

ÁCIDO SALICÍLICO E PROLINA COMO ATENUANTES DO ESTRESSE SALINO NAS TAXAS DE CRESCIMENTO DE GRAVIOLEIRA

Beatriz Meurer Bedra¹, Thainan Sipriano dos Santos², Jucilene Jesus dos Santos³, Isabel da Silva Teixeira Dourado⁴, Maria Carolina Borges de Oliveira Ribeiro⁵, Toshik Iarley da Silva⁶

RESUMO: A gravoleira (*Annona muricata* L.) é uma frutífera tropical de importância econômica, especialmente no Nordeste brasileiro. Contudo, a salinidade do solo limita seu cultivo, comprometendo o crescimento por estresses osmótico, iônico e oxidativo. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico (AS) e prolina (PRO) nas taxas de crescimento de mudas de gravoleira ‘Morada Nova’ sob estresse salino. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e cinco repetições: T1 = 0 mM NaCl; T2 = 0 mM NaCl + AS; T3 = 0 mM NaCl + PRO; T4 = 0 mM NaCl + AS + PRO; T5 = 50 mM NaCl; T6 = 50 mM NaCl + AS; T7 = 50 mM NaCl + PRO; T8 = 50 mM NaCl + AS + PRO. Avaliaram-se as taxas de crescimento relativo e absoluto, com base na altura de plantas e número de folhas. A salinidade comprometeu o crescimento inicial da gravoleira, especialmente em altura. O ácido salicílico isolado estimulou o crescimento foliar sem estresse, enquanto sua combinação com prolina sob salinidade apresentou efeito sinérgico, atenuando os impactos negativos. Assim, o uso conjunto dos atenuantes é promissor para mitigar os efeitos da salinidade na graviola.

PALAVRAS-CHAVE: *Annona muricata* L.; Salinidade; Análise de crescimento.

¹ Graduanda em Agronomia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, CEP 44380-000, Cruz das Almas – BA. Fone (75) 98865-2610. E-mail: beatrizmeurerbedra@outlook.com.

² Doutoranda em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

³ Mestranda em Recursos Genéticos Vegetais, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

⁴ Graduanda em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

⁵ Mestranda em Fitotecnia, Departamento de Agronomia, UFV, Viçosa, MG.

⁶ Prof. Doutor, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, UFRB, Cruz das Almas, BA.

SALICYLIC ACID AND PROLINE AS MITIGATORS OF SALT STRESS ON GROWTH RATES OF SOURSOP

ABSTRACT: The soursop tree (*Annona muricata* L.) is a tropical fruit crop of economic importance, especially in Northeastern Brazil. However, soil salinity limits its cultivation, impairing growth through osmotic, ionic, and oxidative stresses. This study aimed to evaluate the effects of foliar application of salicylic acid (SA) and proline (PRO) on the growth rates of 'Morada Nova' soursop seedlings under salt stress. The experiment was conducted in a greenhouse, in a completely randomized design, with eight treatments and five replications: T1 = 0 mM NaCl; T2 = 0 mM NaCl + SA; T3 = 0 mM NaCl + PRO; T4 = 0 mM NaCl + SA + PRO; T5 = 50 mM NaCl; T6 = 50 mM NaCl + SA; T7 = 50 mM NaCl + PRO; T8 = 50 mM NaCl + SA + PRO. Relative and absolute growth rates were evaluated based on plant height and leaf number. Salinity compromised the initial growth of soursop, especially in height. Salicylic acid alone stimulated leaf growth under non-stress conditions, while its combination with proline under salinity showed a synergistic effect, mitigating the negative impacts. Thus, the combined use of these attenuating agents is promising for mitigating the effects of salinity in soursop cultivation.

KEYWORDS: *Annona muricata* L.; Salinity; Growth analysis.

INTRODUÇÃO

O Brasil tem se consolidado como um dos principais produtores mundiais de frutas, ocupando a terceira posição no ranking global, atrás apenas da China e da Índia, conforme a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados - Abrafrutas (Brasil, 2024). Dentre as regiões brasileiras, o Nordeste se destaca pelas condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de espécies tropicais, como a graviola (*Annona muricata* L.). Essa frutífera, pertencente à família Annonaceae, possui relevante valor econômico e expressivo potencial industrial, sendo amplamente utilizada nos setores alimentício e farmacêutico, com aproveitamento de frutos, folhas e sementes (Barata et al., 2009; Sánchez et al., 2018).

Um dos principais fatores que têm impulsionado o crescimento quantitativo e qualitativo da produção de graviola nos últimos anos é a implantação de pequenas e médias unidades de processamento, que viabilizam a comercialização da fruta na forma de polpa congelada. Essa modalidade de oferta permite o armazenamento e a comercialização do produto em períodos

mais estratégicos, favorecendo a obtenção de preços mais atrativos e promovendo a agregação de valor por meio da industrialização (Bezerra; Lerderman, 2021; Queiroga et al., 2024). Como consequência, a demanda crescente tem estimulado a expansão da área cultivada nas regiões tradicionalmente produtoras, com o objetivo de atender a um mercado cada vez mais promissor.

Apesar do cenário promissor, a produção de graviola no semiárido nordestino enfrenta desafios, entre os quais se destaca a elevada evapotranspiração em contraste com a baixa precipitação pluviométrica promovendo a acumulação de sais no solo devido à insuficiente lixiviação (Sá et al., 2013). Além disso, o uso recorrente de águas salobras na irrigação agrava esse quadro, contribuindo para o aumento da salinidade e promovendo alterações nas propriedades físicas e químicas do solo, incluindo modificações no conteúdo de bases trocáveis (Vasconcelos, 2014).

A salinidade reduz o conteúdo relativo de água e aumenta o extravasamento de eletrólitos na graviola, evidenciando estresse osmótico, danos celulares e comprometimento das trocas gasosas, afetando seu crescimento e desenvolvimento (Silva et al., 2021). Diante desse contexto, estratégias que visem mitigar os efeitos deletérios da salinidade têm sido estudadas, com destaque para o uso de atenuantes como o ácido salicílico (AS) e a prolina (PRO). O ácido salicílico atua como regulador vegetal, influenciando o crescimento, absorção de nutrientes, florescimento e ativando enzimas antioxidantes, enquanto a prolina contribui para o ajuste osmótico, estabilização celular e proteção contra estresse oxidativo (Monteiro et al., 2014; Silva et al., 2020). A redução nas taxas de crescimento absoluto e relativo compromete diretamente a produtividade das culturas, incluindo a graviola, tornando essencial o estudo dos mecanismos que regulam essas respostas sob estresse salino.

Considerando a relevância econômica da graviola e a limitada literatura sobre a aplicação conjunta de ácido salicílico e prolina para atenuar o estresse salino nessa cultura, o objetivo neste estudo foi avaliar os efeitos da aplicação foliar de ácido salicílico e prolina nas taxas de crescimento de mudas de gravoleira ‘Morada Nova’ sob estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em casa de vegetação pertencente ao Núcleo de Engenharia de Água e Solos (NEAS) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), localizada em Cruz das Almas, Bahia, Brasil (12°40'19" S, 39°06'23" W, a 220 m de altitude). A condução do experimento ocorreu no período de agosto a dezembro de 2024.

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois níveis de salinidade (0 - controle e 50 mM de NaCl) e aplicação de dois atenuantes de estresse salino (ácido salicílico - AS e prolina - PRO) de forma isolada e em combinações (Tabela 1). No total, foram 8 tratamentos com 5 repetições, resultando em 40 unidades experimentais.

Tabela 1. Detalhamento dos tratamentos para o cultivo de graviola (*Annona muricata* L.) sob salinidade com aplicação de ácido salicílico - AS e prolina - PRO.

Tratamento	Descrição ¹
T1	0 mM de NaCl
T2	0 mM de NaCl + 1,5 mM AS
T3	0 mM de NaCl + 10 mM PRO
T4	0 mM de NaCl + 1,5 mM AS + 10 mM PRO
T5	50 mM de NaCl
T6	50 mM de NaCl + 1,5 mM AS
T7	50 mM de NaCl + 10 mM PR
T8	50 mM de NaCl + 1,5 mM AS + 10 mM PRO

¹ NaCl = cloreto de sódio, AS = ácido salicílico, PRO = prolina.

As mudas de gravoleira foram obtidas por propagação sexuada. A cultivar utilizada foi selecionada devido à sua ampla adoção em pomares comerciais no Brasil, destacando-se pelo porte dos frutos e elevada produtividade. As unidades experimentais foram constituídas por sacos plásticos medindo 18 × 25 cm, preenchidos com 2 kg de uma mistura de Latossolo Amarelo e composto orgânico, na proporção de 3:1 (v:v). Em cada recipiente, foram semeadas três sementes de gravoleira da cultivar 'Morada Nova', previamente submetidas à embebição em água destilada por 24 horas. Após a emergência, realizou-se o desbaste, mantendo-se apenas a plântula mais vigorosa por unidade experimental.

Aos 36 dias após a emergência (DAE), quando as plantas tinham altura média de 13 a 15 cm e de três a cinco folhas maduras, iniciou-se a aplicação da solução salobra com concentração de 50 mM de NaCl. Para o preparo dessa solução, foram dissolvidos 292,2 g de cloreto de sódio (NaCl) em 100 L de água proveniente do sistema local de abastecimento. A irrigação foi realizada por lisimetria de drenagem com lâmina de lixiviação de 10%, mantendo o substrato constantemente úmido.

A solução de ácido salicílico (AS) foi preparada na concentração de 1,5 mM, mediante a dissolução de 0,2072 g do composto em 1 L de água deionizada. Para a solução de prolina (PRO), na concentração de 10 mM, foram utilizados 1,1513 g por litro de água deionizada. As

soluções atenuantes, ácido salicílico (1 mM) e prolina (10 mM), foram aplicadas por pulverização foliar semanal, com o auxílio de borrifadores manuais, sempre no início da manhã. Para favorecer a adesão das soluções às folhas, adicionaram-se 0,05% do espalhante adesivo Tween® 20 por solução. A adubação foi feita semanalmente com a aplicação de solução nutritiva contendo 3 g L⁻¹ do fertilizante 20-20-20, acrescido de micronutrientes (Peters®).

O experimento foi finalizado com 125 dias após o início da aplicação da solução salobra. Após o início da aplicação da água salina e dos atenuantes, foram realizadas medições quinzenais da altura das plantas (cm), utilizando régua milimetrada, bem como a contagem do número de folhas por planta. A taxa de crescimento absoluto (g dia⁻¹, Equação 1) e relativo (g g⁻¹ dia⁻¹, Equação 2) para a altura de plantas e número de folhas foram avaliados.

$$TCA = (W_2 - W_1) / (T_2 - T_1) \quad (1)$$

Em que,

TCA – taxa de crescimento absoluto

T1 e T2 – variação do tempo

W1 e W2 - variação da altura ou número de folhas

$$TCR = (\ln W_2 - \ln W_1) / (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Em que,

TCR – taxa de crescimento relativo

ln – logaritmo neperiano

T1 e T2 – variação do tempo

W1 e W2 - variação da altura ou número de folhas

Os dados obtidos foram submetidos à análise descritiva e os gráficos foram gerados pelo software SigmaPlot 12.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A salinidade e a aplicação de ácido salicílico e prolina interferiram na taxa de crescimento absoluto e relativo da gravoleira (Figura 1).

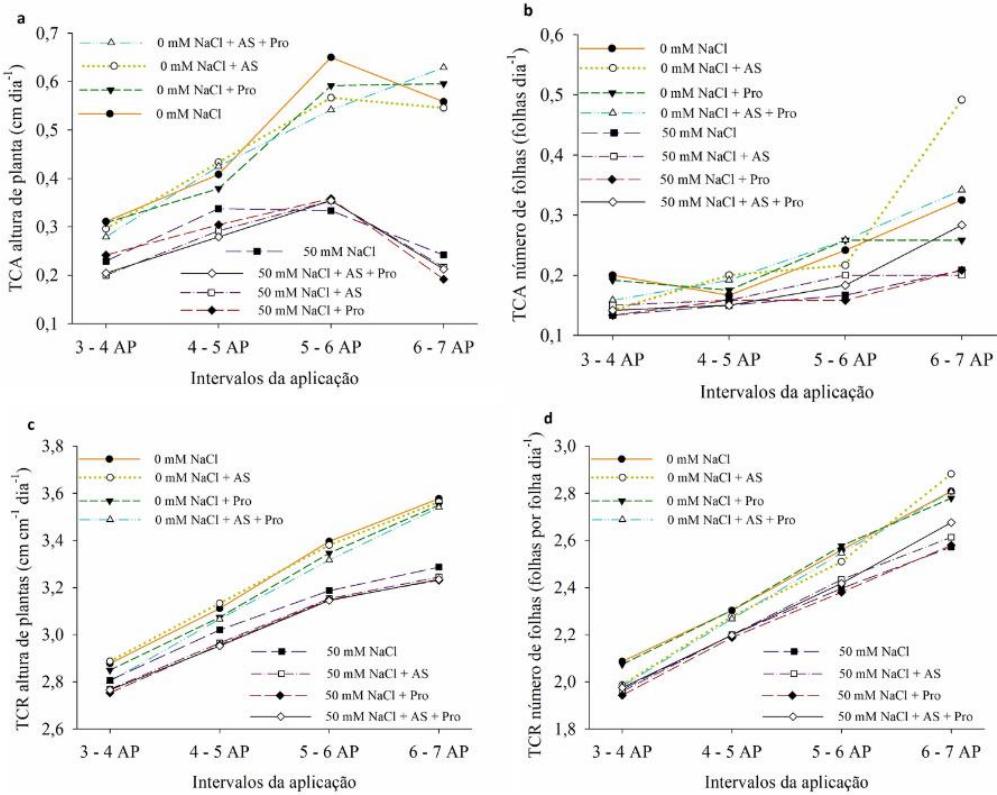


Figura 1. Taxa de crescimento absoluto para altura das plantas (a), taxa de crescimento absoluto para número de folhas (b), taxa de crescimento relativo para altura das plantas (c) e taxa de crescimento relativo para número de folhas (d) de plantas de gravioleira (*Annona muricata* L.) submetidas à salinidade (NaCl) e à aplicação foliar de ácido salicílico (AS) e prolina (PRO).

A taxa de crescimento absoluto (TCA) para a altura das plantas (Figura 1a) demonstrou maior velocidade de crescimento nos tratamentos sem estresse salino, evidenciando a sensibilidade da gravioleira à salinidade. No presente estudo, a aplicação de 50 mM de NaCl comprometeu o acúmulo de biomassa em altura ao longo do tempo, mesmo na presença de atenuantes. Entre os tratamentos isentos de estresse, a aplicação conjunta dos atenuantes resultou nos melhores desempenhos, superando os demais tratamentos sem salinidade.

Por outro lado, a taxa de crescimento absoluto para número de folhas (Figura 1b) teve um comportamento distinto. Embora o estresse salino tenha afetado negativamente a emissão das folhas, observou-se que a aplicação combinada de ácido salicílico e prolina sob salinidade proporcionou incremento superior ao tratamento com prolina isolada em condições sem salinidade. Esse resultado sugere efeito sinérgico entre os atenuantes, possivelmente associado à indução de mecanismos antioxidantes, manutenção da integridade celular e regulação osmótica, o que contribuiu para a atenuação mais eficiente dos efeitos deletérios da salinidade sobre a emissão foliar.

Conforme evidenciado na literatura, a aplicação exógena de ácido salicílico e prolina aumenta significativamente o acúmulo de osmólitos compatíveis, como prolina e açúcares solúveis, que promovem a osmoproteção e ajudam na restauração do teor relativo de água (RWC) nos tecidos vegetais. Além disso, esses compostos atuam como sequestradores de espécies reativas de oxigênio (EROs), reduzindo a peroxidação lipídica (MDA) e protegendo a estabilidade das membranas celulares, refletida pelo aumento do índice de estabilidade de membrana (MSI) (Urmi et al., 2023). De acordo com Oliveira et al. (2020), a aplicação conjunta de ácido salicílico e prolina em plantas de arroz (*Oryza sativa*) cultivadas sob salinidade potencializou os efeitos fisiológicos benéficos dos atenuantes, promovendo maior crescimento, maior teor relativo de água e menor acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs).

Ainda com relação à taxa de crescimento absoluto do número de folhas, observa-se que o tratamento com ácido salicílico (AS), em condição sem salinidade, apresentou desempenho superior em comparação aos demais, evidenciando seu potencial efeito estimulante sobre o crescimento vegetativo, mesmo em ambientes não adversos. Também, a aplicação isolada de prolina sob estresse salino resultou em um dos menores índices desse parâmetro. Resultado semelhante foi reportado por Santos et al. (2025), o qual observou que a aplicação isolada de prolina resultou plantas mais baixas de capuchinha (*Tropaeolum majus*) submetidas à salinidade.

Com relação a taxa de crescimento relativo (TCR) para altura de plantas (Figura 1c) e para número de folhas (Figura 1d), que representa o aumento da biomassa em relação à massa inicial da planta, foi superior nos tratamentos sem salinidade, evidenciando o impacto negativo do estresse salino sobre o acúmulo de matéria seca. Confirmando a sensibilidade da gravoleira à salinidade, como também relatado por Silva et al. (2020), que observaram redução significativa no crescimento da gravoleira cv. 'Morada Nova' quando submetida à irrigação com águas salinas.

Em relação à taxa de crescimento relativo (TCR) para a altura das plantas, observou-se que, tanto nos tratamentos com quanto sem salinidade, os maiores valores foram registrados nos tratamentos controle. Por outro lado, ao se considerar a taxa de crescimento relativo para o número de folhas, a aplicação de ácido salicílico e prolina foi eficaz em atenuar os efeitos deletérios da salinidade, promovendo melhores resultados em comparação aos tratamentos salinos. Tal efeito pode estar relacionado à capacidade desses compostos em atuar no ajuste osmótico e na destoxificação de espécies reativas de oxigênio (EROs), contribuindo para a manutenção do crescimento em condições de estresse. Ressalta-se, ainda, que o tratamento com ácido salicílico em ausência de salinidade resultou nos maiores valores de taxa de crescimento

relativo para o número de folhas, evidenciando seu potencial estimulador mesmo em condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal.

CONCLUSÕES

A salinidade (50 mM de NaCl) comprometeu significativamente o crescimento inicial da gravioleira cv. ‘Morada Nova’, com maior impacto sobre a altura das plantas. A aplicação isolada de ácido salicílico promoveu o crescimento do número de folhas em condição sem estresse. Sob estresse salino, a aplicação combinada de ácido salicílico e prolina apresentou efeito sinérgico, atenuando os danos da salinidade sobre o crescimento foliar e elevando as taxas de crescimento. Portanto, o uso conjunto desses atenuantes se mostra uma estratégia promissora para mitigar os efeitos deletérios da salinidade no desenvolvimento inicial da gravioleira.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCT AGRIS (CNPq/FUNCAP/CAPES), processos 406570/2022-1 (CNPq) e INCT-35960-62747.65.95/51 (FUNCAP), INCITE Economia Verde (FAPESB), Ciência na Mesa (FAPESB, Pedido Nº 4362/2024).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARATA, L. E. S.; ALENCAR, A. A. J.; TASCONE, M.; TAMASHIRO, J. Plantas medicinais brasileiras. IV. *Annona muricata* L. (Graviola). **Revista Fitos**, v. 4, n. 1, p. 132-138, 2009.
- BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E. Graviola. Agência Embrapa de Informação Tecnológica – Ageitec. **Território Mata Sul Pernambucana**. Brasília, DF: Embrapa, 9 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Setor de fruticultura se destaca nas exportações brasileiras**. Gov.br, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SOARES, L. A.; FERNANDES, P. D.; FURTADO, G. F. Trocas gasosas, pigmentos cloroplastídicos e dano celular na mamoneira sob diferentes composições catiônicas da água. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 757-774, 2017.

MONTEIRO, J. G. M.; CRUZ, F. J. R. C.; NARDIN, M. B.; SANTOS, D. M. M. S. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 18-25, 2014.

OLIVEIRA, A. C.; SILVA, R. F.; FREIRE, J. L. O.; BEZERRA, F. M. S.; GHEYI, H. R. Ácido salicílico e prolina atenuam os efeitos da salinidade no arroz. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 12, p. 863-869, dez. 2020.

QUEIROGA, V. P.; GOMES, J. P.; MENDES, N. V. B.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, D. C.; MELO, B. A.; ALBUQUERQUE, E. M. B. (org.). Graviola (*Annona muricata*, L.): tecnologias de plantio e utilização. 1. ed. Campina Grande: **Associação da Revista Eletrônica A Barriguda** – AREPB, 2024.

SÁNCHEZ, C. F. B.; LOPES, B. E.; TEODORO, P. E.; GARCIA, A. D. P.; PEIXOTO, L. A.; SILVA, L. A.; BHERING, L. L. Diversidade genética entre genótipos de graviola com base na produção de frutos. **Bioscience Journal**, p. 122-128, 2018.

SANTOS, T. S.; CORREIA, M. R. S.; SENA, L. S.; SANTANA, L. P. S.; SILVA, G. B. G.; LIMA, K. S.; DUTRA, E. V. S.; ADAS, M. E.; RIBEIRO, M. C. B. O.; RIBEIRO, J. E. S.; et al. The combination of salicylic acid, nicotinamide, and proline mitigates the damage caused by salt stress in nasturtium (*Tropaeolum majus*). **Plants**, v. 14, p. 1156, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants14081156>.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; GHEYI, H. R.; SOUZA, A. R. S.; FERNANDES, P. D. F. O ácido salicílico alivia o efeito do estresse salino na morfologia da graviola. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, p. e007021, 2021.

SILVA, A. A. R.; LIMA, G. S.; AZEVEDO, C. A. V.; VELOSO, L. L. S. A.; GHEYI, H. R. Salicylic acid as an attenuator of salt stress in soursop. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 1092-1101, 2020.

URMI, T. A.; ISLAM, M.; ZUMUR, K. N.; ABEDIN, A.; HAQUE, M.; SIDDIQUI, M.; MURATA, Y.; HOQUE, A. O efeito combinado de ácido salicílico e prolina mitiga o estresse hídrico em arroz (*Oryza sativa* L.) por meio da modulação de atributos fisiológicos e enzimas antioxidantes. **Antioxidants**, v. 12, n. 7, p. 1438, 2023.
<https://doi.org/10.3390/antiox12071438>.