

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE GRAVIOLEIRA CULTIVADA SOB ESTRESSE SALINO E APLICAÇÃO FOLIAR DE PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO

Vitória Dantas de Sousa¹, Jessica Dayanne Capitulino², Geovani Soares de Lima³, Carlos Alberto Vieira de Azevedo³, Thiago Filipe de Lima Arruda², Alesson Ramos de Souza⁴

RESUMO: Objetivou-se com esta pesquisa avaliar os pigmentos fotossintéticos das plantas de gravioleira cv. Morada nova em função da salinidade da água de irrigação e aplicação foliar de peróxido de hidrogênio. O experimento foi conduzido em casa de vegetação em Campina Grande – PB, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4×4 , sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,8, 1,6, 2,4, e 3,2 dS m^{-1}) e quatro concentrações de peróxido de hidrogênio - H_2O_2 (0, 10, 20 e 30 μM) com três repetições. Avaliou-se os pigmentos fotossintéticos das gravioleiras através dos teores de clorofila a, b, total e carotenóides aos 780 dias após o transplantio. O peróxido de hidrogênio na concentração de 15 μM estimula a biossíntese da clorofila a, clorofila total e, na concentração de 11 μM , alivia o efeito da salinidade da água até 2,1 dS m^{-1} no teor de carotenóides de plantas de graviola cv. Morada Nova.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona muricata* L., estresse abiótico, salinidade.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF SOURSOP CULTIVATED UNDER SALINE STRESS AND FOLIAR APPLICATION OF HYDROGEN PEROXIDE

ABSTRACT: The objective of this research was to evaluate the photosynthetic pigments of soursop plants as a function of the salinity of irrigation water and foliar application of hydrogen peroxide. The experiment was carried out in a greenhouse in Campina Grande - PB, using a randomized block design, in a 4×4 factorial scheme, with four levels of electrical conductivity

¹ Discente do Curso de Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: vitoria.dantas@estudante.ufcg.edu.br

² Discentes do Curso de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: capitulinoj@hotmail.com; thiago.filipe.la@gmail.com

³ Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: geovani.soares@pq.cnpq.br; cvieiradeazevedo@gmail.com

⁴ Discente do Curso de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, CEP 58429-900, Campina Grande, PB. E-mail: allesson13@outlook.com

of irrigation water - ECa (0.8, 1.6, 2.4, and 3.2 dS m⁻¹) and four concentrations of hydrogen peroxide - H₂O₂ (0, 10, 20 and 30 µM) with three repetitions. The photosynthetic pigments of the soursop trees were evaluated through the levels of chlorophyll a, b, total and carotenoids at 780 days after transplanting. Hydrogen peroxide at a concentration of 15 µM stimulates the biosynthesis of chlorophyll a, total chlorophyll and, at a concentration of 11 µM, alleviates the effect of water salinity up to 2.1 dS m⁻¹ on the carotenoid content of soursop plants cv. New address.

KEYWORDS: *Annona muricata* L., abiotic stress, salinity.

INTRODUÇÃO

A gravioleira é uma frutífera nativa da América Central e de algumas regiões do Peru e destaca-se pelo seu grande potencial comercial interno e externo ao mercado com frutos de alta aceitação e de potencial industrial, principalmente, nas indústrias de processamento, alimentícias, farmacêuticas e cosméticas (DADDIOUAISSA & AMID, 2018).

A gravioleira apresenta um grande potencial de produção no Nordeste, porém, algumas limitações referentes aos elevados índices de temperatura, pouca quantidade de água e, principalmente, a presença de sais na água de irrigação dessa região limitam toda cadeia produtiva da graviola, pois os sais na água ocasionam efeitos deletérios, afetando o seu crescimento e desenvolvimento devido ao efeito osmótico, causando diminuição da absorção de água pela planta e causando problemas metabólicos pela absorção de íons tóxicos (LIMA et al., 2022; SILVA et al., 2023).

Apesar dos efeitos deletérios que os sais podem causar nas plantas, algumas alternativas para diminuir estes problemas, a exemplo, do uso da pulverização foliar do peróxido de hidrogênio (ANDRADE et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa, avaliar a aplicação via foliar de peróxido de hidrogênio na mitigação do estresse salino sobre os pigmentos fotossintéticos das plantas de gravioleira cv. Morada Nova.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Centro de Ciências Tecnologia e Recursos Naturais- CTRN da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Campina Grande, Paraíba, PB, nas coordenadas geográficas 7°15'18'' de latitude Sul, 35°52'28'' de longitude Oeste e altitude média de 550 m. Os dados de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar da parte interna da casa de vegetação estão dispostos na Figura 1.

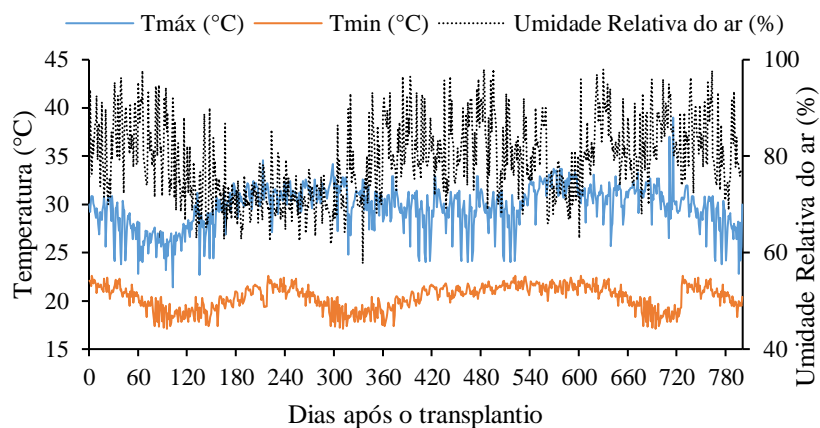


Figura 1. Temperatura do ar (máxima e mínima) e umidade relativa média do ar observada na área interna da casa de vegetação durante o período experimental.

Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, sendo quatro níveis de condutividade elétrica da água de irrigação – CEa (0,8, 1,6, 2,4, e 3,2 dS m⁻¹) e quatro doses de peróxido de hidrogênio- H₂O₂ (0, 10, 20 e 30 μM) com três repetições, totalizando 48 plantas.

Os níveis salinos e as doses de peróxido de hidrogênio utilizados nesta pesquisa foram baseados em estudos realizados por Silva et al. (2019a) e Veloso et al. (2020). As águas salinas foram preparadas pela adição de sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, relação esta predominante nas principais fontes de água disponíveis para irrigação no Nordeste brasileiro (MEDEIROS, 1992) obedecendo-se a relação entre CEa e a concentração dos sais (mmolc L⁻¹ = CE x 10) (RICHARDS, 1954).

Para condução do experimento foram usados vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem, com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 230 kg de solo classificado como Neossolo Regolítico de textura franco-argiloso, coletado na profundidade de 0 – 30 cm, procedente do município de Riachão do Bacamarte-PB, cujas características físico-químicas (Tabela 1) foram determinadas conforme Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo (profundidade 0 – 30 cm) utilizado no experimento.

Características químicas								
pH H ₂ O	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺
1:2.5	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmol _c kg ⁻¹					
6.5	8.1	79	0.24	0.51	14.9	5.4	0	0.9
.....Características químicas.....			Características físicas.....				
CE _{es}	CTC	RAS _{es}	PST	Fração granulométrica (g kg ⁻¹)			Umidade (dag kg ⁻¹)	
dS m ⁻¹	cmol _c kg ⁻¹	(mmol L ⁻¹) _{0.5}	%	Areia	Silte	Argila	33.42 kPa ¹	1519.5 kPa ²
2.15	16.54	0.16	3.08	572.7	100.7	326.6	25.91	12.96

pH – Potencial hidrogeniônico, M.O – Matéria orgânica: Digestão Úmida Walkley-Black; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos com KCl 1 M pH 7.0; Na⁺ e K⁺ extraídos utilizando-se NH₄OAc 1 M pH 7.0; Al³⁺+H⁺ extraídos utilizando-se CaOAc 0.5 M pH 7.0; CE_{es} - Condutividade elétrica do extrato de saturação; CTC - Capacidade de troca catiônica; RAS_{es} - Relação de adsorção de sódio do extrato de saturação; PST - Percentagem de sódio trocável; 1.2 referindo a capacidade de campo e ponto de murchamento permanente.

O manejo de adubação foi baseado na recomendação de adubação para cultura da gravioleira irrigada proposta por Cavalcanti (2008). Foram utilizados como fonte de nitrogênio, potássio e fósforo, respectivamente sulfato de amônio, cloreto de potássio e fosfato monoamônio (MAP). As mudas foram provenientes de viveiro comercial credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças, localizado no Distrito de São Gonçalo, Sousa – PB. Paralelamente às fertilizações com N, P e K, foram realizadas quinzenalmente as pulverizações com micronutrientes.

A aplicação das águas salinas teve início aos 60 dias após o transplântio (DAT), com turno de rega de dois dias, sendo a irrigação de forma manual, sendo a lâmina aplicada estimada pelo princípio do lisímetro de drenagem: diferença entre o volume aplicado e o drenado na irrigação anterior. Com o propósito de reduzir o acúmulo de sais no solo era aplicada uma fração de lixiviação de 0,15 em intervalo de 30 dias.

A aplicação das doses de peróxido de hidrogênio teve início aos 45 dias após o transplântio. Foram aplicados em média de 400 mL da solução de H₂O₂ por plantas. A deriva entre os tratamentos foi controlada através de uma cortina de lona plástica, que envolvia toda a planta à medida que a solução de peróxido de hidrogênio era aplicada.

Os teores de clorofila a, b, total e carotenóides foram determinados também aos 780 DAT, de acordo com a metodologia de Arnon (1949), utilizando-se 5 discos foliares obtidos da terceira folha madura do ápice, imersos em acetona 80% e armazenados no escuro por 48 horas. Os extratos obtidos foram submetidos a leituras em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 470, 647 e 663 nm. Os valores observados nas leituras foram submetidos às seguintes Eq. 1, 2, 3:

$$\text{Clorofila}_a (\text{Clo}_a) = (12,21 \times \text{ABS}_{663}) - (2,81 \times \text{ABS}_{647}) \quad (1)$$

$$\text{Clorofila}_b (\text{Clo}_b) = (20,13 \times \text{ABS}_{647}) - (5,03 \times \text{ABS}_{663}) \quad (2)$$

$$\text{Carotenóides} (\text{Car}) = [(1000 \times \text{ABS}_{470}) - (1,82 \times \text{Clo}_a) - (85,02 \times \text{Clo}_b)]/198 \quad (3)$$

Os valores obtidos para o conteúdo de clorofilas a, b, total e carotenóides nas folhas foram expressos em mg g⁻¹ FM (matéria fresca).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade da distribuição (teste de Shapiro-Wilk) ao nível de 0,05 de probabilidade. Em seguida foi realizada análise de variância ao nível de 0,05 de probabilidade, e nos casos de significância isolado do fator, foi feita uma análise de regressão, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019). Em caso de significância da interação entre fatores, foi utilizado o software SigmaPlot v.12.5 para a elaboração das superfícies de resposta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação ($p \leq 0,05$) entre os níveis de salinidade da água e das concentrações de peróxido de hidrogênio sobre a clorofila a, b e carotenóides das plantas de gravioleira (Tabela 2). Os níveis de salinidade da água de irrigação influenciaram significativamente os teores de clorofila total das gravioleiras. Já as concentrações de peróxido de hidrogênio influenciaram de forma isolada a clorofila total.

Tabela 2. Resumo da análise de variância referente clorofila a (Clo a), clorofila b (Clo b), clorofila total (Clo t) e carotenóides (Car) de plantas de graviola cv. Morada Nova irrigadas com águas salinas e submetidas à aplicação foliar de peróxido de hidrogênio, aos 780 dias após o transplântio

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Clo a	Clo b	Clo t	Car
Níveis salinos (NS)	4	2134,12 ^{ns}	4578,92 ^{ns}	10508 ^{**}	305,69 ^{ns}
Regressão linear	1	2363,93 ^{ns}	13664,5 ^{ns}	26846 [*]	144,94 ^{ns}
Regressão quadrática	1	317,535 ^{ns}	3,0971 ^{ns}	543,13 ^{ns}	244,06 ^{ns}
Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	4	9288,86 ^{ns}	6518,91 ^{ns}	30042 ^{**}	2199,7 ^{ns}
Regressão linear	1	91,6370 ^{ns}	253,878 ^{ns}	22,038 ^{**}	1120,6 ^{ns}
Regressão quadrática	1	22898,1 ^{ns}	8978,64 ^{ns}	62401 ^{ns}	630,39 ^{ns}
Interação (NS x H ₂ O ₂)	16	1963,26 [*]	2193,02 ^{**}	4167,0 ^{ns}	417,88 [*]
Blocos	3	73,5520 ^{ns}	32,275 ^{ns}	1,551 ^{ns}	1,537 ^{ns}
Resíduo	30	60,597	39,615	87,439	5,666
CV (%)		15,27	12,06	5,08	6,23

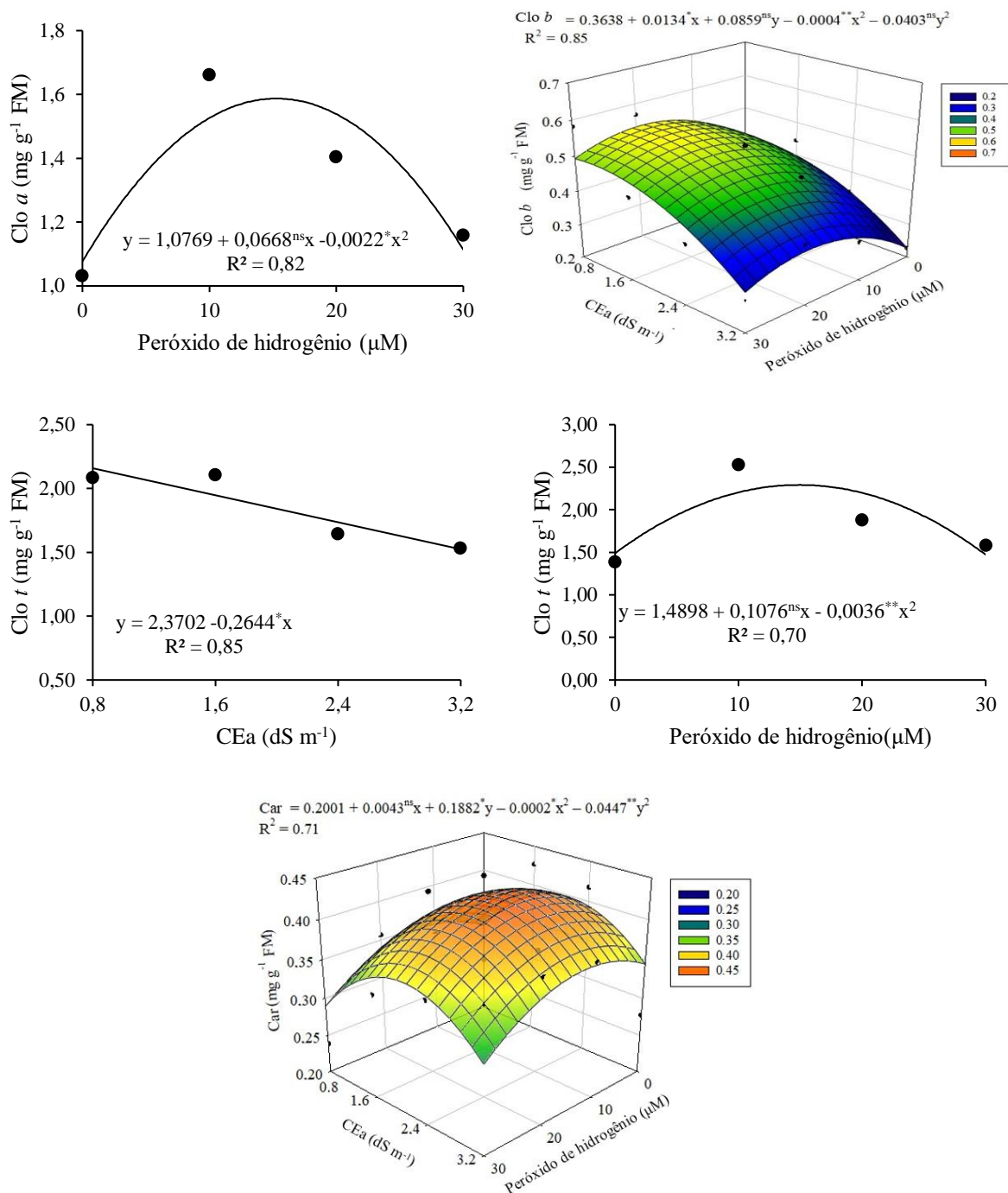
^{ns}, * e ** respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$. GL- Grau de liberdade. CV: Coeficiente de variação.

A aplicação foliar de H_2O_2 proporcionou efeito quadrático sobre os teores de clorofila a (Figura 2A), sendo o valor máximo de $1,5839 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$ obtido nas plantas submetidas a concentração de $15 \mu\text{M}$ de H_2O_2 , já o valor mínimo foi observado na ausência de aplicação do H_2O_2 ($1,0769 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). Em baixas concentrações, o H_2O_2 pode estimular atividade de enzimas antioxidantes, promovendo menor degradação dos pigmentos e aumento da atividade fotossintética, o que reflete no maior crescimento e desenvolvimento das plantas (VELOSO et al., 2022).

A aplicação foliar de H_2O_2 de $17 \mu\text{M}$ aumentou os teores de clorofila b das gravioleira cv. Morada Nova (Figura 2B), irrigadas com águas de $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ ($0,5217 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). Na ausência de H_2O_2 ($0 \mu\text{M}$) e submetidas ao maior nível salino ($3,2 \text{ dS m}^{-1}$) as plantas de graviola obtiveram o menor valor de Clo b ($0,2236 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). Possivelmente isso ocorreu, devido às múltiplas funções fisiológicas desempenhadas pelo H_2O_2 na planta, como a capacidade de aumentar a biossíntese de clorofila, já que o uso de agentes sinalizadores na planta, como o H_2O_2 , pode promover alteração metabólica na célula e ativação de enzimas antioxidantes como a superóxido dismutase, catalase, guaiacol peroxidase e ascorbato peroxidase, resultando em diminuição do estresse oxidativo nas plantas (RAMOS et al., 2022).

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu a síntese de clorofila total (Figura 2C), cuja diminuição foi de $11,15\%$ por aumento unitário da CEa. Ao comparar em termos relativos os teores de Clo t das plantas irrigadas com água de $3,2 \text{ dS m}^{-1}$ com daquelas cultivadas sob salinidade da água de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, houve uma redução de $41,63\%$ ($0,635 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). A diminuição nos teores de clorofila geralmente é acompanhada pela inativação de reações fotoquímicas, principalmente aquelas mediadas pelo fotossistema II (PSII) em plantas sob estresse salino (ZHAO et al., 2019).

De forma similar a síntese de clorofila a, as plantas de graviola obtiveram o maior valor de clorofila total (Figura 2D) quando submetidas a concentração de $15 \mu\text{M}$ de H_2O_2 ($2,293 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). Por outro lado, o menor valor de Clo t, foi obtido sob a concentração de $30 \mu\text{M}$ H_2O_2 ($1,4779 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). Quando em baixas concentrações o peróxido de hidrogênio ajuda a aclimatar os efeitos deletérios do estresse salino, devido a alterações metabólicas que são responsáveis por aumentar sua tolerância ao estresse, possibilitando assim o uso de águas com maiores concentrações de sais (ANDRADE et al., 2019).



ns, *, ** não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e a $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. X e Y correspondem a CEa e as concentrações de peróxido de hidrogênio, respectivamente.

Figura 2. Clorofila a – Clo a (A) e clorofila total – Clo t (D), em função das concentrações de peróxido de hidrogênio, clorofila total – Clo t (C) em função da salinidade da água de irrigação – CEa, e clorofila b – Clo b (B) e carotenóides – Car (E) das gravioleiras cv. Morada Nova em função da interação entre os níveis de salinidade da água de irrigação – CEa e das concentrações de peróxido de hidrogênio aos 780 dias após o transplântio.

Os teores de carotenóides das plantas de gravioleira cv. Morada Nova foram significativamente afetadas pela interação entre CEa e as concentrações de H_2O_2 (Figura 2E). As plantas cultivadas sob CEa de $2,1\ dS\ m^{-1}$ obtiveram o valor máximo estimado de $0,4213\ mg\ g^{-1}\ FM$ sob aplicação foliar de $12\ \mu M$ de H_2O_2 . Entretanto, o uso de água com condutividade

elétrica de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ e sob a maior concentração de H_2O_2 ($30 \mu\text{M}$) resultou no menor valor de Car ($0,2711 \text{ mg g}^{-1} \text{ FM}$). Assim, sugere-se que, para o teor de carotenóides, o peróxido de hidrogênio na concentração de $12 \mu\text{M}$, possa atuar como uma molécula sinalizadora de estresse abiótico, por meio da ação de componentes enzimáticos e não enzimáticos, promovendo aumento no teor de carotenoides, induzido pela produção de β -caroteno, que são componentes integrados dos tilacóides, atuando na absorção e transferência de luz para a clorofila (SILVA et al., 2017).

CONCLUSÃO

O peróxido de hidrogênio na concentração de $15 \mu\text{M}$ estimula a biossíntese da clorofila a, clorofila total e, na concentração de $11 \mu\text{M}$, alivia o efeito da salinidade da água até $2,1 \text{ dS m}^{-1}$ no teor de carotenóides de plantas de graviola cv. Morada Nova aos 780 dias após o transplantio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, E. M. G.; LIMA, G. S DE; LIMA, V. L. A DE; SILVA, S. S.; GHEYI, H. R.; SILVA, A. A. R DA. Gas exchanges and growth of passion fruit under saline water irrigation and H_2O_2 application. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.12, p. 945-951, 2019.
- ARNON, D. I. Copper enzymes in isolated chloroplasts: polyphenoloxidases in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- CAVALCANTE, F. J. A. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco: 2.** Aproximação. 3.ed. Recife: IPA. 2008. 212p.
- DADDIOUCUSSA, D & AMID, A. Anticancer activity acetogenins from *Annona muricata* freut. **The International Medica Journal Malaysa**, v.17, n.3, p.103-112, 2018.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.1, p.529-535, 2019.

LIMA, G. S DE; PINHEIRO, F. W. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, P. F. N.; FERNANDES, P. D. Saline water irrigation strategies and potassium fertilization on physiology and fruit production of yellow passion fruit. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n.1, p. 180-189, 2022

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. 1992. 196p.

RAMOS, J. G.; LIMA, V. L. A.; LIMA, G. S. DE; PAIVA, F. J. S.; PEREIRA, M. O.; NUNES, K. G. Hydrogen peroxide as salt stress attenuator in sour passion fruit. **Revista Caatinga**, v. 35, n.1, p.412-422, 2022.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: U.S, Department of Agriculture. 1954. 160p. Agriculture Handbook 60.

SILVA, A. A. R. DA.; LIMA, G. S DE; AZEVEDO, C. A.V DE; VELOSO, L. L. D. S. A.; SOUZA, L. D. P.; FÁTIMA, R. T DE; SILVA, F. D. A. D.; GHEYI, H. R. Exogenous application of salicylic acid on the mitigation of salt stress in *Capsicum annuum* L. **Ciência Rural**, v.53, n.1, e20210447, 2023.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S DE; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. S. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A. Salt stress and exogenous application of hydrogen peroxide on photosynthetic parameters of soursop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, n.4, p.257-263, 2019.

SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; LACERDA, C. F DE; SOUSA, C. H. C. DE; CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Agro@mbiente (Online)**, v.10, n.1, p.317-325, 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília: Embrapa, 2017, 573p.

VELOSO, L. L. DE S.; 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, n.1, p.1-13, 2020.

VELOSO, L. L. S. A.; SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; MOREIRA, R. C. L. Growth and gas exchange of soursop under salt stress and hydrogen

peroxide application. **Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental**, v.26, n.1, p.119-125, 2022.

ZHAO, H.; LIANG, H.; CHU, Y.; SUN, C.; WEI, N.; YANG, M.; ZHENG, C. Effects of salt stress on chlorophyll fluorescence and the antioxidant system in *Ginkgo biloba* L. seedlings. **HortScience**, v.54, n.1, p.2125-2133, 2019.