

MORFOFISIOLOGIA DO MARACUJAZEIRO-AZEDO SOB ESTRESSE SALINO E BIOFERTILIZANTE DE MANIPUEIRA

THAIMARA RAMOS ANGELINO DE SOUZA¹, VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA², GEOVANI SOARES DE LIMA³, THAIS APARACEDIDA ROCHA DA COSTA⁴ E NADIANA PRAÇA DE SOUZA⁵

¹Doutoranda em engenharia agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, thai.angelino79@hotmail.com;

²Dra. Profa. Titular CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, vera.antunes.ufcg@gmail.com;

³Dr. Prof. Assistente CCTA/UFCG, Pombal-PB, geovani.soares@professor.ufcg.edu.br;

⁴Mestranda em engenharia agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, thaisrochacosta@gmail.com;

⁵Mestranda em engenharia agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, nadianasouza2018@hotmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 8 de outubro de 2025

RESUMO: A manipueira é um líquido gerado do processamento das raízes da mandioca que se destaca pela alta concentração de potássio, um macronutriente relacionado à produtividade e à tolerância das plantas ao estresse salino. Nesse sentido a manipueira pode ser utilizada como biofertilizante, contribuindo tanto para a nutrição potássica da cultura quanto para atenuar os efeitos deletérios do uso de águas salobras na região semiárida do Nordeste brasileiro. Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito das doses de biofertilizante de manipueira como atenuante do estresse salino no crescimento e fisiologia do maracujazeiro-azedo cv. BRS Sol do Cerrado irrigado com águas salobras. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8; 2,7; dS m⁻¹) e as subparcelas de três doses de potássio (50; 75; 100% da recomendação da cultura). As doses de K₂O foram estabelecidas com base na concentração do elemento no biofertilizante. O aumento na salinidade da água de irrigação a partir de 2,7 dS m⁻¹ inibiu o crescimento, o conteúdo relativo de água e aumentou o extravasamento de eletrólitos no limbo foliar. O fornecimento de biofertilizante de manipueira nas doses de 75 e 100% atenuou o efeito do estresse salino em plantas submetidas a CEa de 1,8 dSm⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Estresse salino, água residuária, adubação orgânica.

MORPHOPHYSIOLOGY OF SOUR PASSION FRUIT UNDER SALINE STRESS AND MANIPUEIRA BIOFERTILIZER

ABSTRACT: Cassava root slurry is a liquid produced from the processing of cassava roots that is notable for its high concentration of potassium, a macronutrient linked to productivity and plant tolerance to saline stress. Therefore, cassava can be used as a biofertilizer, contributing both to the crop's potassium nutrition and to mitigating the deleterious effects of brackish water use in the semiarid region of Northeast Brazil. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of cassava biofertilizer doses as a mitigator of saline stress on the growth and physiology of passion fruit cv. BRS Sol do Cerrado irrigated with brackish water. The study was conducted in a greenhouse using a completely randomized experimental design with three replicates in a split-plot arrangement. The plots consisted of three irrigation water electrical conductivity levels - EC_w (0.9; 1.8; 2.7 dS m⁻¹) and the subplots of three potassium doses (50; 75; 100% of the crop recommendation). The K₂O doses were established based on the element concentration in the biofertilizer. Increasing irrigation water salinity from 2.7 dS m⁻¹ inhibited growth and relative water content, and increased electrolyte leakage at the leaf blade. The supply of cassava biofertilizer at doses of 75 and 100% attenuated the effect of salt stress on plants subjected to EC_w of 1.8 dS m⁻¹.

KEYWORDS: Salt stress, wastewater, organic fertilization.

INTRODUÇÃO

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis Sims*), pertencente à família *Passifloraceae*, destaca-se como uma das fruteiras mais importantes do Brasil, tanto pelo consumo in natura e industrial quanto pela sua relevância socioeconômica, se desenvolvendo bem nas regiões tropicais e subtropicais (FALEIRO, 2017).

A salinidade do solo representa uma das principais limitações à produção agrícola em regiões áridas e semiáridas do mundo, comprometendo severamente o desenvolvimento das culturas (El HASINI et al., 2019). No semiárido brasileiro, cerca de 70% dos poços apresentam águas salobras ou salinas, sendo a água subterrânea, embora limitada em qualidade, constitui geralmente a principal e única fonte disponível para o abastecimento e irrigação agrícola (IAS, 2023). Essa realidade tem levado ao uso crescente de águas salobras na agricultura, especialmente no Nordeste, onde a escassez hídrica é crítica. No entanto, o uso contínuo dessas águas pode resultar no acúmulo de sais no solo, afetando processos fisiológicos essenciais das plantas e reduzindo a produtividade agrícola (KIREMIT & ARSLAN, 2016).

Diante deste desafio, surgem práticas que mitiguem os efeitos do estresse salino, o uso de insumos orgânicos surge como uma alternativa para reduzir os custos com adubos minerais e melhorar o desenvolvimento das plantas, entre elas o uso de biofertilizantes orgânicos, que além de melhorar a fertilidade do solo, promovem maior tolerância das plantas a condições adversas, como a manipueira que além de apresentar vantagens por ser um material disponível e de baixo custo no nordeste, possui composição química rica em nutrientes essenciais, destacando-se pelos altos teores de potássio, magnésio, fósforo, cálcio, enxofre, ferro e diversos micronutrientes (SOUZA et al., 2014).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e a fisiologia do maracujazeiro-azedo cv. BRS Sol do Cerrado irrigado com águas salobras e a doses de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido entre os meses de outubro de 2022 e novembro de 2023 em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba. A pesquisa foi conduzida em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas de três níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa (0,9; 1,8 e 2,7 dS m⁻¹) e três doses de manipueira – DM% (50, 75%, 100% da recomendação de potássio), as subparcelas, com três repetições e uma planta por parcela. As mudas foram propagadas de forma sexuada e o período de formação foi de 70 dias. Após esse período foi realizado o transplantio para vasos plásticos adaptados como lisímetros de drenagem com capacidade de 200 L, preenchidos com uma camada de 1,0 kg de brita seguido de 250 kg de solo classificado como Neossolo Regolítico, coletado na profundidade de 0-30 cm, procedente do município de Lagoa Seca - PB. As águas de irrigação com diferentes níveis de condutividade elétrica foram preparadas dissolvendo-se os sais de NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção equivalente de 7:2:1, respectivamente, em água de abastecimento local (CEa = 0,38 dS m⁻¹), seguida a metodologia descrita por Medeiros et al., (1992). No preparo das águas de irrigação, foi considerada a relação entre CEa e a concentração de sais (Richards, 1954). As adubações com nitrogênio, fósforo e potássio foram baseadas na metodologia proposta por Costa et al., (2008) para a cultura do maracujazeiro-azedo. O volume de biofertilizante de manipueira foi aplicado de acordo com análise da concentração de potássio (1,41 g por litro), a ureia foi aplicada como fonte de nitrogênio e o superfosfato simples como fonte de fósforo. Aos 380 dias após o transplantio (DAT) das mudas, sendo o segundo ciclo do maracujazeiro-azedo, foi avaliado o crescimento por meio do diâmetro de caule (mm), medido as 2 cm do colo da planta e também foram avaliados o conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) de acordo com metodologia de Weatherley (1950), o déficit de saturação hídrica pela fórmula (DSA = 100 – TRA) e o extravasamento de eletrólitos (% EE) de acordo com Scotti-Campos et al. (2013). Os dados obtidos foram avaliados mediante análise de variância pelo teste ‘F’. Nos casos de significância, foi realizado o teste de médias por Tukey (p ≤ 0,05) para o fator níveis de condutividade elétrica da água e

doses de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio, utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre os níveis de condutividade elétrica e doses de manipueira (Tabela 1) afetou significativamente o déficit de saturação hídrica do maracujazeiro-azedo. Os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) afetaram de forma significativa o diâmetro do caule (DC) e o extravasamento de eletrólitos (EE) no limbo foliar do maracujazeiro-azedo. As doses de manipueira influenciaram significativamente apenas o EE.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente ao diâmetro do caule (DC), conteúdo relativo de água (CRA), déficit de saturação hídrica (DSH) e extravasamento de eletrólitos (EE) do maracujazeiro-azedo irrigado com águas salobras e doses de manipueira, aos 380 dias após o transplantio.

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

Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		DC	CRA	DSH	EE
Condutividade elétrica da água de irrigação (CEa)	2	67.3100**	38.4811 ^{ns}	38.4810 ^{ns}	617.4913**
Resíduo 1	4	1.5968	9,7489	9.7489	15.4647
Doses de manipueira (DM)	2	11.3376 ^{ns}	14.4494 ^{ns}	14.4494 ^{ns}	124.3349**
Interação (CEa × DM)	4	15.4465 ^{ns}	47.4938*	47.4940*	53.5994 ^{ns}
Resíduo 2	12	7.7592	12.0556	12.0556	26.2699
CV 1 (%)		6.03	3.94	15.09	9.31
CV 2 (%)		13.28	4.38	16.78	12.13

Fonte: Autores, 2025.

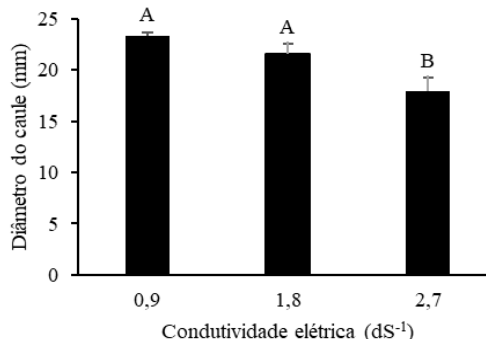
O aumento da salinidade da água de irrigação influenciou significativamente o diâmetro do caule das plantas de maracujazeiro azedo (Figura 1 A). As plantas submetidas à CEa de 2,7 dS m⁻¹ diferiram de forma significativa das cultivadas sob salinidade da água de 0,9 e 1,8 dS m⁻¹. Entretanto, não houve diferenças significativas no DC das plantas irrigadas com CEa de 0,9 e 1,8 dS m⁻¹. Silva. (2023) em estudo com maracujazeiro-azedo também observou que a salinidade da água de irrigação limitou o crescimento em diâmetro caulinar. A elevada concentração de sais na água de irrigação reduz o potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (Hualpa-Ramirez et al., 2024).

Houve interação significativa entre os níveis de salinidade e as doses de biofertilizante de manipueira sobre o CRA no maracujazeiro-azedo. As plantas irrigadas com CEa de 0,9 dS m⁻¹ não houve diferenças significativas entre as doses de manipueira. Na CEa de 1,8 dS m⁻¹, a menor dose 50% reduziu significativamente o CRA. Porém, as doses de 75% e 100% mantiveram o CRA elevado, semelhante ao controle (0,9 dS m⁻¹), demonstrando o efeito benéfico da manipueira na mitigação do estresse salino, o potássio (K⁺) exerce um papel fundamental, sendo essencial para a manutenção da homeostase iônica e para o alívio dos efeitos negativos da salinidade nas plantas (Zhao et al., 2016; Tittal et al., 2021). Sob 0,9 dS m⁻¹, o menor DSH foi observado com 50% da dose de biofertilizante diferindo da maior lâmina. Já sob 1,8 dS m⁻¹, a lâmina de 50% resultou em maior DSH em comparação a 75%. Em 2,7 dS m⁻¹, não houve diferença significativa entre os níveis de irrigação.

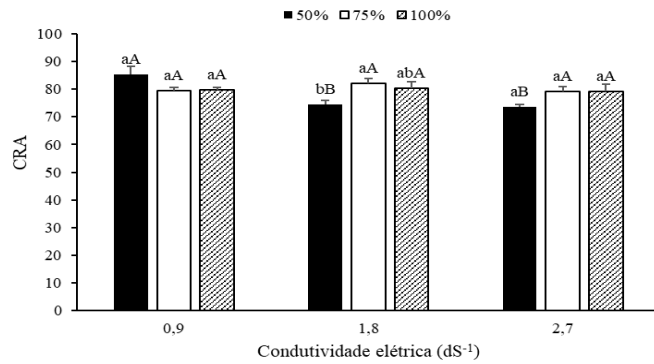
Figura 1. Diâmetro do caule do maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água de irrigação (A), conteúdo relativo de água - CRA (B) e déficit de saturação hídrica - DSH (C) em função dos níveis de CEa e do biofertilizante de manipueira, aos 380 dias após o transplantio.

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F ($p \leq 0,05$). Barra na vertical representa o erro padrão da média

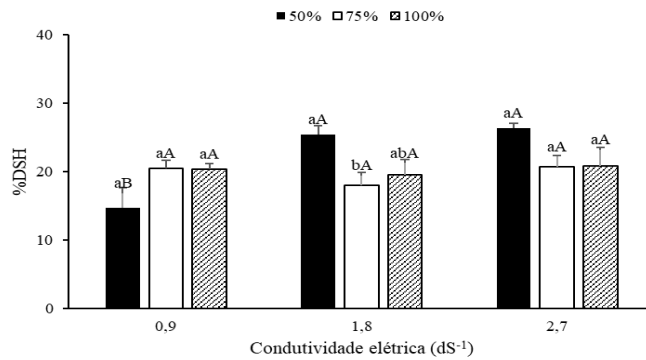
A.



B.



C.



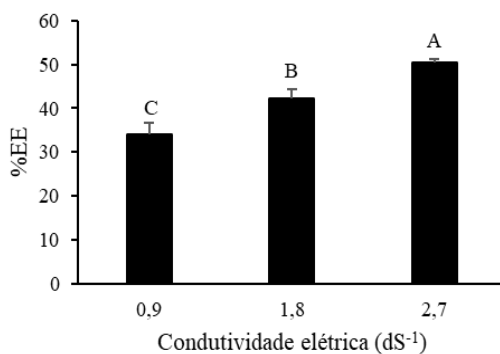
Fonte: Autores, 2025.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação promoveu um acréscimo significativo no extravasamento de eletrólitos das folhas (Figura 2A). A maior média foi observada sob CEa de 2,7 dS m⁻¹ 50,5%, diferindo significativamente das demais. Esse aumento indica perda de integridade das membranas celulares, efeito típico do estresse salino, intensificando a produção de EROs e comprometendo a estrutura das membranas plasmáticas (FERRAZ et al., 2015). Já as doses de biofertilizante de manipueira influenciaram significativamente o %EE nas folhas do maracujazeiro-azedo (Figura 2B). A dose de 75% promoveu o maior %EE 46,41%, diferindo estatisticamente da dose de 50%, que apresentou o menor valor 39,23%. A dose de 100% resultou em valor intermediário e não diferiu das demais. Observou-se que tratamentos com menor conteúdo relativo de água (Figura 1B) apresentaram, em geral, maior extravasamento de eletrólitos no limbo foliar (Figura 2A), evidenciando o efeito do estresse salino sobre o equilíbrio hídrico e a integridade das membranas.

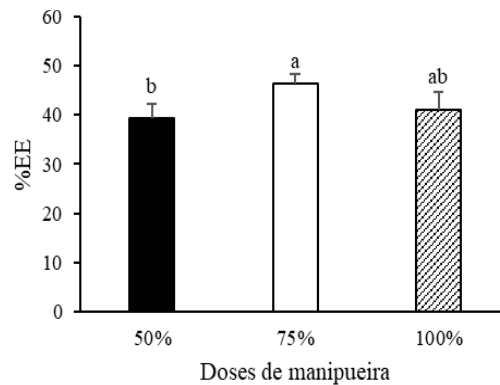
Figura 2. Extravasamento de eletrólitos do maracujazeiro-azedo, em função da salinidade da água de irrigação (A) e das doses de biofertilizante de manipueira (B).

Médias seguidas por letras diferentes apresentam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste F ($p \leq 0,05$). Barra na vertical representa o erro padrão da média

A.



B.



CONCLUSÃO

O aumento da salinidade da água de irrigação a partir de 1,8 dS m⁻¹ compromete o crescimento e a fisiologia do maracujazeiro-azedo, inibindo o diâmetro do caule, o conteúdo relativo de água e maior extravasamento de eletrólitos no limbo foliar do maracujazeiro-azedo. O uso de biofertilizante de manipueira como fonte de potássio, nas doses de 75% e 100%, atenua os efeitos do estresse salino, favorecendo a manutenção do equilíbrio hídrico e da integridade celular.

AGRADECIMENTOS

A Fapesq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Costa, A. F. S.; Costa, A. N.; Ventura, J. A.; Fanton, C. J.; Lima, I. D. M.; Caetano, L. C. S.; Santana, E. N. Recomendações técnicas para o cultivo do maracujazeiro. Vitória, ES: Incaper, 2008.
- Faleiro, F. G.; Junqueira, N. T. V.; Costa, A. M.; Jesus, O. N.; Machado, C. F. Maracujá: *Passiflora* sp. Argentina: IICA, PROCISUR, 2017. 32 p.
- Ferraz, R. L. S.; Magalhães, I. D.; Beltrão, N. E. M.; Melo, A. S.; Brito Neto, J. F.; Rocha, M. D. S. Pigmentos fotossintetizantes, extrusão celular e conteúdo relativo de água nas folhas da mamoneira sob silício e salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, p. 841-848, 2015.
- Ferreira, D. F. SISVAR: A Computer Analysis System To Fixed Effects Split Plot Type Designs. Brazilian Journal Of Biometrics. *Revista Brasileira de Biometria*, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.
- Hualpa-Ramirez, E.; Carrasco-Lozano, E. C.; Madrid-Espinoza, J.; Tejos, R.; Ruiz-Lara, S.; Stange, C.; Norambuena, L. Stress salinity in plants: New strategies to cope with in the foreseeable scenario. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 208, p. 108507, 2024.
- Instituto Água Sustentável. Água na região Nordeste. 2023. Disponível em: <https://www.aguasustentavel.org.br/conteudo/blog/160-agua-na-regiao-nordeste>. Acesso em: 3 jul. 2025.
- Kiremit, M. S.; Arslan, H. Effects of irrigation water salinity on drainage water salinity, evapotranspiration and other leek (*Allium porrum* L.) plant parameters.. *Scientia Horticulturae*, v. 201, p. 211–217, 2016.
- 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 Mestrado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 173p. 1992.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1954.
- Scotti-Campos, P.; Pham-Thi, A. T.; Semedo, J. N.; Pais, I. P.; Ramalho, J. C.; Matos, M. C. Physiological responses and membrane integrity in three *Vigna* genotypes with contrasting drought tolerance. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, v. 25, p. 1002-1013, 2013.
- Silva, E. M.; Santos, M. L. T.; Silva, D. A. O.; Fernandes, A. P.; Oliveira, L. C.; Botero, W. G. Avaliação de nutrientes no solo e planta após aplicação de resíduos cianogênicos em cultura de *Lactuca sativa* L. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, v. 16, 2020. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/2362. Acesso em: 3 jul. 2025.
- Silva, R. I. L. D. Salinidade hídrica e cobertura plástica no solo sob o crescimento do maracujazeiro-azedo enxertado. 27 f. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2023.
- Tittal, M.; Mir, R. A.; Jatav, K. S.; Agarwal, R. M. Supplementation of potassium alleviates water stress-induced changes in *Sorghum bicolor* L. *Physiologia Plantarum*, v. 172, p. 1149-1161, 2021.
- Weatherley, P. J. E. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytologist*, v. 49, p. 81-97, 1950.
- Zhao, X. H. et al. Response of root morphology, physiology and endogenous hormones in maize (*Zea mays* L.) to potassium deficiency. *Journal of Integrative Agriculture*, v. 15, p. 785–794, 2016.