₂ e a capacidade de assimilação na fase bioquímica da fotossíntese (Tatagiba et al., 2014; Veloso et al., 2020).

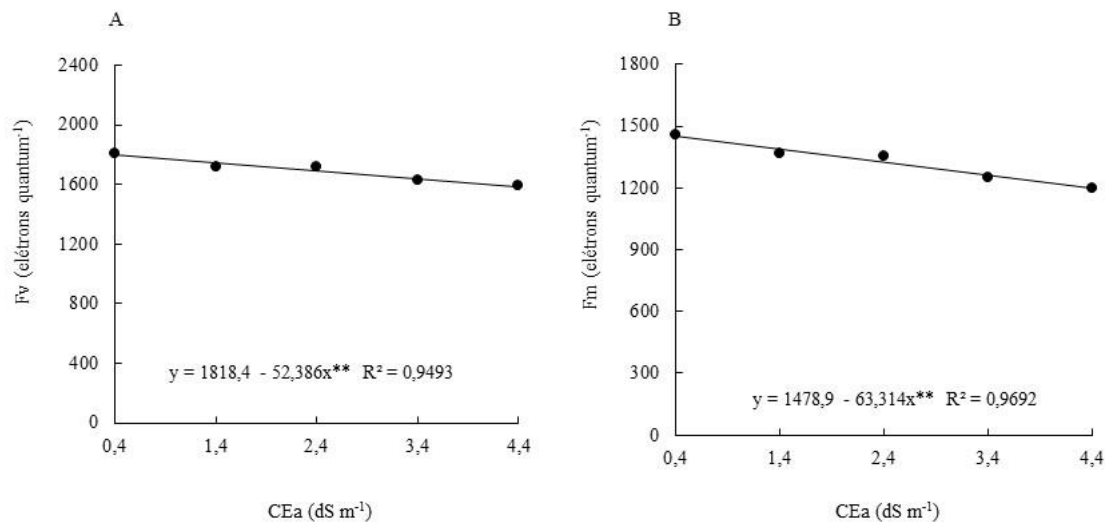


Figura 11. Fluorescência variável - Fv (A) e fluorescência máxima - Fm (B) em plantas de tomate cereja em função da aplicação do paclobutrazol sob salinidade da água de irrigação, aos 80 DAT.

Segundo Yousefzadeh et al. (2023), o estresse causado pela salinidade causa danos na cadeia de transferência de elétrons, levando a uma redução da capacidade e aptidão do aparelho fotossintético para aceitação e transferência dos elétrons que resulta em fluorescência variável reduzida. A fluorescência máxima (*Fm*) é o valor máximo de fluorescência obtido no estado fechado do centro de resposta do fotossistema II durante a adaptação ao escuro, é um parâmetro que reage sensivelmente ao estresse abiótico (Baker, 2008).

Com o aumento do estresse salino há redução gradual nos valores de Fm, isso pode estar relacionado a alguns fatores, como a diminuição da atividade do complexo enzimático, redução da capacidade de transporte de elétrons do PSII e perturbação no complexo de captação de luz (Aro et al., 1993; Fernandez et al., 1997; Ranjbarfordoei et al., 2006).

A eficiência quântica máxima do PSII (*Fv/Fm*) aumentou 6,90% com a aplicação de 2,5 ppm de PBZ em comparação as plantas que não receberam PBZ (Figura 12A). O aumento da eficiência quântica máxima do PSII (*Fv/Fm*) com paclobutrazol é devido aos seus efeitos benéficos no aumento do conteúdo de clorofila, que pode potencializar a taxa de absorção e transmissão de elétrons, assim, otimiza a reação fotoquímica do PSII, ampliando a capacidade fotossintética (Kamran et al., 2020).

A redução da *Fv/Fm* ocasionada pelo estresse salino, causa perturbações no aparelho fotossintético pela produção de radicais livres que podem danificar

componentes do PSII (Keshavarz et al., 2021). A salinidade proporcionou efeito linear decrescente (Figura 12B) na Fv/Fm em plantas de tomate cereja com reduções na ordem de 3,29% por cada aumento unitário na CEa.

Quando ocorre a redução da Fv, a transferência de elétrons em plantas estressadas pela salinidade tende a apresentar uma razão Fv/Fm menor, e isso se deve à diminuição da capacidade de extinção por fotoquímicos dentro do PSII, indicando que os centros de reações do PSII podem ter sido danificados ou se tornaram fotoquimicamente inativos sob o estresse salino (Akhter et al., 2021; Mousavi et al., 2022)

A redução na Fv/Fm, indica uma diminuição na cadeia de transferência de elétrons do cloroplasto, o que pode aumentar a probabilidade de produção de radicais livres ocasionada pelo estresse salino (Hosseini et al., 2023). Além disso, o estresse salino tem um efeito negativo na atividade de enzimas antioxidantes, resultando na diminuição de Fv/Fm (Yang et al., 2007). Assim, os resultados encontrados nesta pesquisa corroboram com os de Maia Junior et al. (2022), que estudando níveis de salinidade em plantas de tomateiro, constataram que o estresse salino afetou a fluorescência inicial e a redução da máxima eficiência fotoquímica (Fv/Fm), indicando que o aumento da salinidade causou danos nos centros de reação do PSII.

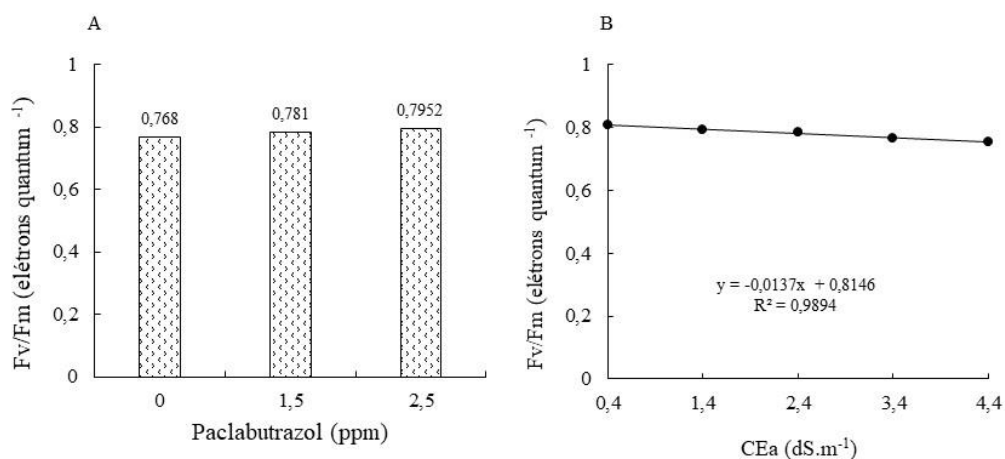


Figura 12. Eficiência quântica máxima do PSII (Fv/Fm) de plantas de tomate cereja função da aplicação de paclobutrAZOL (A) e condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O aumento dos níveis de salinidade da água de irrigação elevou o vazamento de eletrólitos para todas as concentrações de PBZ. No entanto, até a CEa de 2,4 dS m⁻¹, as concentrações de PBZ (1,5 e 2,5 ppm) foram efetivas em aliviar os efeitos da salinidade em relação ao tratamento sem PBZ (Figura 13A), essa redução foi de 21,7, 21,91 e

26,95% para a concentração de 1,5 ppm e 23,5, 25,89 e 29,21% para 2,5 ppm, respectivamente nas CEa de 0,4, 1,4 e 2,4 dS m⁻¹. Tal resultado ocorreu, possivelmente, em decorrência do PBZ proporcionar redução na absorção de íons tóxicos como Na⁺ e Cl⁻, possibilitando menor ruptura na membrana celular por causa da salinidade. Pois, o PBZ contribui para a melhoria da estabilidade das membranas e ajuda a preservar a integridade do aparato fotossintético em diversas situações de estresse abiótico, potencializando a ação dos antioxidantes e limitando a peroxidação lipídica (Soumya et al., 2017). O estudo de Waqas et al. (2019) indica que, a aplicação de PBZ no solo, reduziu a absorção de Na⁺ e Cl⁻ e aumentou os teores de K⁺, Mg²⁺ e Ca²⁺ em folhas e raízes de plantas de quinoa. A salinidade pode causar desequilíbrio nutricional nas plantas e inibir a absorção de nutrientes, incluindo o cálcio, que é um elemento extremamente importante na formação da parede celular, levando ao aumento do EE sob alta salinidade (Bezerra et al., 2022).

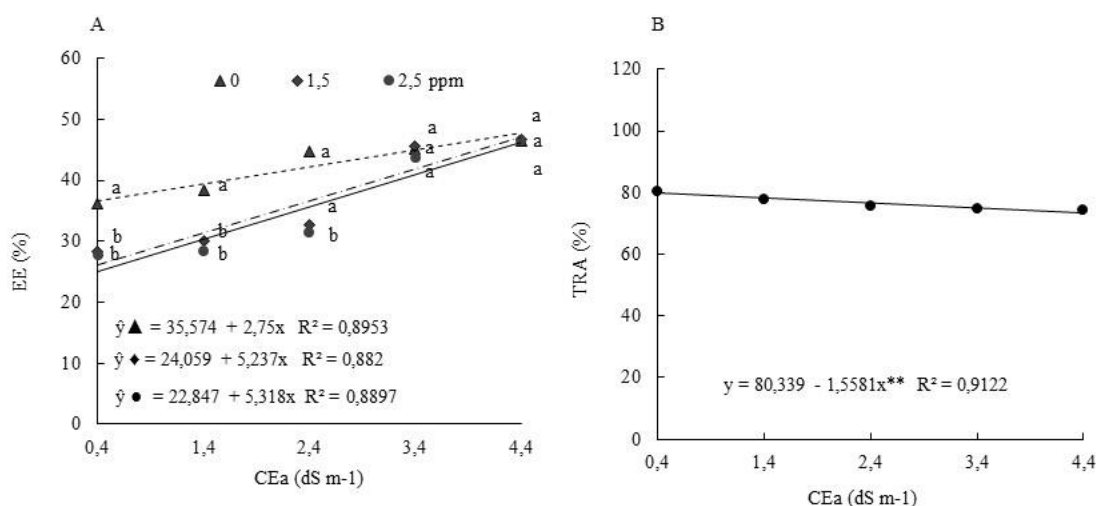


Figura 13. Extravasamento de eletrólitos (EE) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação (A) e Teor relativo de água (TRA) em função da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 80 DAT.

Para os teores relativos de água (TRA) foram constatadas reduções pelo aumento da salinidade da água de irrigação (Figura 13B). A CEa de 4,4 dS m⁻¹ reduziu 7,89% em relação a menor condutividade (0,4 dS m⁻¹). A redução no teor relativo de água em plantas quando cultivadas sobre salinidade é uma ação recorrente de muitas culturas (Ferraz et al., 2015). O teor relativo de água e o dano da membrana celular nas plantas são as primeiras características que são afetadas pelo estresse salino (Cruz et al., 2019).

5.1.3 Pigmentos fotossintéticos

Conforme a análise de variância (Tabela 4), apenas para a clorofila *a* existiu efeito significativo da interação entre os fatores PBZ × S. Os teores de clorofila *b* carotenoides e clorofila total, foram influenciados apenas pela condutividade elétrica da água de irrigação.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para Clorofila *a*, Clorofila *b*, Carotenoides e Clorofila total de plantas de tomate cereja cv. Carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Carotenoides	Clorofila total
Paclobutrazol (PBZ)	2	349414,02*	2281,89 ^{ns}	3320,91 ^{ns}	132427,15 ^{ns}
Salinidade (S)	4	150934,44**	15894,58*	19223,75**	632866,94**
PBZ x S	8	56912,88**	1297,07 ^{ns}	546,57 ^{ns}	17035,67 ^{ns}
Bloco	3	24372,28 ^{ns}	1795,94 ^{ns}	2959,35 ^{ns}	36340,31 ^{ns}
Resíduo	42	41851,97	4191,10	2664,32	64490,53
Cv (%)	-	14,82	13,59	16,06	13,77

CV (%) - coeficiente de variação; GL - grau de liberdade **, * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

O aumento da salinidade da água de irrigação afetou de forma negativa os teores de clorofila *a* em plantas de tomate cereja (Figura 14). Entretanto, ao comparar as concentrações de PBZ, constatou-se aumento no teor de clorofila *a* com aplicação de 2,5 ppm em relação ao tratamento sem aplicação de PBZ, até a CEa de 2,4 2,4 dS m. Esse aumento foi de 21,68, 43,72 e 23,97% para a concentração de 2,5 ppm, respectivamente nas CEa de 0,4, 1,4 e 2,4 dS m. A partir da CEa de 3,4 dS m⁻¹ não houve diferença considerável entre a aplicação de PBZ. Quando se tem aumento nos teores de clorofila *a*, tem-se melhor conversão de energia luminosa nas plantas e aumento da eficiência fotossintética (Jin et al., 2019), conforme foi observado com aumento taxa de assimilação do CO₂ neste estudo.

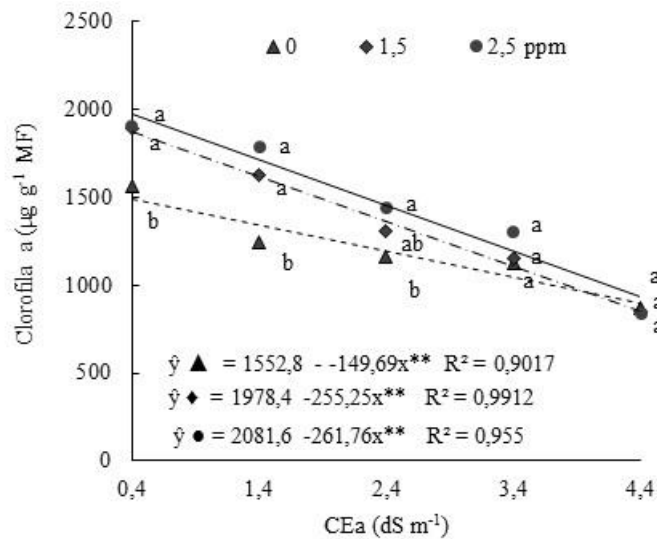


Figura 14. Conteúdo de Clorofila *a*, de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação aos 80 DAT.

Segundo Forghani et al. (2018), o PBZ regula a acumulação de clorofila e carotenoides através da relação poliaminas e o ácido giberélico. Para Fletcher et al. (2000), o aumento da clorofila se dá pela capacidade dos triazóis de aumentarem o conteúdo de citocinina, o qual foi associado ao início da biossíntese da clorofila. Esses resultados estão de acordo com os de Hu et al., (2017), ao indicarem que plantas de cherry baby irrigadas com água salina tiveram aumento significativo nos teores de clorofila *a* com o PBZ.

A redução da clorofila *a* afeta a cadeia de transportes de elétrons, diminuindo a capacidade de transferência de elétrons para os centros de reações, resultando em redução da fotossíntese. A salinidade causa perturbações nas membranas dos tilacoides e degradação da clorofila devido ao acúmulo de Na⁺ no solo e redução nos teores K⁺ nas folhas (Bose et al., 2017). Concentrações elevadas de sais ativam a atividade enzimática da clorofilase que causa a destruição do aparato fotossintético e atenua a eficiência da RUBISCO pela acessibilidade intracelular de CO₂ (Baiseitova et al., 2018; Yang et al., 2021).

Reduções foram constatadas para a clorofila *b*, carotenoides e clorofila total com o aumento da condutividade da água de irrigação (Figura 15A, B e C). A clorofila *b* reduziu de 375,37 µg g⁻¹ MF (0,4 dS m⁻¹) para 279,49 µg g⁻¹ MF (4,4 dS m⁻¹), ou seja, redução percentual de 16,45%. Para Souza et al. (2019), a salinidade causa redução nos teores de clorofila devido a um desequilíbrio nas atividades fisiológicas e bioquímicas

além do suportado pelas culturas. Os autores Khademian et al. (2019), afirmam que, o estresse salino também reduz os níveis de nitrogênio no tecido vegetal, o que contribui para reduzir os níveis de clorofila, que sob condições de salinidade pode ser pela redução da biossíntese de clorofila ou ao aumento da clorofilase, além da desintegração das membranas dos tilacoides e a destruição da clorofila por diferentes espécies reativas de oxigênio (ROS), o que contribui para alterações nos complexos de proteínas da clorofila (Mohamed et al., 2018; Siddqui et al., 2019; Tahjib-Ui-Arif et al., 2019).

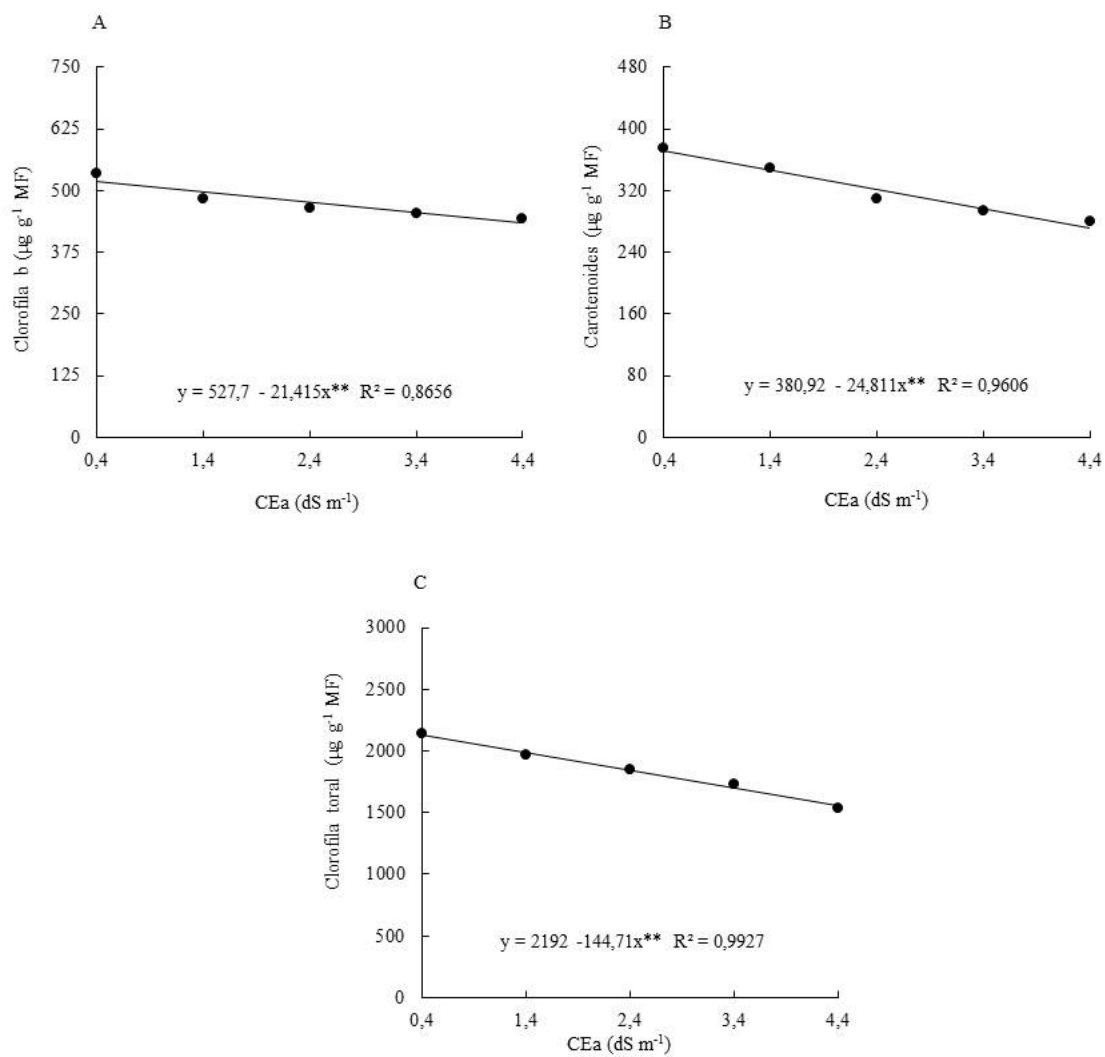


Figura 15. Conteúdo de Clorofila b (A), Carotenoides (B) e clorofila total (C) de plantas de tomate cereja em função da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 80 DAT.

Clorofilas e carotenoides são elementos básicos do sistema fotossintético e estão envolvidos na transferência de energia, estabilização de membrana e captura de energia luminosa (Jiang et al., 2017). Ambos obtiveram resultados semelhantes a clorofila b,

sendo as maiores reduções observadas, de 25,55 e 28,15%, respectivamente, com a salinidade de 4,4 dS m⁻¹ em relação a menor salinidade (0,4 dS.m⁻¹).

Os carotenoides são necessários para a integridade do fotossistema, eliminando as espécies reativas de oxigênio geradas em condições de salinidade, portanto, com a diminuição nos teores de carotenoides há redução na capacidade de eliminar as EROs, ocasionando danos ao aparelho fotossintético (Sharif et al., 2019). Tais fatos podem ter ocorrido nas plantas de tomate cereja com o aumentada CEa, o que pode ter contribuído para o aumento na fluorescência inicial.

A salinidade tem efeito negativo sobre o conteúdo de carotenoides, por isso, observa-se uma diminuição sob estresse salino (Gomes et al., 2017). Os pigmentos fotossintéticos são reduzidos sob estresse salino por causa da acumulação de íons tóxicos no cloroplasto (Sorkhi, 2021). A redução na concentração de clorofila faz com que as moléculas de clorofila que continuam agindo fiquem mais excitadas, possivelmente, formando radicais livres e levando à peroxidação lipídica, fotooxidação e morte da planta (Oliveira et al., 2018).

5.2 Crescimento e acúmulo de massa em plantas de tomate sob aplicação de PBZ e condutividade elétrica da água de irrigação

5.2.1 Crescimento aos 110 DAT

Para as variáveis de crescimento, foi constatado interação PBZ x S, apenas para altura de planta. Com exceção da AFT que foi impactada apenas pela salinidade, as demais variáveis foram afetadas pelos fatores PBZ e CEa de forma isolada (Tabela 5). Enquanto isso, o DC não foi influenciado por nenhum dos tratamentos.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP), número de folhas (NF), diâmetro de caule (DC) e área foliar total (AFT) de plantas de tomate cereja cv Carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		AP	NF	DC	AFT
Paclobutrazol (PBZ)	2	23897,85**	723,90**	2,34 ^{ns}	2551974,53 ^{ns}
Salinidade (S)	4	1295,05**	400,93**	5,19 ^{ns}	50543273,03**
PBZ x S	8	187,18*	8,11 ^{ns}	1,05 ^{ns}	1213503,11 ^{ns}
Bloco	3	56,46 ^{ns}	37,08 ^{ns}	5,61 ^{ns}	1921121,52 ^{ns}
Resíduo	42	69,34	22,99	2,55	2161765,72
Cv (%)	-	7,36	9,14	10,53	17,28

CV (%) - coeficiente de variação; GL - grau de liberdade **, * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

O número de folhas foi superior nas plantas que receberam aplicação do PBZ, aumentando 22,32 e 23,40% com as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, em comparação com a testemunha (0 ppm) (Figura 16A). Isso pode ter ocorrido porque o PBZ inibe a síntese de giberelinas, assim, as plantas deixaram de investir os metabólicos produzidos na fotossíntese, no crescimento do caule e direcionadas para a produção de folhas, como mostram também os resultados de Pal et al., (2016), que constataram que aplicação de PBZ em tomate sob déficit hídrico aumentou o número de folhas em todas as condições testadas.

A salinidade da água de irrigação ocasiona o aumento do efeito osmótico no solo, afetando a absorção de água e nutrientes pelas plantas, e em consequência, influencia no crescimento e desenvolvimento, como as reduções no número de folhas (Figura 16B), de 28,83% quando comparado a maior (4,4 dS m⁻¹) e a menor salinidade (0,4 dS m⁻¹). A diminuição significa um processo de adaptação fisiológica das plantas e uma forma de se protegerem da perda de água, reduzindo a taxa de transpiração (Siqueira et al., 2021). Como visto, a salinidade causou reduções em *Ci*, *E*, *gs* e *A* nas plantas de tomate cereja, resultando em menor produção de fotoassimilados e, assim, menor acúmulo de massa.

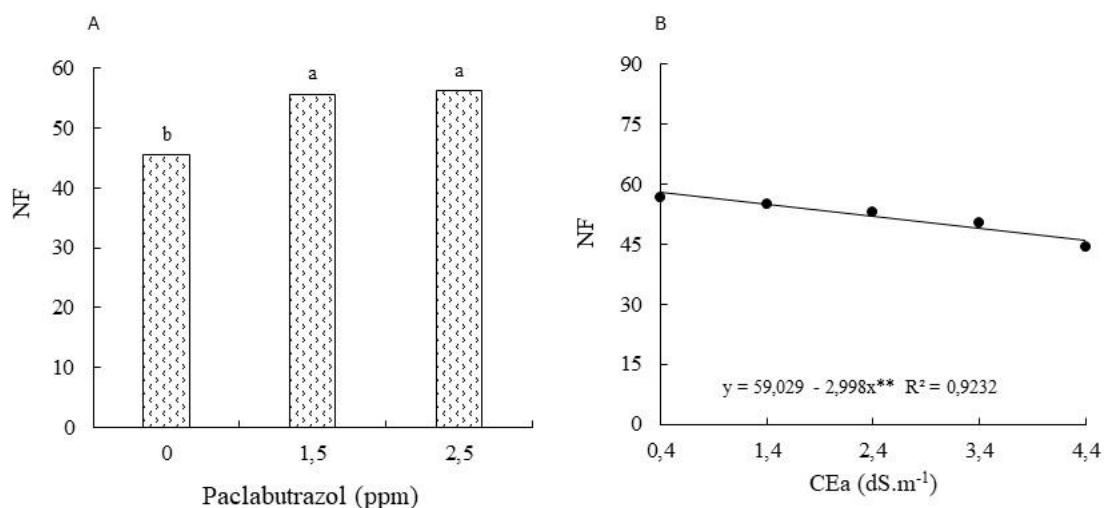


Figura 16. Número de folhas de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A aplicação do PBZ (1,5 e 2,5 ppm) foi negativa para a altura das plantas de tomate cereja cv. Carolina, diferindo estatisticamente em todos os níveis salinos (Figura 17), das plantas que não receberam. Com a aplicação de PBZ houve redução de 35,20,

37,68, 38,43, 23,74 e 36,32%, respectivamente, nas CEa de 0,4, 1,4, 2,4, 3,4 e 4,4 dS m⁻¹ para a concentração de 1,5 ppm e 45, 44,38, 43,44, 46,72 e 33,01% para concentração de 2,5 ppm. A redução do tamanho das plantas tratadas com PBZ está relacionada com a sua ação inibidora sobre as giberelinas, que estão envolvidas na divisão celular (Pal et al., 2016). Sobre a questão, Tesfahun (2018) ressalta que, a redução da altura é o efeito morfológico mais evidente da aplicação do PBZ, atividade que envolve o encurtamento dos entrenós e não reduz o número de segmentos.

A altura das plantas reduziu com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, com ou sem a aplicação do PBZ. De acordo com Oliveira et al. (2013), a redução no crescimento em altura e, conseqüentemente, no diâmetro de plantas sob estresse salino se deve ao efeito osmótico, associado à toxidez de íons pela absorção excessiva de Na⁺ e Cl⁻ e ao desequilíbrio nutricional causado pelos distúrbios na absorção e, ou, distribuição dos nutrientes.

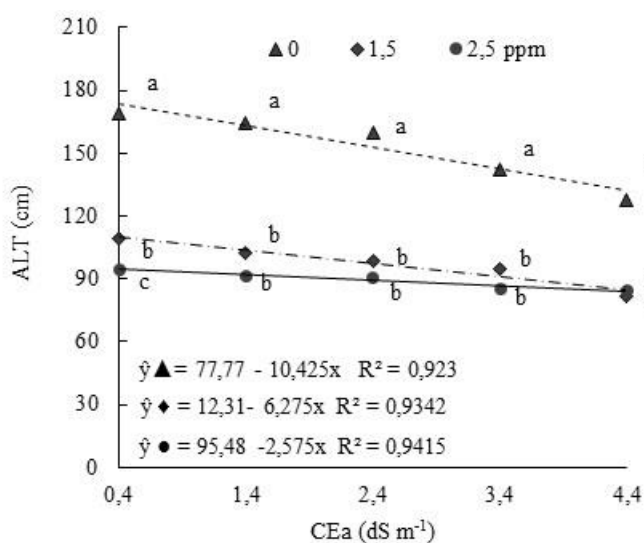


Figura 17. Altura de planta (ALT) de plantas de tomate cereja em função da aplicação de PBZ e da condutividade elétrica da água de irrigação, aos 110 DAT.

A área foliar do tomate cereja cv. ‘Carolina’ diminuiu com o incremento da salinidade da água de irrigação (Figura 18), com CEa de 11,01% nas plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação a menor CEa (0,4 dS m⁻¹). O declínio na área foliar é resultado de adaptações morfológicas da planta para minimizar os prejuízos causados pelo estresse salino, devido ao acúmulo de íons diminui o turgor nas folhas, restringe as trocas gasosas, limitando a fotossíntese e impedindo a expansão foliar (He et al., 2019).

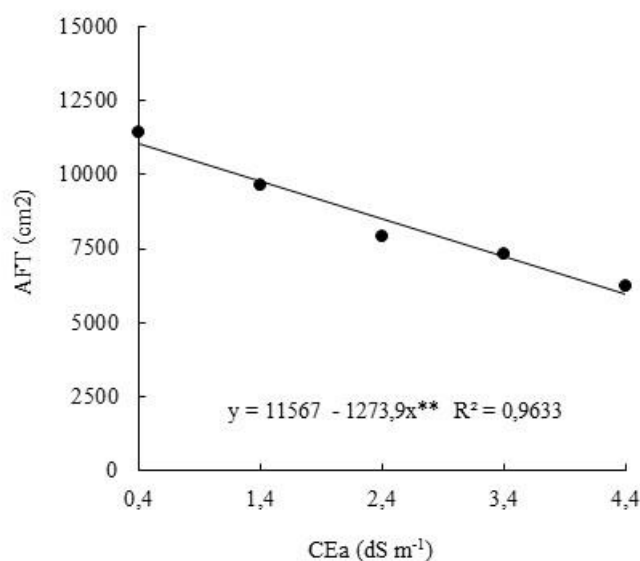


Figura 18. Área foliar total para condutividade elétrica da água de plantas de tomate cereja em função da aplicação do Paclobutrazol sob salinidade da água de irrigação, aos 110 DAT.

5.2.2 Acúmulo de massa aos 110 DAT

Para as variáveis de acúmulo de massa não houve efeito significativo da interação entres os fatores PBZ x S. As variáveis foram influenciadas pelos fatores PBZ e CEa de forma isolada (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância para massa frescas das folhas (MFF), massa frescas do caule (MFC) e massa frescas da raiz (MFR), massa seca de folhas (FSF), massa seca do caule (FSC) e massa seca da raiz (FSR).

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		MFF	MFC	MFR	MSF	MSC	MSR
Paclobutrazol (PBZ)	2	40307,01*	141258,23**	18462,08*	1055,98*	8551,19**	971,54**
Salinidade (S)	4	52083,65**	47754,88**	66539,59**	2202,62**	2632,91**	1668,57**
PBZ x S	8	2303,97 ^{ns}	5094,45 ^{ns}	3094,17 ^{ns}	128,64 ^{ns}	435,87 ^{ns}	99,53 ^{ns}
Bloco	3	1750,77 ^{ns}	3265,75 ^{ns}	19435,59*	109,53 ^{ns}	462,75 ^{ns}	562,11*
Resíduo	42	8316,95	3434,23	5723,17	246,01	332,39	168,49
Cv (%)	-	15,92	19,25	20,32	16,87	25,92	17,73

CV (%) - coeficiente de variação; GL - grau de liberdade **, * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

A massa fresca das folhas obteve resultado semelhante ao número de folhas, plantas que receberam aplicação de PBZ nas concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, foram superiores as plantas controle em 12,79 e 13,15%, respectivamente (Figura 19A). Conforme Mohan et al. (2020), o aumento da massa das folhas se deve ao fato de que o PBZ eleva as taxas fotossintéticas, resultando em acúmulo de massa, o que é justificado pelo aumento da fotossíntese observado nesta pesquisa.

A redução no crescimento das plantas é mais notória quando cultivadas em condições de alta salinidade, a exemplo da redução de 24,24% na massa fresca das folhas com o aumento da salinidade de 0,4 para 4,4 dS m⁻¹ (Figura 19B). Como visto, a salinidade afetou o processo fotossintético, gerando a diminuição dos fotoassimilados, resultando em menor acúmulo de massa nas folhas. Além disso, sob estresse salino, o acúmulo excessivo de sódio no solo, causa desequilíbrio nutricional nas plantas impedindo o crescimento (Safdar et al., 2019).

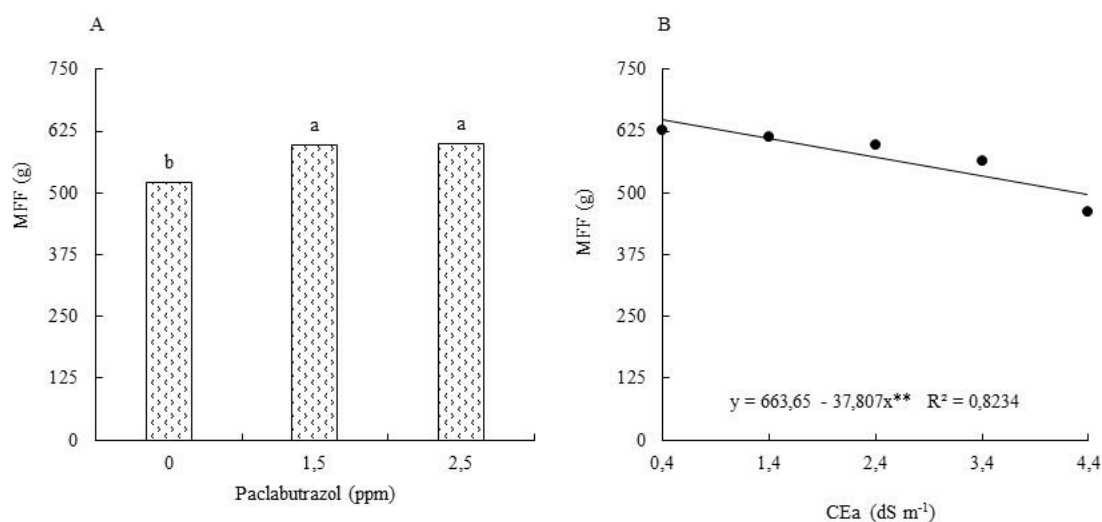


Figura 19. Massa fresca de folhas de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A aplicação do PBZ reduziu a massa fresca do caule em 36,35 e 36,15% comparado a testemunha (Figura 20A), por causa do modo de ação do PBZ por limitar a altura da planta por inibição da síntese de giberelinas que são responsáveis pelo alongamento e divisão celular. As plantas controles por não terem sofrido esse fator inibitório, puderam se alongar e por consequência, obtiveram maior massa fresca do caule. Na pesquisa realizada por Forghani et al. (2018) em plantas de sorgo, constataram que a aplicação do PBZ causou reduções na massa fresca do caule, condizente com os resultados encontrados nesta pesquisa.

Por incremento unitário da CEa entre 0,4 e 4,4 dS m⁻¹ (Figura 20B) observou-se redução 9,93 g na massa fresca do caule, . A redução no crescimento das plantas pode estar relacionada com a redução da fotossíntese e o acúmulo dos íons de Na⁺ e Cl⁻ que criam um desequilíbrio iônico celular (Psarras et al., 2008; Chaichi et al., 2017).

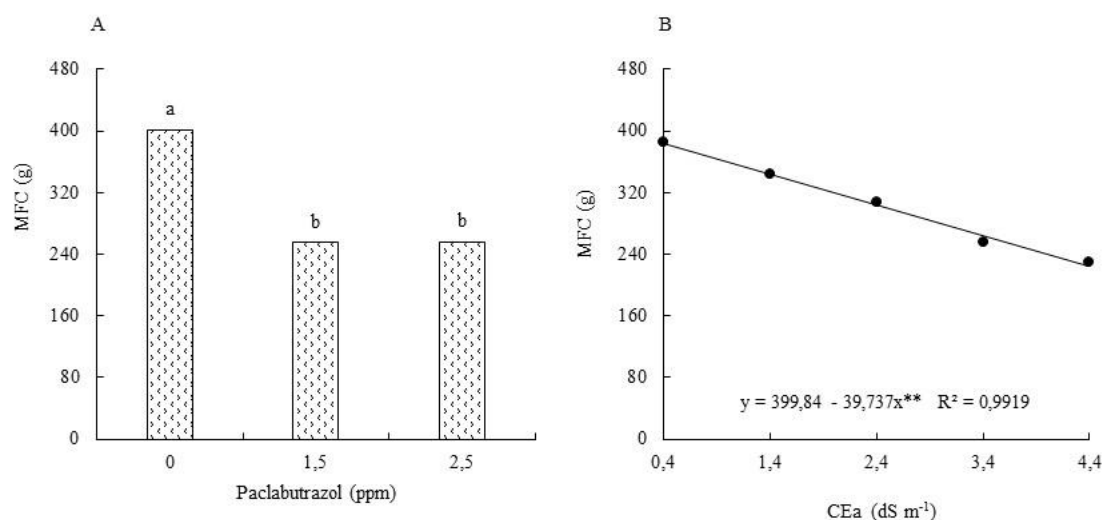


Figura 20. Massa fresca do caule de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A massa fresca da raiz aumentou de 10,48 e 17,76% para as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm com aplicação do PBZ comparado com as plantas de tomate cereja que não receberam, com diferença significativa apenas para a segunda concentração do PBZ (Figura 21A). O resultado pode estar relacionado ao acréscimo nos teores de citocininas proporcionado pelo o PBZ, já que esse hormônio vegetal possibilita a formação de raízes, por isso, infere-se que o paclobutrazol aumenta o nível de contato e acesso aos recursos hídricos, aumentando o crescimento radicular em condições de salinidade, podendo assim, aumentar a tolerância das plantas ao estresse por salinidade (Tesfahun, 2018).

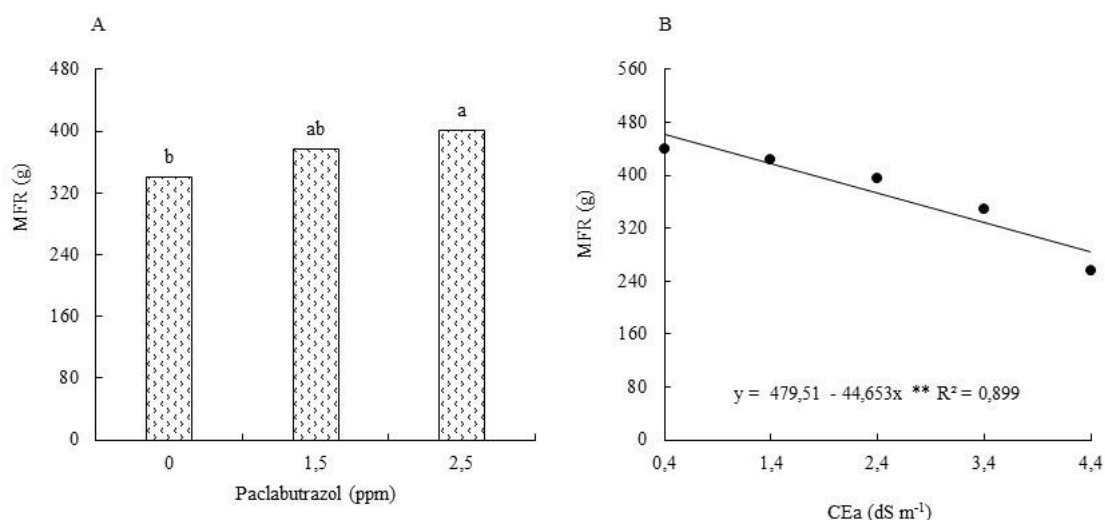


Figura 21. Massa fresca de raiz de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A massa fresca da raiz reduziu 42,06% com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação de 0,4 para 4,4 dS m⁻¹ (Figura 21B). A alta quantidade de sal na solução do solo é prejudicial para o crescimento das plantas por causa da perturbação osmótica da absorção de água pelas raízes ou, mais especificamente, pela propriedade iônica (El-Beltagi et al., 2022). O aumento da concentração dos sais retardou a absorção de água pelas plantas, diminuindo o teor de água, que seguiu com a redução dos pesos frescos. Essa diminuição pode ser atribuída aos efeitos prejudiciais do estresse salino, as altas concentrações de sais de sódio impactam adversamente as funções fisiológicas da planta, provocando mudanças osmóticas, hormonais e nutricionais, causando redução no crescimento e na acumulação de biomassa (Sá et al., 2019).

As concentrações de paclobutrazol proporcionaram aumento da massa seca das folhas com incrementos de 10,57 e 16,87% em relação a testemunha, para as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, respectivamente (Figura 22A). O aumento na massa foliar, provavelmente, ocorreu pela ação do PBZ em afetar a dominância apical e aumentar o número de ramos laterais e o número de folhas (Santos Filho et al., 2022).

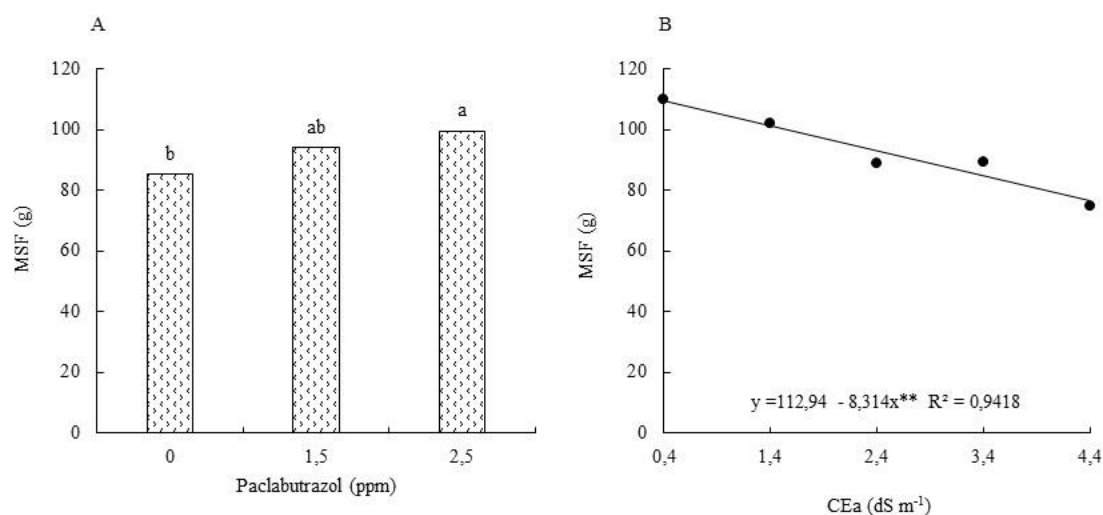


Figura 22. Massa seca de folhas de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclabutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A salinidade da água de irrigação proporcionou redução na massa seca de folhas de 7,36% por aumento unitário da CEA (Figura 22B). A salinidade do solo afeta diversos processos nas plantas dentre eles, a redução no acúmulo da biomassa, absorção e assimilação dos nutrientes devido ao aumento do pH do solo que precipita os nutrientes com Ca^+ e Mg^+ .

O declínio na acumulação de massa em face da salinidade é um efeito cumulativo sobre os principais atributos metabólicos da planta, causando impacto na absorção, transporte e assimilação de elementos minerais, além da assimilação de CO_2 , conteúdo relativo de água e clorofilas (Hu et al., 2017; Ahanger & Agarwal, 2017; Ahanger et al., 2019; Osman et al., 2020).

Em relação a massa do caule, a aplicação do PBZ proporcionou redução de 38,5 e 45,03%, para as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, respectivamente (Figura 23A), pois, PBZ atua inibindo a produção do ácido giberélico, o que provoca mudanças metabólicas no ácido abscísico, citocininas e etileno, resultando em redução no crescimento das plantas (Thomas & Hedden, 2018).

Em relação a salinidade da água de irrigação, houve redução na massa do caule de 10,58% por incremento unitário da CEA (Figura 23B), que pode estar relacionada com os componentes iônicos e/ou osmóticos ocasionados pelo estresse salino, reduzindo a disponibilidade de água e abertura estomática, que em consequência reduz a produção de CO_2 , afetando diretamente o acúmulo de massa vegetal (Lima et al., 2021).

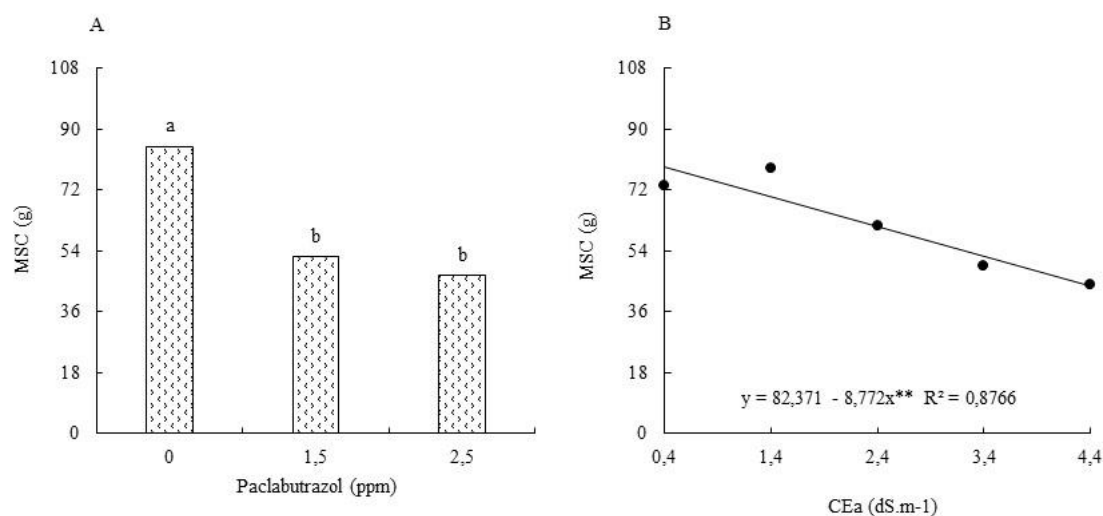


Figura 23. Massa seca de caule de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A massa de raiz aumentou com a aplicação do PBZ (Figura 24A), esse aumento foi de 6,92 e 17,05% para as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, respectivamente, comparado com a testemunha. O aumento no acúmulo de massa da raiz possibilitou que as plantas explorassem uma maior área do solo, favorecendo maior absorção de água e nutrientes. Em estudo, Hu et al. (2017) constataram que, a aplicação do PBZ aumentou a massa das raízes. Ainda, Jaleel et al. (2007), relatam que o estímulo no comprimento da raiz sob estresse salino, resultando em melhor aproveitamento no processo de absorção de água pelas plantas. Assim, a aplicação de paclobutrazol pode melhorar o desempenho da planta em condições de estresse através da estimulação da atividade radicular da planta (Teshfahum, 2018).

Com base nos resultados nota-se redução de 7,84% na massa seca da raiz por incremento unitário da CEa (Figura 24B). Devido ao aumento da salinidade, o acúmulo excessivo de íons Na^+ e Cl^- na zona radicular, gera o estresse iônico e osmótico, ativando sinais que inibem a divisão celular e o crescimento da planta (Deinlein et al., 2014). Em condições salinas, ocorre queda do potencial da água no solo, acarretando redução na disponibilidade de água para as plantas, e assim, reduzindo a absorção da água e, por consequência, diminuição na produção de massa seca (Oliveira et al., 2015).

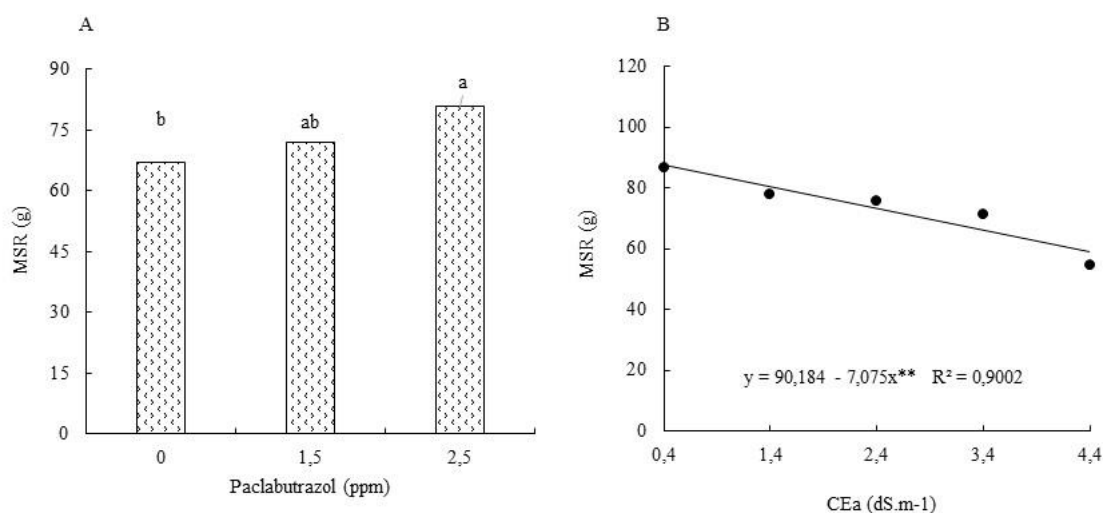


Figura 24. Massa seca da raiz de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da condutividade elétrica da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

5.3 Componentes de produção do tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol e condutividade elétrica da água de irrigação

Para os componentes de produção do tomateiro tipo cereja, não foi constatado efeito significativo da interação entres os fatores PBZ x S para nenhuma das variáveis (Tabela 7). No entanto, de forma isolada o PBZ gerou muito impacto na produção total (PT), número de frutos por cacho (NFruc) e número de cacho por planta (Ncacho). Enquanto a CEa influenciou a produção total (PT), peso médio de frutos (Pmf), número de frutos por cacho (NFruc), número de cacho por planta (Ncacho), diâmetro longitudinal dos frutos (DLF) e o diâmetro transversal dos frutos (DTF).

Tabela 7. Resumo da análise para Produção total de frutos por planta (PTP), número de frutos por cacho (NFC), número de cacho por planta (NCP), diâmetro longitudinal dos frutos (DLF), diâmetro transversal dos frutos (DTF) e peso médio de frutos (PMF) de plantas de tomate cereja cv carolina em função da aplicação do PBZ e salinidade da água de irrigação.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		PTP	NFC	NCP	DLF	DTF	PMF
Paclobutrazol (PBZ)	2	39224,52**	1,90**	15,20**	1,15 ^{ns}	2,57 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Salinidade (S)	4	390253,95**	3,11*	59,77**	18,23**	23,42**	26,64**
PBZ x S	8	5561,78 ^{ns}	0,13 ^{ns}	3,52 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,94 ^{ns}	3,36 ^{ns}
Bloco	3	14347,29*	0,41 ^{ns}	5,52 ^{ns}	0,18 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,11 ^{ns}
Resíduo	42	4376,22	0,35	2,33	0,86	3,12	4,21
Cv (%)	-	11,97	10,96	10,88	3,62	7,23	22,28

CV (%) - coeficiente de variação; GL - grau de liberdade **, * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) e não significativos, respectivamente, pelo teste F.

A produção total de frutos por plantas aumentou em plantas tratadas com 1,5 e 2,5 ppm de PBZ (67,87 e 83,28 g), respectivamente, em comparação com a testemunha

(Figura 25A). Esse resultado é reflexo do aumento observado nos teores de clorofila *a* e na taxa fotossintética das plantas de tomate, possibilitando maior produção de carboidratos, o que resultou em frutos mais pesados.

Para Rodríguez et al. (2022), o efeito positivo do PBZ observado na produção pode ser atribuído a redução da altura e a limitação do crescimento vegetativo. Os metabólicos que seriam usados para o crescimento foram direcionados para a produção das flores e frutos. De maneira semelhante, Banoo et al. (2020) e Fernández et al. (2021), constataram que aplicação do paclobutrazol proporciona efeitos benéficos a produção na cultura do tomate com aumento na produção total de frutos.

O aumento da salinidade provoca desequilíbrio de nutrientes, estresse hiperosmótico e desequilíbrio iônico que desempenha um papel fundamental na perturbação das funções celulares da planta (Helaly et al., 2017). Com isso, a salinidade reduziu o peso total de frutos por planta em 57,51% com a salinidade de 4,4 dS m⁻¹ (341,98 g) quando comparado a CEa de 0,4 dS m⁻¹ (821,58 g) (Figura 26B). A redução da qualidade geral do solo induzida pela irrigação salina exibiu efeitos adversos óbvios no crescimento do tomateiro, tais como a redução da biomassa vegetal e da produção de frutos (Yan et al., 2021).

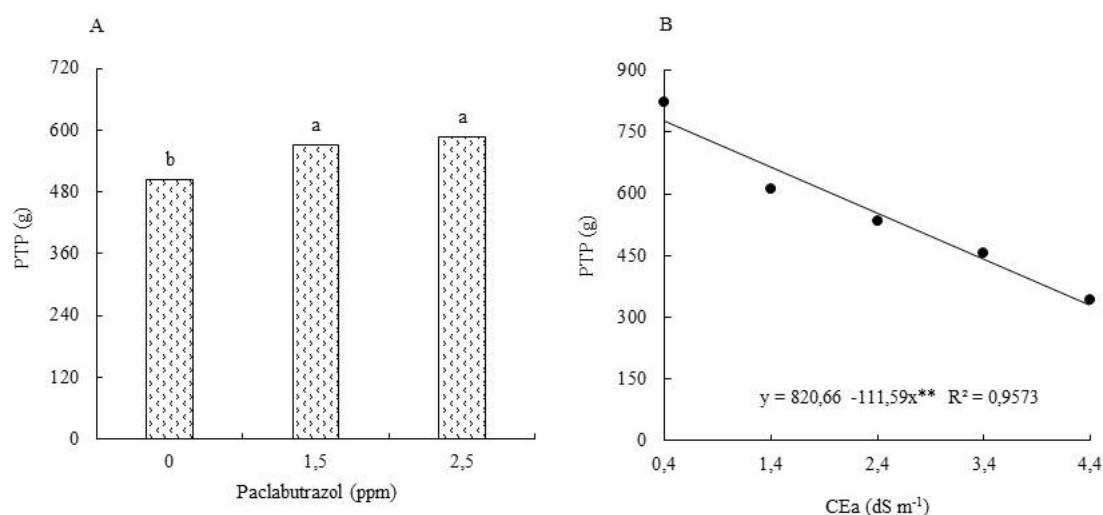


Figura 25. Produção total de frutos de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da salinidade da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Foi observada diferença significativa no número de frutos por cacho (Figura 26A), pois, os tratamentos com aplicações de PBZ (1,5 e 2,5 ppm), proporcionaram

maiores médias (5,5 e 5,7 frutos por cacho por planta, respectivamente), enquanto a testemunha produziu 5,11 unidades por cacho. Este componente é determinado pelo número de flores que são fertilizadas e se desenvolvem em frutos (Fernández et al., 2021). Endegená (2019) observou que, a aplicação do Paclobutrazol aumentou o número de frutos por cacho e o número de frutos por planta, convertendo em um incremento na produção por planta em tomate. A aplicação de PBZ no solo induziu um aumento no número de inflorescências e no número de flores por inflorescência, resultando em uma maior frutificação nas plantas (Ajmi et al., 2020).

O estresse salino em estágios fenológicos sensíveis, como a floração, pode levar à redução da produção pela diminuição do número de frutos pelo abortamento de flores (Santos et al., 2016). Isso explica a menor produção no número de frutos por cacho (Figura 26B) com aumento da salinidade, com redução de 20,72% na maior condutividade elétrica da água de irrigação (4,4 dS m⁻¹) em relação a menor salinidade.

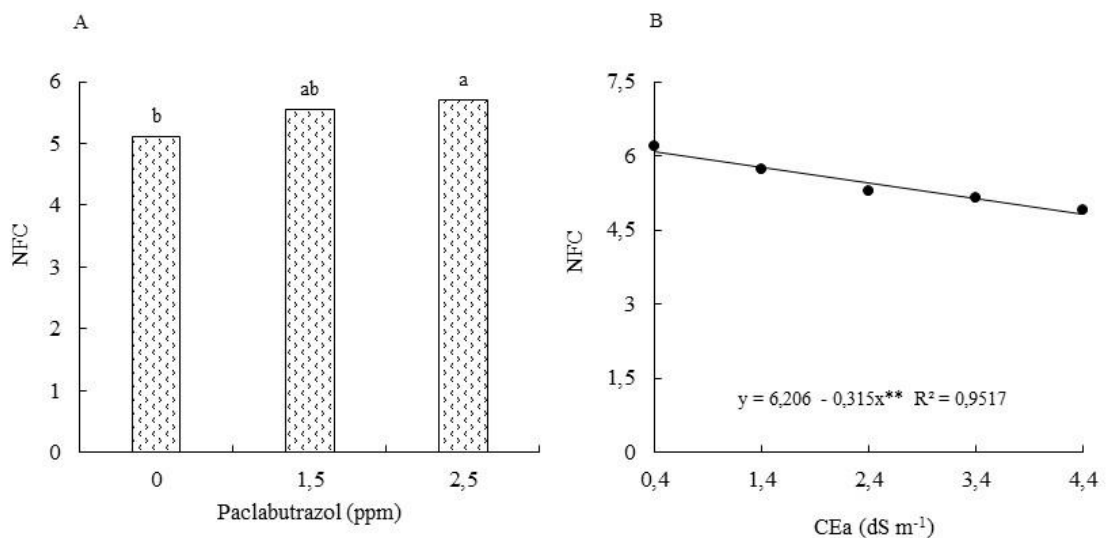


Figura 26. Número de frutos por cacho de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da salinidade da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O número de cacho por planta teve acréscimo de 12,96 e 11,45% com a aplicação de paclobutrazol nas concentrações de 1,5 e 2,5 ppm, respectivamente, quando comparado a testemunha (Figura 27A). O PBZ ao inibir a giberelina, contribui para planta produzir órgãos reprodutores mais rapidamente como flores e frutos, e com

isso, possibilita aumento no número de cachos. A aplicação de PBZ redireciona os fotoassimilados, originalmente destinados à formação de folhas jovens, para o desenvolvimento de órgãos reprodutivos, o que favorece a iniciação floral e o aumento o número de flores por inflorescência, promovendo a frutificação (Mog et al., 2019).

Ainda na Figura 27B, observa-se que salinidade da água de irrigação afetou o número de cacho por planta, promovendo redução de 7,92%, nas plantas irrigadas com água de 4,4 dS m⁻¹ em relação à testemunha (0,4 dS m⁻¹). De acordo com Silva et al. (2011), a salinização do solo afeta o crescimento das plantas fisicamente, limitando a retirada de água por meio da modificação de processos osmóticos ou quimicamente por reações metabólicas, tais como as causadas por constituintes tóxicos.

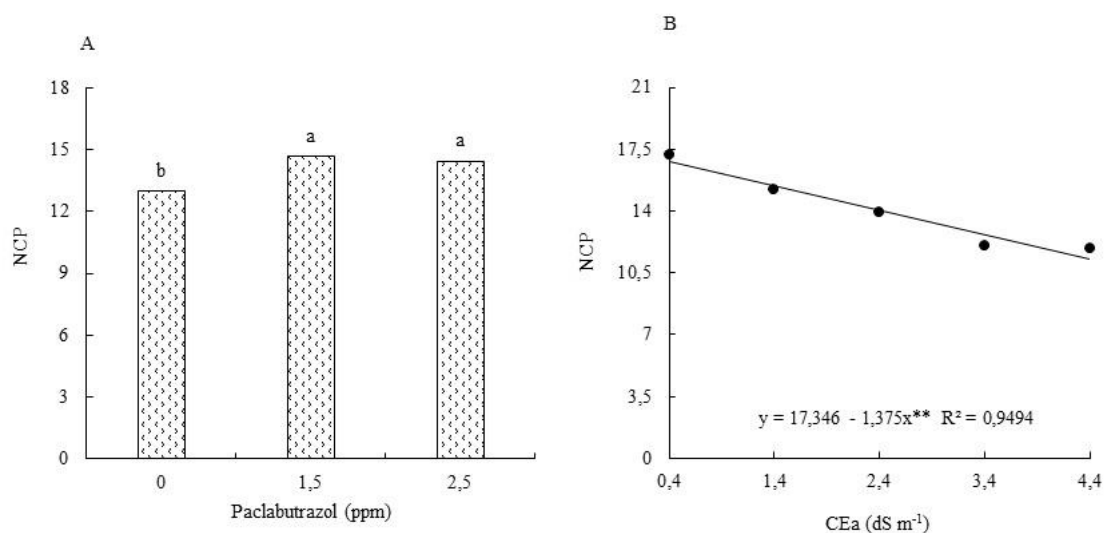


Figura 27. Número de cacho de plantas de tomate cereja em função da aplicação de paclobutrazol (A) e da salinidade da água de irrigação (B), aos 110 DAT. Letras iguais não diferem entre as concentrações de PBZ, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Com base nas Figuras 28A e B, o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos foi afetado pela salinidade da água de irrigação ocorrendo redução de 2,79 e 3,29%, respectivamente, por incremento unitário da CEa. A salinidade causa efeito negativo, reduzindo a disponibilidade e absorção de água, que por sua vez, altera as práticas metabólicas dentro da célula, reduzindo as trocas gasosas e a translocação de fotoassimilados, sobretudo, pelas limitações na absorção de nutrientes e água, incluindo competição por locais de absorção de Na⁺ e K⁺, o que limita a expansão dos frutos (Latif & Mohamed, 2016; Ferreira et al., 2020). Além disso, a alta salinidade da água de irrigação pode provocar impactos diretos e indiretos nas relações hídricas das folhas e no fechamento dos estômatos, isso afeta a troca de CO₂ e a taxa de fotossíntese,

o que diminui a acumulação de carboidratos nas plantas (Helaly et al., 2017). A maior salinidade nas plantas altera a divisão celular, diminuindo o tamanho celular (Safdar et al., 2019).

Os autores Lima et al. (2020), atribuem a diminuição no tamanho dos frutos à produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs) em compartimentos celulares como cloroplastos, mitocôndrias e peroxissomos em plantas submetidas a estresse salino. Isso resulta em danos foto-oxidativos ao DNA, desnaturação de proteínas e remoção de átomos de hidrogênio dos grupos metileno de ácidos graxos polinsaturados, desencadeando a peroxidação lipídica, e como resultado, as plantas produzem frutos menores.

Quanto ao peso médio dos frutos de tomate cereja, os níveis crescentes de salinidade proporcionaram um efeito linear decrescente com reduções na ordem de 8,16% por unidade de aumento na CEa (Figura 28C). Com o aumento da salinidade, o peso dos frutos frescos diminuiu, o que pode ser pela deficiência de nutrientes; isso se correlaciona com o aumento da salinidade na solução do solo que tem efeito prejudicial sobre o desenvolvimento das plantas em virtude da perturbação osmótica e da absorção de água pelas raízes (El-Beltagi et al., 2022). Como a capacidade fotossintética das plantas foi afetada pela salinidade da água de irrigação, ocasionou reduções no crescimento e produção do tomate cereja.

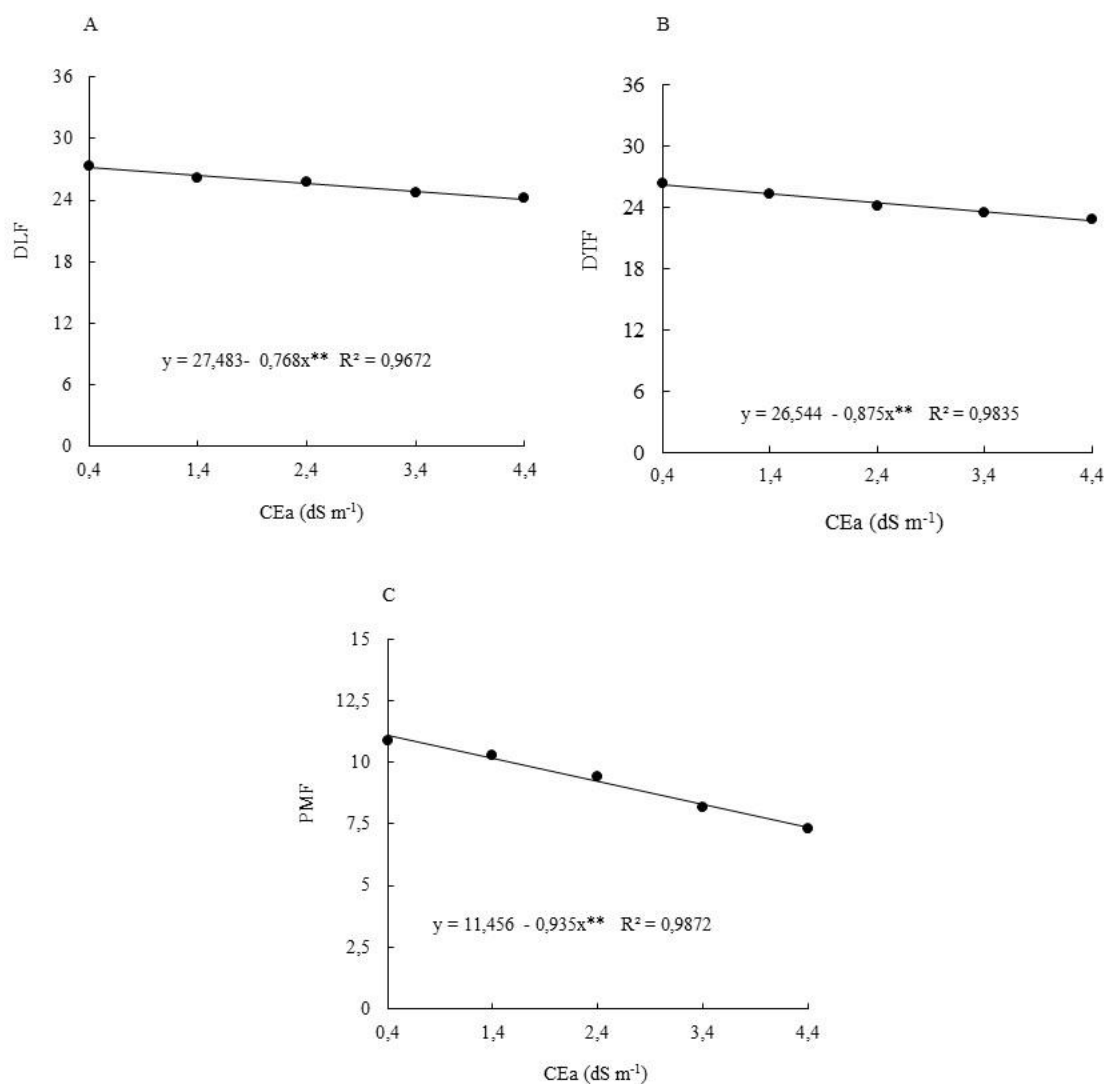


Figura 28. Diâmetro longitudinal dos frutos (A), diâmetro transversal dos frutos (B) e peso médio dos frutos (C) de plantas de tomate cereja em função da salinidade da água de irrigação, aos 110 DAT.

5.4 Correlação entre as variáveis estudadas

Para a correlação entre as variáveis foram escolhidas o peso fresco por planta, peso médio dos frutos, as fisiológicas de trocas gasosas e fluorescência da clorofila, devido a importância dos parâmetros fisiológicos na produção da cultura e para qual dessas variáveis contribui positivamente ou negativamente para os dados de produção.

A Tabela 8 observa-se a matriz de correlação de Pearson (r) entre as variáveis: peso fresco por planta (PFP), peso médio dos frutos (PMF), concentração interna de CO₂ (Ci), taxa de assimilação de CO₂ (A), transpiração (E), condutância estomática

(gs), eficiência instantânea da carboxilação (EiC), fluorescência inicial (Fo), razão Fv/Fm, clorofila *a* (Cla), altura de planta (Alt) e área foliar total (AFT).

Tabela 8. Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis.

0 ppm												
Var	PFP	PMF	Ci	A	E	gs	EiC	Fo	Fv/Fv	Cla	Alt	AFT
PFP	-											
PMF	0,58**	-										
Ci	- 0,48*	-0,38 ^{ns}	-									
A	0,83**	0,58**	-0,56**	-								
E	0,63**	0,43	-0,46*	0,75**	-							
gs	0,78**	0,56**	-0,36 ^{ns}	0,78**	0,84**	-						
EiC	0,82**	0,59**	-0,08 ^{ns}	0,97**	0,75**	0,78**	-					
Fo	-0,66**	-0,51*	0,38 ^{ns}	-0,67 ^{ns}	-0,5 ^{ns}	-0,57**	-0,65**	-				
Fv/Fm	0,63**	0,64**	-0,38 ^{ns}	0,70**	0,57**	0,61**	0,69**	-0,84**	-			
Cla	0,68**	0,34 ^{ns}	-0,203 ^{ns}	0,53*	0,503*	0,59**	0,52*	-0,55*	0,61**	-		
Alt	0,55*	0,39 ^{ns}	-0,49*	0,67**	0,55*	0,61**	0,70**	-0,54*	0,64**	0,71**	-	
AFT	0,75**	0,52*	-0,49*	0,71**	0,69**	0,78**	0,73**	0,64**	0,64**	0,68**	0,72**	-
1,5 ppm												
PFP	-											
PMF	0,89**	-										
Ci	- 0,52*	-0,56**	-									
A	0,83**	0,81**	-0,71**	-								
E	0,67**	0,56**	-0,59*	0,69**	-							
gs	0,82**	0,79**	-0,49*	0,85**	0,80**	-						
EiC	0,67**	0,66**	-0,90**	0,87**	0,69**	0,65**	-					
Fo	-0,49*	-0,39 ^{ns}	0,44 ^{ns}	-0,44**	-0,14 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-				
Fv/Fm	0,62**	0,36 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,43	0,32 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,84**	-			
Cla	0,70**	0,64**	-0,54*	0,66**	0,61**	0,59**	0,62*	-0,13 ^{ns}	0,54*	-		
Alt	0,81*	0,84**	-0,58**	0,78**	0,60*	0,72**	0,64**	-0,37 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,57**	-	
AFT	0,82**	0,79**	-0,44*	0,79**	0,43 ^{ns}	0,66**	0,67**	-0,58 ^{ns}	0,62**	0,56**	0,71**	-
2,5 ppm												
PFP	-											
PMF	0,33 ^{ns}	-										
Ci	- 0,47*	-0,24 ^{ns}	-									
A	0,91**	0,35 ^{ns}	-0,57**	-								
E	0,80**	0,40 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	0,82**	-							
gs	0,84**	0,37 ^{ns}	-0,45*	0,91**	0,91**	-						
EiC	0,77*	0,30 ^{ns}	-0,84**	0,87**	0,68**	0,75**	-					
Fo	-0,27 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,47*	-0,38 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-				
Fv/Fm	0,64**	0,36 ^{ns}	-0,59**	0,73**	0,73**	0,70**	0,77**	-0,59*	-			
Cla	0,60**	0,41*	-0,28 ^{ns}	0,62**	0,60**	0,64**	0,51*	-0,01 ^{ns}	0,40 ^{ns}	-		
Alt	0,58*	0,24 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,55**	0,64**	0,63**	0,38 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-	
AFT	0,62**	0,24 ^{ns}	-0,4*	0,74**	0,64**	0,73**	0,69**	-0,44*	0,59**	0,53*	0,62**	-

Var; variáveis, **, * e ns - significativo ($p \leq 0,01$ e $0,05$) respectivamente.

Com base nos dados expostos na Tabela 8, na concentração de 0 ppm a produção total dos frutos de tomate teve correlação positiva com peso médio de fruto ($r = 0,58$), taxa de assimilação do CO₂ ($r = 0,83$), ($r = 0,63$), condutância estomática ($r = 0,78$), eficiência do uso da carboxilação ($r = 0,82$), além da fluorescência variável ($r = 0,52$) e razão Fv/Fm ($r = 0,63$). Para as concentrações de 1,5 e 2,5 ppm os resultados semelhantes aos de 0 ppm, mas, as concentrações proporcionaram correlação mais forte

em alguns parâmetros como o peso médio de frutos ($r = 0,89$), transpiração ($r = 0,67$), clorofila a ($r = 0,70$), altura de planta ($r = 0,81$) e área foliar total ($r = 0,82$), para a concentração 1,5 ppm, e taxa de assimilação do CO_2 ($r = 0,91$), transpiração ($r = 0,80$), condutância estomática ($r = 0,84$), e razão F_v/F_m ($r = 0,64$) para a concentração de 2,5 ppm.

Por outro lado, foram observadas correlações negativas entre o PFP e a concentração interna de CO_2 nas concentrações de 0 ($r = -0,48$), 1,5 ($r = -0,52$) e 2,5 ppm, ($r = -0,47$) e entre PFP e F_o para as concentrações de 0 ppm ($r = -0,66$) e 1,5 ppm ($r = -0,49$).

Com o aumento da correlação para a taxa de assimilação do CO_2 na concentração de 2,5 ppm, possibilitou o incremento no peso total de frutos por planta devido ao melhor aproveitamento do CO_2 que foi assimilado no processo da fotossíntese na fase bioquímica, produzindo os carboidratos que foram utilizados para o crescimento e desenvolvimento dessas plantas.

Na concentração de 1,5 ppm ocorreu aumento na correlação para a clorofila a e área foliar total em comparação com as demais concentrações, o que permitiu o melhor aproveitamento da luz na fase fotoquímica da fotossíntese produzindo ATP e NADH e posteriormente, aplicado na fase bioquímica contribuindo para o aumento no peso dos frutos quando comparado a concentração de 0 ppm.

Um aumento na concentração interna de CO_2 está ligado a baixa fixação do carbono aos carboidratos e isso resulta em redução na produção dos frutos de tomate, já em relação a fluorescência inicial nos remete a perda de energia pela reemissão do fóton, que acarretará diminuição na produção de ATP e NADH, que seriam usados na fase fotoquímica da fotossíntese, o que leva a redução dos fotoassimilados.

6 CONCLUSÕES

O uso paclobutrazol na concentração 2,5 ppm melhorou a tolerância em plantas de tomate cereja à salinidade até a 2,4 dS m⁻¹ para taxa de assimilação do CO₂, concentração interna do CO₂, eficiência instantânea da carboxilação, extravasamento de eletrólitos e conteúdo de clorofila *a*, indicando que o PBZ não atenua a salinidade acima do limiar da cultura. De outra maneira, a altura das plantas reduziu pelas duas concentrações de PBZ em todos os níveis de salinidade.

O paclobutrazol aprimorou fluorescência inicial, a relação Fv/Fm e proporcionou aumento no número de folhas, nas massas fresca e seca das folhas, raiz, produção total de frutos por planta, número de frutos por cacho e número de cacho por planta em relação a testemunha.

A salinidade da água de irrigação a partir de 0,4 dS m⁻¹ casou reduções nos parâmetros fisiológicos das trocas gasosas, fluorescência da clorofila, pigmentos fotossintéticos, número de folhas, área foliar total, teor relativo de água, nas massas fresca e seca das folhas, raiz, caule, produção total de frutos por planta, peso médio dos frutos, número de frutos por cacho e número de cacho, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal das plantas de tomate cereja.

7 RECOMENDAÇÕES

Como resultado deste trabalho, alguns pontos interessantes surgiram para uma pesquisa mais aprofundada.

Estudar mais concentrações do PBZ para ser possível saber até qual concentração de paclobutrazol pode proporcionar benefícios as plantas de tomate cereja.

Realizar as aplicações do PBZ em diversas fases fenológicas da cultura já que ele pode contribuir com aumento da concentração de hormônios nas plantas podendo atenuar os efeitos da salinidade.

8 REFERÊNCIAS

- Abdelaal, K. A.; El-maghraby, L. M.; Elansary, H.; hafez, Y. M.; Ibrahim, E. I.; El-banna, M.; El-esawi, M.; Elkelish, A. Treatment of Sweet Pepper with Stress Tolerance-Inducing Compounds Alleviates Salinity Stress Oxidative Damage by Mediating the Physio-Biochemical Activities and Antioxidant Systems. *Agronomy*, v.10, n.1, p.26, 2019. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010026>.
- Ahanger, M. A.; Agarwal, R. M. Salinity stress induced alterations in antioxidant metabolism and nitrogen assimilation in wheat (*Triticum aestivum* L) as influenced by potassium supplementation. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 115, p. 449-460, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.04.017>.
- Ahanger, M. A.; Aziz, U.; Alsahli, A. A.; Alyemeni, M. N.; Ahmad, P. Influence of exogenous salicylic acid and nitric oxide on growth, photosynthesis, and ascorbate-glutathione cycle in salt stressed *Vigna angularis*. *Biomolecules*, v.10, n.1, p. 42, 2020. <https://doi.org/10.3390/biom10010042>.
- Ahanger, M. A.; Qin, C.; Begum, N.; Maodong, Q.; Dong, X. X.; El-Esawi, M.; El-Sheikh, M. A.; Alatar, A. A.; Zhang, L. Nitrogen availability prevents oxidative effects of salinity on wheat growth and photosynthesis by up-regulating the antioxidants and osmolytes metabolism, and secondary metabolite accumulation. *BMC Plant Biol.* v. 19, n. 1, p. 1 – 12, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-2085-3>.
- Ajmi, A.; Larbi, A.; Morales, M.; Fenollosa, E.; Chaari, A.; Munné-Bosch, S. Foliar paclobutrazol application suppresses olive tree growth while promoting fruit set. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.39, p.1638-1646, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10188-z>.
- Akhter, M.S.; Noreen, S.; Mahmood, S.; Athar, H.; Ashraf, M.; Alsahli, A. A.; Parvaiz A. Influence of salinity stress on PSII in barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes, probed by chlorophyll-a fluorescence, *Journal of King Saud University - Science*, ISSN 1018-3647, v.33, n.1, p.101239,2021. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.101239>.
- Albaladejo, I.; Meco, V.; Plasencia, F.; Flores, F. B.; Bolarin, M. C.; Egea, I. Unravelling the strategies used by the wild tomato species *Solanum pennellii* to confront salt stress: from leaf anatomical adaptations to molecular responses. *Environmental and Experimental Botany*, v.135, p.1-12, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.12.003>.
- Ali, q.; athar, h.; haider, m. Z.; shahid, S. 12 Role of Amino Acids in Improving Abiotic Stress Tolerance to Plants. In: Hasanuzzaman, m.; fujita, m.; oku, h.; islam, m. T. *Plant tolerance to enviroment stress: role of phytoprotectants*. Boca Raton: CRC Press. p. 175-204. 2019.
- Alvarenga, M. A. R. *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia*. Lavras: UFLA, 2004
- Alvarenga, M. A. R.; Coelho, F. S. Valor nutricional. In: ALVARENGA, M. A. R. *Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e hidroponia*. 2. ed. Revista e ampliação. Lavras: Editora Universitária de Lavras. p.23-30. 2013

- Arnon, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, v.24, n.1, p.1-15, 1949. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>.
- Aro, E. M.; Virgin, I.; Andersson, B. Photo inhibition of photo system II. Inactivation Protein damage and turnover. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, ISSN 0005-2728, v.1143, n.2, p.113-134, 1993. [https://doi.org/10.1016/0005-2728\(93\)90134-2](https://doi.org/10.1016/0005-2728(93)90134-2).
- Ashraf M.; Harris P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*, v.5, n.2, p.163–190, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6>.
- AUDRY, P.; SUASSUNA, J.A. A qualidade da água na irrigação do trópico semiárido - um estudo de caso. In: Seminário Franco-Brasileiro de Pequena Irrigação. Recife, Anais... Recife: CNPq, SUDENE, 1995, p.147-153.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. (trad.) A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1999, 218p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 29 revisado).
- Azevedo, V. F.; Abboud, A. C. S.; Do carmo, M. G. F. Row spacing and pruning regimes on organically grown cherry tomato. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.4, p.389-394, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000400002>.
- Bacha, H.; Tekaya, M.; Drine, S.; Guasmi, F.; Touil, L.; Enneb, H.; Triki, T.; Cheour, F.; Ferchichi, A. Impact of salt stress on morpho-physiological and biochemical parameters of *Solanum lycopersicum* cv. Microtom leaves. *South African Journal of Botany*, v. 108, p. 364-369, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.08.018>.
- Baiseitova, G.; Sarsenbayev, B.; Kirshibayev, E.; Kamunur, M. Influence of salinity (NaCl) on the photosynthetic pigments content of some sweet sorghum varieties. In: *BIO Web of Conferences*, v 11, 2018. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181100003>
- Baker, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, v.59, n.1, p.89–113, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>.
- Banoo, M.; Sinha, B. K.; Chand, G.; Sharma, M. K.; Rai, G. K.; Gupta, M.; Reena. Effect of Paclobutrazol and Partial Root Drying on Growth and Yield Attributes of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Internacional de Microbiologia Atual e Ciências Aplicadas*, v.9, n.10, p.2010-2021, 2020. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.910.245>.
- Basu, S.; Giri, R. K.; Benazir, I.; Kumar, S.; Rajwanshi, R.; Dwivedi, S. K.; Kumar, G. Comprehensive physiological analyses and reactive oxygen species profiling in drought tolerant rice genotypes under salinity stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v.23, n.4, p.837-850, 2017. <https://doi.org/10.1007/s12298-017-0477-0>.
- Batista, M. C.; Nascimento, R. D.; Maia Júnior, S. O.; Nascimento, E. C. S; Bezerra, C. V. C.; Lima, R. F. Physiology and production of cherry tomato cultivars in a hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n.4, p.219-227, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n4p219-227>.

- Bedinger, P. A.; Chetelat, R. T.; McClure, B.; Moyle, L. C.; Rosa, J. K.; Stack, S. M.; Knaap, E.; Baek, Y. S.; Lopez-Casado, G.; Covey, P. A.; Kumar, A.; Li W.; Nunez, R.; Cruz-Garcia, F.; ROYER, S. Interspecific reproductive barriers in the tomato clade: opportunities to decipher mechanisms of reproductive isolation. *Sexual Plant Reproduction*, v.24, n.3, p.171-187, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00497-010-0155-7>.
- Behdad, A.; Mohsenzadeh, S.; Azizi, M. Growth, leaf gas exchange and physiological parameters of two *Glycyrrhiza glabra* L. populations subjected to salt stress condition. *Rhizosphere*, v.17, p.100319, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2021.100319>.
- Benincasa M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2 ed. Jaboticabal, FUNEP. 41p. 2003
- Bezerra, I. L.; da Silva Santos, L.; de Oliveira, V. L.; Toledo, F. M.; Sampaio, E. P., Castro, D. B. Morfofisiologia do crescimento inicial de cafeeiros sob salinidade da água de irrigação. *IRRIGA*, v. 27, n. 1, p. 30-46, 2022. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2022v27n1p30-46>.
- Bose, J.; Munns, R.; Shabala, S.; Gilliam, M.; Pogson, B. Tyerman Função dos cloroplastos e regulação de íons em plantas cultivadas em solos salinos: lições de halófitas *Jornal of Experimental Botany*. v.68, n.12, p.3129-3143, 2017. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx142>.
- Cavalcante, L. F.; Santos, C. J. O.; Cavalcante, I. H. L.; Feitosa Filho, J. C.; Zanini, J. R. Qualidade de água para irrigação e fertirrigação. Areia: UFPB, 2001. 17 p. (Boletim Técnico Científico, n. 7). CAIRO, P. A. R. Curso básico de relações hídricas de plantas. Vitória da Conquista: UESB, P. 32. 1995.
- Chaichi, M. R.; Keshavarz-Afshar, R.; Lu, B.; Rostamza, M. Growth and nutrient uptake of tomato in response to application of saline water, biological fertilizer, and surfactant. *Journal of Plant Nutrition*, v.40, n.4, p.457-466, 2017. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1246567>.
- Costa, E. S. P.; Santos, C. A.; Rocha, M. C.; Carmo, M. G. Caracterização física, físico-química e morfoagronômica de acessos de tomate cereja sob cultivo orgânico. *Revista de Ciências Agrárias*, v.61, p.1-8, 2018. <https://doi.org/10.22491/rca.2018.2800>.
- Cruz, R. M. S.; De Jesus, R. A.; de Souza, M. P. F.; Cagnini, C.; Sabec, G. Z.; Savoldi, T. L.; de Souza, S. G. H. Crescimento inicial e resposta estomática de milho pipoca (*Zea mays* L.) sob estresse salino. *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215, v.15, n.1, p. 15-26, 2019. <http://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n1.a266>.
- Deinlein, U.; Stephan, A. B.; Horie, T.; Luo, W.; Xu, G.; Schroeder, J. I. Plant salttolerance mechanisms. *Trends Plant Sci*. v.19, p.371–379. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.02.001>.
- Dias, A. S.; LIMA, G. S. D.; Gheyi, H. R.; SOARES, L. A. D. A.; Fernandes, P. D. Growth and gas exchanges of cotton under water salinity and nitrogen-potassium combination. *Revista Caatinga*, v. 33, p. 470-479, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252020v33n219rc>.

Dinler, B. S.; Cetinkaya, H.; Sergiev, I.; Shopova, E.; Todorova, D. Paclobutrazol dependent salt tolerance is related to *clc1* and *NHX1* gene expression in soybean plants. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, v.21, n.3, p.25-38, 2022. <https://doi.org/10.24326/asphc.2022.3.3>.

El-Beltagi, H. S.; Ahmad, I.; Basit, A.; Abd El-Lateef, H. M.; Yasir, M.; Tanveer Shah, S.; Ullah, I.; MOHAMED, M. E. M.; Ali, I.; Ali, F.; Ali, S.; Aziz, I.; Kandeel, M.; Zohaib Ikram, M. Effect of azospirillum and azotobacter species on the performance of cherry tomato under different salinity levels. *Gesunde Pflanzen*, v.74, n.2, p.487-499, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00625-2>.

Endegen, W. Yield and yield-related parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) treated with paclobutrazol at different stages in North West Ethiopia. *Journal of Horticulture and Plant Research*, v. 6, p. 37-46, 2019.

Febrianto, M.; Sutoto, S. B.; Suwardi, S. The Effect of Giving Gibberellin on the Growth and Yield of Cherry Tomatoes (*Lycopersicon Esculentum* Var. *Cerasiforme*) in Various of Planting Media with Substrate Hydroponic Systems. *Agrivet*, v.25, n.1, p.25-37, 2019. <https://doi.org/10.31315/agrivet.v25i1.4173>.

Fernández, J. R.; Garay, O. J. A.; Grajales, M. P.; Castillo, F. S.; Villar, J. J. M. Efecto del paclobutrazol sobre el crecimiento de la planta, rendimiento y calidad del fruto en tomate. *Bioagro*, v.33, n.1, p.59-64, 2021. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro331.8>.

Fernandez, R. T.; Perry, R. L.; Flore, J. A. Resposta à seca de macieiras jovens em três porta-enxertos. II. Trocas gasosas, fluorescência da clorofila, relações hídricas e ácido abscísico foliar. *J Am Soc Hortic Sci*, v.122, p.841-848, 1997.

Ferraz, R. L. S.; Magalhães, I. D.; Beltrão, N. E. M.; Melo, A. S.; Brito Neto, J. F.; Rocha, M. S. Photosynthetic pigments, cell extrusion and relative leaf water content of the castor bean under silicon and salinity. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.9 p.841-848, 2015. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n9p841-848>.

Ferreira, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, v.37, n.4, p.529-535, 2019.

Ferreira, J. F.; Silva Filho, J. B.; Liu, X.; Sandhu, D. Spinach plants favor the absorption of K⁺ over Na⁺ regardless of salinity and may benefit from Na⁺ when K⁺ is deficient in the soil. *Plants*, v.9, n. 4, p. 507- 527, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/plants9040507>

Fletcher, R.; Gilley, A.; Sankhla, N.; Davis, T. D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews*, v.24, p.55-138, 1999. <https://doi.org/10.1002/9780470650776.ch3>.

Forghani, A. H.; Almodares, A.; Ehsanpour, A. A. Potential objectives for gibberellic acid and paclobutrazol under salt stress in sweet sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench cv. Sofra). *Biological Chemistry*, v.61, p.113-124. 2018. <https://doi.org/10.1007/s13765-017-0329-1>.

Gomes, M. A. da C.; Pestana, I. A.; Santa-Catarina, C.; H. Hauser-Davis R. A.; Suzuki M. S. Salinity effects on photosynthetic pigments, proline, biomass and nitric oxide in *Salvinia auriculata* Aubl. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v.29, n.9, p.1-13, 2017. <https://doi.org/10.1590/S2179-975X4716>.

Hafez, E. M.; Osman, H. S.; El-Razek, U. A. A.; Elbagory, M.; Omara, A. E. D.; Eid, M. A.; Gowayed, S. M. Foliar-applied potassium silicate coupled with plant growth-promoting rhizobacteria improves growth, physiology, nutrient uptake and productivity of faba bean (*Vicia faba* L.) irrigated with saline water in salt-affected soil. *Plants*, v. 10, n. 5, p. 894, 2021. <https://doi.org/10.3390/plants10050894>.

Hamani A, K, M.; Wang G.; Soothar M. K.; Shen X.; Gao Y.; Qiu R.; Mehmood F. Responses of leaf gas exchange attributes, photosynthetic pigments and antioxidant enzymes in NaCl-stressed cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings to exogenous glycine betaine and salicylic acid. *BMC Plant Biology*. v. 20, n. 1, p. 1-14, 2020. <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02624-9>.

Hamani, A. K. M.; Li, S.; Chen, J.; Amin, A. S.; Wang, G.; Xiaojun, S.; Gao, Y. Linking exogenous foliar application of glycine betaine and stomatal characteristics with salinity stress tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seedlings. *BMC Plant Biology*, v. 21, n. 1, p. 1-12, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02892-z>.

Hasegawa, P, M. Sodium (Na⁺) homeostasis and salt tolerance of plants. *Environmental and experimental botany*, v.92, p.19-31, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.03.001>.

He, F. L.; Bao, A. K.; Wang, S. M.; Jin, H. X. Nacl stimulates growth and alleviates drought stress in the salt-secreting xerophyte *Reaumuria soongorica*. *Environmental and Experimental Botany*, v. 162, p. 433-443, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.014>.

Helaly, A. A.; Goda, Y.; Abd El-Rehim A. S. A.; Mohamed A. A, El-Zeiny O. A. H. Effect of irrigation with different levels of saline water type on husk tomato productivity. *Advances in Plants & Agriculture Research*, v.6, n.4, p.114–120, 2017. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.06.00223>.

Hosseini, S, J.; Sarvertani, Z, T.; Bidgoli, A, M.; Keshavarz, H.; Kazemi, S.; Khalvandi, M.; Pidrashiti, H.; Bovand, F.; Abassian, A. Do various levels of salinity change chlorophyll fluorescence, nutrient uptake, and physiological characteristics of *Mentha* ecotypes. V.203, p 1 – 13, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.117199>.

Hu, Y.; Yu, W.; Liu, T.; Shafi, M.; Song, L.; Du, X.; Wu, J. Effects of paclobutrazol on cultivars of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) under salinity stress. *Photosynthetica*, v.55, p.443-453, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11099-016-0658-z>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. Levantamento sistemático da produção agrícola. In: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>; consultado, março de 2023.

Jacinto Júnior, S. G.; Moraes, J. G. L.; Silva, F. D. B. D.; Silva, B. D. N.; Sousa, G. G. D.; Oliveira, L. L. B. D.; Mesquita, R. O. Respostas fisiológicas de genótipos de fava

(Phaseolus lunatus L.) submetidas ao estresse hídrico cultivadas no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 34, p. 413-422, 2019. <https://doi.org/10.1590/0102-7786343047>.

Jaleel, C. A.; Gopi, R.; Manivannan P.; Panneerselvam, R. Response of antioxidant defense system of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. to paclobutrazol treatment under salinity. – *Acta Physiologiae Plantarum*. v.29, p.205-209, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0025-6>.

Jiang, X.; Ribeiro, D.; Zhang, Q.; Oliveira, C. L. Ribeiro, S.; Oliveira, D.; Hui. Soil salinity increases the tolerance of excessive sulfur fumigation stress in tomato plants. *Environmental and Experimental Botany*, v. 133, p. 70-77, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2016.10.002>

Jin, X.; Liu, T.; Xu, J.; Gao, Z.; Hu, X. GABA exógeno aumenta a tolerância do melão ao estresse salinidade-alcalinidade, regulando o balanço redox e a biossíntese de clorofila. *BMC Planta Biology*, v.19, n.48, p.1-15 2019. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1660-y>.

Jungklang, J.; Saengnil, K.; Uthaibutra, J. Effects of water-deficit stress and paclobutrazol on growth, relative water content, electrolyte leakage, proline content and some antioxidant changes in *Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v.24, n.7, p.1505-1512, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.017>.

Kamran, M.; Ahmad, S.; Ahmad, I.; Hussain, I.; Meng, X.; Zhang, X.; Han, Q. Paclobutrazol application favors yield improvement of maize under semiarid regions by delaying leaf senescence and regulating photosynthetic capacity and antioxidant system during grain-filling stage. *Agronomy*, v.10, n.2, p.187, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020187>.

Keshavarz, H.; Hosseini, S. J.; Sedibe, M. M.; Achilonu, M. C. Arbuscular mycorrhizal fungi used to support Iranian barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivated on cadmium contaminated soils. *Applied Ecology and Environmental Research*, v.20, n.1, p.43–53. 2021. https://doi.org/10.15666/aeer/2001_043053.

Khademian, R.; Asghari, B.; Sedaghati, B.; Yaghoobian, Y. Plant beneficial rhizospheric microorganisms (PBRMs) mitigate deleterious effects of salinity in sesame (*Sesamum indicum* L.): Physio-biochemical properties, fatty acids composition and secondary metabolites content. *Industrial Crops and Products*, v. 136, p. 129-139, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.002>

Khan, A.; Sajid, M.; Ahmad, A.; Athar, H. R.; Ashaf, M. Interactive effect of foliarly applied ascorbic acid and salt stress on wheat (*Triticum aestivum* L.) at the seedling stage. *Pakistan Journal of Botany*, v.38, n.5, p.1407-1414, 2006.

Khan, M. S. H.; Wagatsuma, T.; Akhter, A.; Tawaraya, K. Sterol biosynthesis inhibition by paclobutrazol induces greater aluminum (Al) sensitivity in Al-tolerant rice. *American Journal of Plant Physiology*, v.4, n.3, p.89-99, 2009. <https://doi.org/10.3923/ajpp.2009.89.99>.

Khan, N. A.; NAZAR, R.; Iqbal, N.; Anjum, N. A. Phytohormones and abiotic stress tolerance in plants. Springer Science & Business Media. 2012. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-25829-9>.

Kishorekumar, A.; Jaleel, C. A.; Manivannan, P.; Sankar, B.; Sridharan, R.; Somasundaram, S.; Panneerselvam, R. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on the foliage characteristics of Chinese potato (*Solenostemon rotundifolius* Poir., JK Morton). *Acta Biologica Szegediensis*, v.50, n.4, p.127-129, 2006.

Köetz, M.; Masca, M. G. C. C.; Carneiro, L. C.; Ragagnin, V.; Sena Júnior, D. G.; Gomes, R. R. Caracterização agrônômica e °Brix em frutos de tomate industrial sob irrigação por gotejamento no Sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.4, n.1, p.14-22, 2013. <https://doi.org/10.7127/rbai.v4n10002>.

Kondhare, K. R.; Hedden, P.; Kettlewell, P. S.; Farrell, A. D.; Monaghan, J. M. Use of the hormone-biosynthesis inhibitors fluridone and paclobutrazol to determine the effects of altered abscisic acid and gibberellin levels on pre-maturity α -amylase formation in wheat grains. *Journal of Cereal Science*, v.60, n.1, p.210-216, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2014.03.001>.

Latif, H. H.; Mohamed, H. I. Exogenous applications of moringa leaf extract effect on retrotransposon, ultrastructural and biochemical contents of common bean plants under environmental stresses. *South African Journal of Botany*, n.106, p.221–231, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.07.010>.

Li, Y.; Niu, W.; Cao, X.; Wang, J.; Zhang, M.; Duan, X.; Zhang, Z. Effect of soil aeration on root morphology and photosynthetic characteristics of potted tomato plants (*Solanum lycopersicum*) at different NaCl salinity levels. *Plant Biology*, v.19, n.331, p.1-15, 2019. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1927-3>.

Lichtenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Packer, L.; Douce, R. Eds. *Methods in Enzymology*. Academic Press, v.148, p.350-382, 1987. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1).

Lima, G. S. D.; Silva, A. R. P. D.; Sá, F. V. D. S.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. D. A. Physicochemical quality of fruits of West Indian cherry under saline water irrigation and phosphate fertilization. *Revista Caatinga*, v.33, p.217-225, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n123rc>.

Lima, G. S. de.; Soares, M. G. da S.; Soares, L. A. dos A.; Gheyi, H. R.; Pinheiro, F. W. A.; Silva, J. B. da. Potassium and irrigation water salinity on the formation of sour passion fruit seedlings. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.25, n.6, p.393-401, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n6p393-401>.

LOTFI, R., GHASSEMI-GOLEZANI, K. PESSARAKLI, M. Salicylic acid regulates photosynthetic electron transfer and stomatal conductance of mung bean (*Vigna radiata* L.) under salinity stress. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol. 26, no. 1, pp. e101635, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101635>

Maia Júnior, S. D. O.; Andrade, J. R. D.; Nascimento, R. D.; Lima, R. F. D.; Nascimento, E. C. S.; Ferreira, V. M. Physiological parameters of tomato plants

subjected to salinity and treated with brassinosteroid. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 57, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2022.v57.01885>.

Manivannan, P.; Jaleel, C. A.; Kishorekumar, A.; Sankar, B.; Somasundaram, R.; Panneerselvam, R. Protection of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Plants from salt stress by paclobutrazol. *Colloids Surf Biointerf*, v.61, n.2, p.315–318, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2007.09.007>.

Martins, J. B.; Santos Júnior, J. A.; Bartusch, V. P.; Gheyi, H. R., Bezerra Neto, E.; Silva, M. M. Water relations in parsley plants cultivated in brackish nutrient solutions of different cationic natures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, vol. 23, no. 9, pp. 662-668, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n9p662-668>.

Maxwell, K.; Johnson, G. N. Chlorophyll fluorescence a practical guide, *Journal of Experimental Botany*, V.51, n.45, p. 659–668, 2000. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>.

Medeiros, J. F. Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. p. 173, 1992.

Mehmood S.; Siddiqi E. H.; Nawaz I.; Nasir N. 24-Epibrassinolide modulates biomass production, gas exchange characteristics and inorganic nutrients in canola (*Brassica napus* L.) under salt stress. *Pak. J. Bot*, v.54, n.4, p. 1199-1209, 2022. [https://doi.org/10.30848/PJB2022-4\(10\)](https://doi.org/10.30848/PJB2022-4(10))

Mendes, B. S. S.; Willadino, L. G.; Cunha, P. C.; Oliveira Filho, R. A. de.; Camara, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. *Revista Caatinga*, v.24, n.3, p.71-77. 2011.

Mog, B.; Janani, P.; Nayak, M. G.; Adiga, J. D.; Meena, R. Manipulation of vegetative growth and improvement of yield potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) by Paclobutrazol. *Scientia Horticulturae*, v.257, p.108748, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108748>.

Mohamed, H. I.; Akladios, S. A.; El-Beltagi, H. S. Mitigation the harmful effect of salt stress on physiological, biochemical and anatomical traits by foliar spray with trehalose on wheat cultivars. *Fresenius Environmental Bulletin*, v. 27, n. 10, p. 7054-7065, 2018.

Mohan, R.; Kaur, T.; Bhat, H. A.; Khajuria, M.; Pal, S.; Vyas, D. Paclobutrazol induces photochemical efficiency in mulberry (*Morus alba* L.) under water stress and affects leaf yield without influencing biotic interactions. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 39, p. 205-215, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09975-0>.

Monte, J. A.; Pacheco, A. S.; Carvalho, D. F.; Pimentel, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. *Horticultura Brasileira*, v.27, n.2, p.222-227, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000200018>.

Monteiro, S. S.; Monteiro, S. S.; Silva, E. D.; Martins, L. P. Maturação fisiológica de tomate cereja. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v.8, n.3, p.05-09, 2018.

Mousavi, S. S.; Karami, A.; Maggi, F. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence of Iranian licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) accessions under salinity stress. *Frontiers in Plant Science*, v.13, p. 984944, 2022. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.984944>.

Muchate, N. S.; Nikalje, G. C.; Rajurkar, N. S.; Suprasanna, P.; Nikão, T. D. Physiological responses of the halophyte *Sesuvium portulacastrum* to salt stress and their relevance for saline soil bio-reclamation. *Flora*, v. 224, p. 96-105, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2016.07.009>.

Nascimento, I. R. S.; Silva, R. E. N.; Santos, F. A.; Soares, F. J. S.; Pereira, W. E.; Araújo, J. R. E. S.; Cartaxo, P. H. A.; Silva, G. R.; Bulhoes, L. L.; SANTOS, J. P. O. Lâminas de irrigação e hidrogel nas taxas de crescimento e produção de tomateiro. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, v.24, n.2, e2404, 2021. <https://doi.org/10.25110/arqvet.v24i2cont.2021.8468>

Nóbrega, J. S.; Silva, T. I. da.; Ribeiro, J. E. S.; Vieira, L. de S.; Figueiredo, F. R. A.; Fátima, R. T. de.; Bruno, R. de L. A.; Dias, T. J. Emergência e crescimento inicial de melancia submetida a salinidade e doses de ácido salicílico. *Desafios-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins*, v.7, n.2, p.162-171. 2020. <https://doi.org/10.20873/uftv7-8169>.

Novais, R. F.; Neves, J. C. L.; Barros, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: *Métodos de pesquisa em ambiente controlado*. Brasília: EMBRAPA, 1991. 139 p.

Nuez, F. *El cultivo del tomate*. Madrid: Mundi Prensa. p. 793, 2001.

Oliveira, F. A.; Lopes, M. A. C.; Sá, F. V. S.; Nobre, R. G.; Moreira, R. C. L.; Silva, L. A.; Paiva, E. P. de. Interação salinidade da água de irrigação e substratos na produção de mudas de maracujazeiro amarelo. *Comunicata Scientiae*. v.6, n.4, p.471- 478, 2015. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i4.982>.

Oliveira, F. de A.; Oliveira, M. K. T de.; Silva, R. C.P.; Silva, O. M. dos P.; Maia, P. de M.E.; Cândido, W. dos S. Crescimento de mudas de moringa em função da salinidade da água e da posição das sementes nos frutos. *Revista Árvore*, v.37, n.1, p.79-87, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100009>.

Oliveira, W. J.; de Souza, E. R.; Santos, H. R. B.; França, Ê. F.; Duarte, H. H. F.; Melo, D. V. M. Fluorescência da clorofila como indicador de estresse salino em feijão caupi. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 12, n. 3, p. 2592, 2018. <https://doi.org/10.7127/rbai.v12n300700>.

Osman, M. S.; Badawy, A. A.; Osman, A. I.; Latef, A. A. H. A. Ameliorative impact of an extract of the halophyte *Arthrocnemum macrostachyum* on growth and biochemical parameters of soybean under salinity stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, p. 1245 - 1256, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10185-2>.

Paiva, F. I. G.; Gurgel, M. T.; Oliveira, F. A.; Costa, L. R.; Mota, A. F.; Oliveira Junior, H. S. Qualidade da fibra do algodoeiro BRS Verde irrigado com água de diferentes níveis salinos. *Irriga*, v.1, n.1, p.209-220, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p209-220>.

Pal, S.; Zhao, J.; Khan, A.; Yadav, N. S.; Batushansky, A.; Barak, S.; Rewald, B.; Fait, A.; Lazarovitch, N.; Rachmilevitch, S. Paclobutrazol induces tolerance in tomato to deficit irrigation through diversified effects on plant morphology, physiology and metabolism. *Scientific reports*, v.6, n.1, p.39321, 2016. <https://doi.org/10.1038/srep39321>.

Píffero, G. P. A Cultura do Arroz-Sistemas de Plantio. <http://www.webrural.com.br/webrural/artigos/lavouras/arroz/arroz2.htm>. Acesso em 05 de maio de 2022.

Psarras, G.; Bertaki, M.; Chartzoulakis, K. Response of greenhouse tomato to salt stress and K⁺ supplement. *Plant biosystems*, v. 42, n.1, p. 149-153, 2008. <https://doi.org/10.1080/11263500701872903>.

Ramos, J. G.; Lima, G. S.; Lima, V. L. A.; Silva Paiva, F. J.; Nunes, K. G.; Oliveira Pereira, M.; Saboya, L. M. F. Aplicação foliar de H₂O₂ como atenuante do estresse salino em maracujazeiro-azedo 'BRS Rubi do Cerrado'. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 42, n. 4, p. 2253-2270, 2021. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n4p2253>.

Ranjbarfordoei, A.; Samson, R.; Damme, P.V. Desempenho da fluorescência da clorofila da amêndoa doce [*Prunus dulcis* (Miller)] D. Webb] em resposta ao estresse salino induzido por NaCl. *Fotossintético*, v.44, p.513-522, 2006. <https://doi.org/10.1007/s11099-006-0064-z>.

Rhoades, J. D.; Kandiah, A.; Mashali, Q. M. The use of saline waters for crop production. Rome: FAO, 1992. 133p. (Irrigation and Drainage Paper, 48).

Rodríguez, J. L.; Grajales, M. P.; Castro Brindis, R.; Miranda, A. S.; Magaña-Lira, N.; Villa, J. J. M. Evaluación de dosis, periodos de aplicación y residualidad y de Paclobutrazo en tomate. *Bioagro*, v.34, n.1, p.63-74, 2022. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro341.6>.

Rodriguez-Zaccaro, F. D.; Groover, A. Wood and water: How trees modify wood development to cope with drought. *Plants, People, Planet*, v.1, p.346-355, 2019. <https://doi.org/10.1002/ppp3.29>.

Roque, I. A.; Soares, L. A. D. A.; Lima, G. S. D.; Lopes, I. A. P.; Silva, L. D. 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. <https://doi.org/10.1590/1983-21252022v35n320rc>.

Sá, F. D. S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S.; Paiva, E. P.; Silva, L. D. A.; Moreira, R. C. L.; 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.

Sá, F. V. D. S.; Gheyi, H. R.; Lima, G. S. D.; Paiva, E. P. D.; Moreira, R. C.; Silva, L. D. A. Water salinity, nitrogen and phosphorus on photochemical efficiency and growth of West Indian cherry. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, p. 158-163, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n3p158-163>.

Sá, F. V. da S.; Brito, M. E. B.; Silva, L. de A.; Moreira, R. C. L.; Fernandes, P. D.; Figueiredo, L. C. Fisiologia da percepção do estresse salino em híbridos de tangerineira

- Sunki Comum sob solução hidropônica salinizada. *Comunicata Scientiae*, v.6, p.463-470, 2015. <https://doi.org/10.14295/cs.v6i4.1121>.

Safdar, H.; Amin, A.; Shafiq, Y.; Ali, A.; Yasin, R.; Shoukat, A.; Sarwar, M. I. A review: Impact of salinity on plant growth. *Nature and Science*, v. 17, n. 1, p. 34-40, 2019. <https://doi.org/10.7537/marsnsj170119.06>.

Santos Filho, F. B.; Silva, T. I.; Dias, M. G.; Alves, A. C. L.; Grossi, J. A. S. Paclobutrazol reduces growth and increases chlorophyll indices and gas exchanges of basil (*Ocimum basilicum*). *Brazilian Journal of Biology*, v. 82, 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.262364>.

Santos, C. A.; Carmo, M. G. F.; Abboud, A. C. S. Novo nicho: tomate cereja orgânico. *Campo & Negócios HF*, v.137, p.16-20, 2016.

Santos, L. C.; Araujo S, S. T.; Medeiros, C. R.; Santos, A. V. D.; Silva Severo, P. J.; Medeiros, J. E.; Pereira, J. D. A. Peróxido de hidrogênio como atenuante do estresse salino na formação de mudas de pitaia vermelha (*Hylocereus costaricensis*). *Brazilian Journal of Development*. v.6, n.5, p.27295-27308, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-252>.

Scotti C. P.; Thu, P. T, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to osmotic stress. *Plant Science*, v.130, n.1 p.11-18, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(97\)00199-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(97)00199-4).

Sharif, I.; Aleem, S.; Farooq, J.; Rizwan, M.; Younas, A.; Sarwar, G.; Chohan, S. M. Salinity stress in cotton: effects, mechanism of tolerance and its management strategies. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v.25, p.807-820, 2019. <https://doi.org/10.1007/s12298-019-00676-2>.

Sharma, D. K.; Dubey, A. K.; Srivastav, M.; Singh, A. K.; Sairam, R. K.; Pandey, R. N.; Kaur, C. Effect of putrescine and paclobutrazol on growth, physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt-sensitive citrus rootstock Karna khatta (*Citrus karna* Raf.) under NaCl stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.30, p.301-311, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9192-1>.

Shoukat, E., Abideen, Z., Ahmeda, M. Z., Gulzara, S., & Nielsen, B. Changes in growth and photosynthesis linked with intensity and duration of salinity in *Phragmites karka*. *Environmental and Experimental Botany*, v. 162, p. 504-514, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.03.024>.

Siddiqui, M. H.; Alamri, S.; Al-Khaishany, M. Y.; Khan, M. N.; Al-Amri, A.; Ali, H. M.; Alsahli, A. A. Exogenous melatonin counteracts NaCl-induced damage by regulating the antioxidant system, proline and carbohydrates metabolism in tomato seedlings. *International Journal of Molecular Sciences*, v.20, n.2, p.353, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijms20020353>.

Silva, A. A. R.; Veloso, L. L. S.; Lima, G. S.; Soares, L. A. A.; Chaves, L. H. G.; Silva, F. A.; Dias, M. S.; Fernandes, P. D. Indução a tolerância ao estresse salino em tomate cereja sob diferentes métodos de aplicação de ácido salicílico. *Semina: Ciências*

Agrárias, v.43, n.3, p.1145-1166, 2022. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2022v43n3p1145>.

Silva, A. L.; Silva, G. S.; Silva, W. S.; Silva, L. F.; Araújo, L. E. Análise da variabilidade espacial e temporal do clima na microrregião de campina grande-pb. *Geografia*, v.46, n.1, p.1-22, 2021. <https://doi.org/10.5016/geografia.v46i1.15284>.

Silva, P. A.; Rabelo, J. S.; Guimarães, M. A.; Dovale, J. C.; Oliveira, L. S. C.; Sistemas de condução na produção comercial de tomate “cereja”. *Nativa*, v.5, n.5, p.316-319, 2017. <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05n05a03>.

Siqueira, E. C.; Gheyi, H. R.; Beltrão, N. E. D. M.; Soares, F. A. L.; Barros Júnior, G.; Cavacalti, M. L. F. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.1, p.263-267, 2021. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v9nsupp263-267>.

Sofy, M. R.; Elhindi, K. M.; Farouk, S.; Alotaibi, M. A. Zinc and paclobutrazol mediated regulation of growth, upregulating antioxidant aptitude and plant productivity of pea plants under salinity. *Plants*, v.9, n.9, p.1197, 2020. <https://doi.org/10.3390/plants9091197>.

Soldateli, F. J.; Batista, C. B.; Godoy, F.; Mello, A. C.; Soares, F. S.; Bergmann, M. D.; Ethur, L. Z. Crescimento e produtividade de cultivares de tomate cereja cultivadas em substratos orgânicos. *Colloquium Agrariae*, v.16, n.1, p. 1-10, 2020. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a342>.

Sorkhi, F. Effect of vermicompost fertilizer on antioxidant enzymes and chlorophyll contents in *Borago officinalis* under salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, v.11, n.2, p.3589-3598, 2021. <https://doi.org/10.30495/IJPP.2021.681087>.

Soumya, P. R.; Kumar, P.; Pal, M. Paclobutrazol: a novel plant growth regulator and multi-stress ameliorant. *Plant Physiol*, v.22, n.3, p.267–278, 2017. <https://doi.org/http://doi.org/10.1007/s40502-017-0316-x>.

Sousa, J. R. M.; Gheyi, H. R.; Brito, M. E. B.; Xavier, D. A.; Furtado, G. F. de. Trocas gasosas e produção de citros irrigados com águas salinas e adubação nitrogenada. *Revista Caatinga*, v.29, n.2, p.415-424, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n218rc>.

Souza, C. S.; Oliveira, V. N. S.; da Silva, E. C. A.; Ferreira, L. M. M.; Silva, M. J. N.; Araújo, P. C. D. Comportamento de mudas de *Bambusa vulgaris* Schrad. EX JC Wendl submetidas ao estresse hídrico e salino, utilizando água residuária da piscicultura. [TESTE] *Revista Ciência Agrícola*, v. 17, n. 2, p. 7-16, 2019. <https://doi.org/10.28998/rca.v17i2.7055>.

Tahjib-Ui-Arif.; M.; Sohag, A. A. M.; Afrin, S.; Bashar, K. K.; Afrin, T.; Mahamud, A. S. U.; Murata, Y. Differential response of sugar beet to long-term mild to severe salinity in a soil–pot culture. *Agriculture*, v.9, n.10, p.223, 2019. <https://doi.org/10.3390/agriculture9100223>.

Taiz, L.; Zeiger, E.; Møller, I. M.; Murphy, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

Tatagiba, S. D.; Moraes, G. A. B. K.; Nascimento, K. J. T.; Peloso, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas à crescentes concentrações salinas. *Engenharia na Agricultura*, v.22, p.138-149, 2014. <https://doi.org/10.13083/reveng.v22i2.488>.

Teixeira, E. C.; Matsumoto, S. N.; Pereira, L. F.; Silva, D. D. C.; Viana, A. E. S.; Gonçalves, A. N. S. Paclobutrazol as a strategy to induce reproductive precocity in sour passion fruit. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.45, p.e-501, 2023. <https://dx.doi.org/10.1590/0100-29452023501>.

Tesfahun, W. A review on: Response of crops to paclobutrazol application. *Cogent Food & Agriculture*, v.4, n.1, p.1525169, 2018. <http://doi.org/10.1080/23311932.2018.1525169>.

The Jamovi Project. Jamovi. (Version 2.3) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>. 2022.

Thomas, s. G; Hedden, P. Gibberellin metabolism and signal transduction. *Annual Plant Reviews*, v.24, p.147-184, 2018. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119312994.apr0247>.

Tuna, A. L. Influence of foliarly applied different triazole compounds on growth, nutrition, and antioxidant enzyme activities in tomato ('*Solanum lycopersicum*L.) under salt stress. *Australian Journal of Crop Science*, v.8, n.1, p.71-79, 2014.

Ullah A.; Li M.; Noor J.; Tariq A.; Liu Y.; Shi L. Effects of salinity on photosynthetic traits, ion homeostasis and nitrogen metabolism in wild and cultivated soybean. *PeerJ*, v.7, p. e8191, 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.819>.

Veloso, L. L. de S. A.; Silva, A. A. R. da; Capitulino, J. D.; Lima, G. S. de; Azevedo, C. A. V de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G.; Fernandes, P. D. Photochemical efficiency and growth of soursop rootstocks subjected to salt stress and hydrogen peroxide. *Aims Agriculture and Food*, v.5, p.1-13, 2020. <http://dx.doi.org/10.3934/agrfood.2020.1.1>.

Vieira, I. G.; 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, n.1, p.55-61, 2016. <http://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p55-61>.

Waqas, M.; Yaning, C.; Iqbal, H.; Shareef, M.; Rehman, H.; Iqbal, S.; Mahmood, S. Soil drenching of paclobutrazol: an efficient way to improve quinoa performance under salinity. *Physiologia plantarum*, v.165, n.2, p.219-231, 2019. <http://doi.org/10.1111/ppl.1282>.

Weiss, D.; Ori, N. Mechanisms of cross talk between gibberellin and other hormones. *Plant physiology*, v.144, n.3, p.1240-1246. 2007. <https://doi.org/10.1104/pp.107.100370>.

Xia, X.; Tang, Y.; Wei, M.; Zhao, D. effect of paclobutrazol application on plant photosynthetic performance and leaf greenness of herbaceous peony. *Horticulturae*, v. 4, n.1, p.1-5, 2018. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4010005>.

Xiu, W. Y.; Zhu, Y.; Chen, B.; Hu, Y.; Dawuda, M. M. Effects of paclobutrazol on the physiological characteristics of *Malus halliana* Koehne Seedlings under drought stress via principal component analysis and membership function analysis. *Arid land research and management*, v.33, n.1, p.97-113, 2019. <https://doi.org/10.1080/15324982.2018.1488300>.

Xu, X.; Du, X.; Wang, F.; Sha, J.; Chen, Q.; Tian, G.; Zhu, Z.; Ge, S.; Jiang, Y. Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. *Frontiers in Plant Science*, v.11, p.1-13, 2020. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00904>.

Yan, S.; Gao, Y.; Tian, M.; Tian, Y.; Li, J. Comprehensive evaluation of effects of various carbon-rich amendments on tomato production under continuous saline water irrigation: Overall soil quality, plant nutrient uptake, crop yields and fruit quality. *Agricultural Water Management*, ISSN 0378-3774, v.255, n.1, p.106995, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106995>.

Yang, D.; Jing, R.; Chang, X.; Li, W. Quantitative trait loci mapping for chlorophyll fluorescence and associated traits in wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Integrative Plant Biology*, v.49, n.5, p.646-654, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2007.00443.x>.

Yousefzadeh, S.; Keshavarz, H.; Modares-Sanavy, S. A. M. Effects of ecological agriculture approaches on dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) productivity and oil yield. *Árabe J Geosci*, v.16, p.373, 2023. <https://doi.org/10.1007/s12517-023-11461-7>.