

TAXA DE CRESCIMENTO E DÉFICIT DE SATURAÇÃO HÍDRICA DE QUIABEIRO SOB ESTRESSE SALINO E SELÊNIO

LUCYELLY DÂMELA ARAÚJO BORBOREMA¹, VERA LÚCIA ANTUNES DE LIMA², PEDRO HENRIQUE DUARTE DURVAL³, ROSANY DUARTE SALES⁴ e THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA⁵

¹Doutoranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, lucyellyd@gmail.com;

²Dr. em Engenharia Agrícola, Prof. Titular UFCG, Campina Grande-PB, vera.antunes.ufcg@gmail.com;

³Graduando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, pedro2durval2@gmail.com;

⁴Mestranda em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, rdrosany@gmail.com;

⁵Doutorando em Engenharia Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, thiago.filipe.la@gmail.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
6 a 9 de outubro de 2025

RESUMO: O quiabeiro é uma planta, de crescimento indeterminado e maturação sequencial dos frutos, possui uma baixa produção na Paraíba podendo ser ocasionado devido ao excesso de sais na composição das águas dessa região. Desta forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito das concentrações de selênio na taxa de crescimento e no déficit de saturação hídrica de plantas de quiabeiro irrigadas com águas salobras. Os tratamentos foram constituídos por quatro níveis de condutividade elétrica da água – CEa (0,4; 1,3; 2,2 e 3,1 dS m⁻¹) e quatro concentrações de selênio (0,0; 5,0; 10,0 e 15,0 mg L⁻¹), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 4, com três repetições e uma planta por parcela. A condutividade elétrica elevada de 3,1 dS m⁻¹ prejudicou a taxa de crescimento e o déficit hídrico de saturação das plantas de quiabeiro. A aplicação de selênio em concentrações de até 8 mg L⁻¹ atenuaram os efeitos do estresse salino na taxa de crescimento relativo em altura de plantas e no déficit de saturação hídrica do quiabeiro.

PALAVRAS-CHAVE: *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, elemento benéfico, estresse abiótico.

GROWTH RATE AND WATER SATURATION DEFICIT OF OKRA UNDER SALT STRESS AND SELENIUM

ABSTRACT: Okra is a plant with indeterminate growth and sequential fruit maturation. It has low production in Paraíba, which may be caused by excess salts in the water composition of this region. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of selenium concentrations on the growth rate and water saturation deficit of okra plants irrigated with brackish water. The treatments consisted of four levels of water electrical conductivity - ECw (0.4, 1.3, 2.2, and 3.1 dS m⁻¹) and four selenium concentrations (0.0, 5.0, 10.0, and 15.0 mg L⁻¹), distributed in a randomized block design, in a 4 × 4 factorial scheme, with three replicates and one plant per plot. The high electrical conductivity of 3.1 dS m⁻¹ impaired the growth rate and saturation water deficit of okra plants. Selenium application at concentrations up to 8 mg L⁻¹ attenuated the effects of salt stress on the relative growth rate in plant height and saturation water deficit of okra plants.

KEYWORDS: *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, beneficial element, abiotic stress.

INTRODUÇÃO

O quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] é reconhecido como um alimento funcional de destaque, graças ao seu excelente perfil nutricional (Kwok et al., 2025). É fonte de nutrientes, apresentando quantidades expressivas de carboidratos (7 g por 100 g), proteínas (2 g por 100 g) e fibras alimentares (3,2 g por 100 g), além disso, contém uma ampla variedade de minerais, com destaque para o potássio, cálcio, fósforo, manganês e diversas vitaminas, sendo ainda caracterizado pelo baixo teor de gordura (apenas 0,1 g por 100 g) (Elkhalifa et al., 2021).

A nível global, os maiores produtores de quiabo incluem a Índia, Nigéria, o Mali, Sudão, Paquistão, a Costa do Marfim, o Egito, Camarões e Iraque (FAO 2022). Em 2017, o Brasil registrou uma produção de 111.967 toneladas de quiabo, no entanto, o estado da Paraíba contribuiu com apenas 0,40% desse total (IBGE, 2025).

O baixo rendimento da cultura pode estar associado aos diversos fatores, como o desconhecimento, por parte dos agricultores locais, sobre o potencial agrícola do quiabeiro, além das limitações edafoclimáticas da região semiárida e, especialmente o excesso de sais na composição das águas, que influencia tanto a quantidade quanto a qualidade das fontes hídricas, limitando a produtividade das culturas, através da redução do potencial osmótico do solo (Lima et al., 2022). O uso contínuo da água salobra pode proporcionar o fechamento parcial dos estômatos, afetando o desenvolvimento das culturas, tornando-se crucial o uso de estratégias que atenuem os efeitos deletérios da salinidade na água de irrigação e/ou possibilitem a utilização destas águas para a irrigação.

Dentre as alternativas para amenizar os efeitos do estresse salino destaca-se a aplicação de selênio, em que estudos já demonstraram seu potencial no crescimento, estimula o crescimento vegetal por meio do aumento da taxa fotossintética, promove a atividade de enzimas antioxidantes e melhora a tolerância das plantas a estresses abióticos, protegendo a integridade das membranas celulares e modula o balanço osmótico e o uso eficiente da água (Rad et al., 2021; Gorni et al., 2025). Sendo assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito das concentrações de selênio na taxa de crescimento e no déficit de saturação hídrica de plantas de quiabeiro irrigadas com águas salobras.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em ambiente protegido, nas instalações da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), localizada em Campina Grande – PB.

Os tratamentos experimentais consistiram em quatro níveis de salinidade da água de irrigação (condutividade elétrica - CEa: 0,4; 1,3; 2,2 e 3,1 dS m⁻¹) combinados com quatro doses de selênio (0,0; 5,0; 10,0 e 15,0 mg L⁻¹), organizados em um delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 4 × 4, com três repetições e uma planta por parcela. Os níveis de salinidade foram definidos com base no trabalho de Soares et al. (2020), utilizando a cultura do quiabeiro como referência. As doses de selênio foram estabelecidas conforme metodologia adaptada de Amerian et al. (2024), em ensaios com pepino submetido à irrigação com água salobra.

As plantas foram cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 20 litros, adaptados com lisímetros de drenagem. Para possibilitar a drenagem da água, os vasos foram perfurados em sua base e conectados com dois drenos transparentes de 20 mm de diâmetro.

Como fonte de nitrogênio foi utilizado a ureia (45% de N), de fosforo o monoamônio fosfato (60% de P₂O₅ e 12% de N) e potássio o cloreto de potássio (51,5% de K₂O e 17% de S), sendo iniciada aos 12 dias após a semeadura e aplicada quinzenalmente via fertirrigação. Os micronutrientes foram fornecidos por pulverizações foliares a cada 15 dias, utilizando-se uma solução de Dripsol Micro[®] na concentração de 1,0 g L⁻¹, aplicada com pulverizador costal. A irrigação com água salobra teve início aos 22 dias após a semeadura (DAS). A aplicação foliar das diferentes concentrações de selênio foi iniciada aos 21 DAS, sendo realizada a cada 15 dias, totalizando três aplicações ao longo do ciclo.

Os efeitos dos tratamentos foram avaliados no período de 15 a 30 dias após a semeadura, com base na taxa de crescimento relativo em altura de planta – (TCR_{AP}), diâmetro de caule – (TCR_{DC}) e número de folhas (TCR_{NF}) de acordo com a metodologia proposta por Benincasa (2003) e o déficit de saturação hídrica - DHS (D) das plantas de quiabeiro avaliado aos 30 dias após a semeadura de acordo com a metodologia descrita por Lima et al (2015).

Os dados foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Levene). Havendo significância ($p \leq 0,05$), aplicou-se o teste F para os fatores CEa e concentrações de selênio. Quando identificado efeito significativo, foram ajustados modelos de regressão linear e/ou quadrática, utilizando-se o software estatístico R-Studio (versão 4.1.0). Nos casos

de interação significativa entre os fatores, as superfícies de resposta foram geradas por meio do software SigmaPlot (versão 14.5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,001$) da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) e as concentrações de selênio (SE) sobre a taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR_{AP}) e diâmetro de caule (TCR_{DC}) no período de 15 e 30 dias após a semeadura (DAS) e o déficit de saturação hídrica (DHS) aos 30 DAS, enquanto para a taxa de crescimento relativo de número de folhas (TCR_{NF}) foi verificado efeito significativo de forma isolada para a condutividade elétrica da água de irrigação.

Tabela 1. Resumo da análise de variância referente a taxa de crescimento relativo em altura de plantas (TCR_{AP}), diâmetro de caule (TCR_{DC}) e número de folhas (TCR_{NF}) no período de 15 a 30 dias após a semeadura e, déficit de saturação hídrica (DHS) das plantas de quiabeiro, irrigados com água de diferentes níveis de condutividade elétrica e concentrações de selênio aos 30 dias após a semeadura.

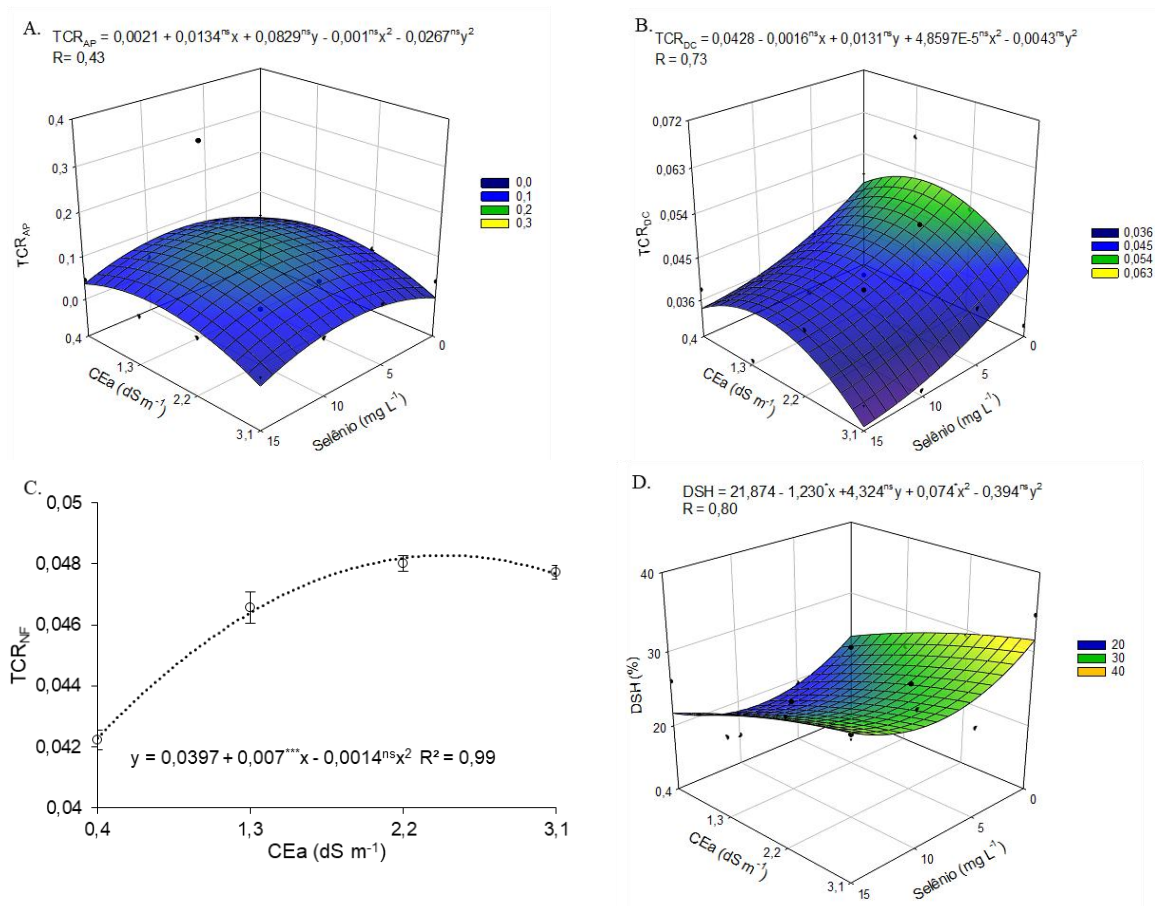
Fonte de variação	GL	Quadrados médios			
		TCR_{AP}	TCR_{DC}	TCR_{NF}	DHS
Condutividade elétrica (CEa)	1	$8,82 \times 10^{-4***}$	$4,14 \times 10^{-4***}$	$1,18 \times 10^{-3***}$	$143,50^{***}$
Regressão linear	1	$2,35 \times 10^{-3***}$	$1,16 \times 10^{-3***}$	$3,36 \times 10^{-3ns}$	$421,79^{**}$
Regressão polinomial	1	$1,4 \times 10^{-4ns}$	$7,1 \times 10^{-5ns}$	$1,82 \times 10^{-4***}$	$4,88^{ns}$
Selênio (SE)	3	$1,21 \times 10^{-4*}$	$3,86 \times 10^{-4***}$	$8,6 \times 10^{-5ns}$	$64,16^{**}$
Regressão linear	1	$1,15 \times 10^{-4ns}$	$1,89 \times 10^{-4*}$	$1,93 \times 10^{-4ns}$	$22,09^{ns}$
Regressão polinomial	1	$1,23 \times 10^{-4ns}$	$5,86 \times 10^{-4***}$	$6,5 \times 10^{-5ns}$	$163,92^{***}$
Interação (CEa \times SE)	3	$2,62 \times 10^{-4***}$	$1,53 \times 10^{-4***}$	$1,69 \times 10^{-4ns}$	$36,83^{**}$
Bloco	2	$2,5 \times 10^{-5ns}$	$5,6 \times 10^{-5ns}$	$1,02 \times 10^{-4ns}$	$26,97^{ns}$
Resíduo	30	$4,1 \times 10^{-5}$	$3,2 \times 10^{-5}$	$1,62 \times 10^{-4}$	$10,47$
CV (%)		15	14,03	27,57	12,90

*, **, *** e ns significativo a $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$, $p \leq 0,001$ e não significativo, respectivamente. CV: Coeficiente de variação, GL: Grau de liberdade.

A salinidade da água de irrigação influenciou negativamente a taxa de crescimento relativo em altura de plantas (Figura 1A), ocasionando redução de 91,92% ($0,0284 \text{ cm dia}^{-1}$) ao comparar os níveis de CEa de 3,1 ($0,0025 \text{ cm dia}^{-1}$) e 0,4 dS m^{-1} ($0,0309 \text{ cm dia}^{-1}$). O valor máximo de TCR_{AP} observado ($0,1161 \text{ cm dia}^{-1}$) foram nas plantas cultivadas sob as concentrações de até 7 mg L^{-1} e nível de CEa de 1,6 dS m^{-1} , resultando em um aumento de 42,81% ($0,049 \text{ cm dia}^{-1}$) em relação as plantas irrigadas com o mesmo nível de CEa e sem aplicações de selênio ($0,0664 \text{ cm dia}^{-1}$).

Da mesma forma, o aumento da salinidade na água de irrigação afetou negativamente a taxa de crescimento relativo de diâmetro de caule (Figura 1B), sendo a redução de 11,12% ($0,0053 \text{ mm dia}^{-1}$) ao comparar as plantas irrigadas com CEa de 3,1 ($0,0421 \text{ mm dia}^{-1}$) e 0,4 dS m^{-1} ($0,0474 \text{ mm dia}^{-1}$). As plantas irrigadas com CEa de 1,5 dS m^{-1} e sem aplicações de selênio apresentaram maior valor de TCR_{DC} ($0,0528 \text{ mm dia}^{-1}$), correspondendo a um aumento de 20,26% ($0,0107 \text{ mm dia}^{-1}$) em comparação as plantas submetidas a CEa de 3,1 dS m^{-1} e sem aplicações de selênio.

Figura 1. Taxa de crescimento relativo em altura de plantas - TCR_{AP} (A), diâmetro de caule - TCR_{DC} (B) e déficit de saturação hídrica - DSH (D) das plantas de quiabeiro, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação - CEa e aplicações foliares de selênio e, taxa de crescimento relativo em número de folhas - TCR_{NF} (C) em função dos níveis de CEa.



*** e ^{ns} significativo a $p \leq 0,001$ e não significativo, respectivamente.

Para a taxa de crescimento relativo em número de folhas (Figura 1C), o aumento da salinidade na água de irrigação até o nível de CEA de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou o maior valor de TCR_{NF} ($0,048 \text{ dia}^{-1}$).

Ao comparar os níveis de CEA de $0,4$ e $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ observa-se que houve um incremento de $7,95\%$ no déficit de saturação hídrica foliar (Figura 1D) ao utilizar da condutividade elétrica da água de irrigação de $3,1 \text{ dS m}^{-1}$. O selênio até a concentração de 8 mg L^{-1} sob nível de CEA de $0,4 \text{ dS m}^{-1}$ proporcionou o menor valor de DSH ($18,44\%$), promovendo uma redução de $5,10\%$ em relação as plantas irrigadas com o mesmo nível de CEA e sem aplicações de selênio.

A salinidade na água de irrigação tende a comprometer o crescimento e a produtividade das plantas, seu efeito deletério está associado ao transporte de água na planta, em que, causa desequilíbrio nutricional e toxicidade a íons específicos (Granja et al., 2019). No entanto, o uso do selênio possui a capacidade de promover o crescimento das plantas e, aumenta a capacidade de regular o estado hídrico das plantas (Hartikainen, et al., 2000; Kuznetsov et al., 2003).

CONCLUSÃO

A condutividade elétrica elevada de $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ prejudicou a taxa de crescimento e o déficit hídrico de saturação das plantas de quiabeiro. A aplicação de selênio em concentrações de até 8 mg L^{-1} atenuaram os efeitos do estresse salino na taxa de crescimento relativo em altura de plantas e no déficit de saturação hídrica do quiabeiro.

AGRADECIMENTOS

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Amerian, M.; Palangi, A.; Gohari, G.; Ntatsi, G. Enhancing salinity tolerance in cucumber through Selenium biofortification and grafting. *BMC Plant Biology*, v. 24, 2024.
- Benincasa, M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- Elkhalifa A. E. O.; Alshammari E.; Adnan M.; Alcantara J. C.; Awadelkareem A. M.; Eltoum N. E.; Mehmood K.; Panda B. P.; Ashraf S. A. Okra (*Abelmoschus Esculentus*) as a Potential Dietary Medicine with Nutraceutical Importance for Sustainable Health Applications. *Molecules*, v. 26, 2021.
- Gorni, P. H.; Rodrigues, C.; Spera, K. D.; Correia, R. F. G. C.; Mendes, N. A. C.; Reis, A. R. Selenium fertilization enhances carotenoid and antioxidante metabolismo to scavenge ROS and increase yield of maize plants under drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 221, e109675, 2025.
- Granja, M. B.; Vitorino, P. J. P.; Oliveira, V. F. de S.; Rodrigues, M. H. B. S.; Diniz, G. L.; Andrade, F. H. A. de; Nobre, R. G. Variedades de feijão-fava submetidas à níveis de salinidade e adubação orgânica. *Colloquium Agrariae*, v. 15, p. 104-114, 2019.
- Hartikainen, H., Xue, T.; Piironen, V. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass. *Plant and soil*, v. 225, p. 193-200, 2000.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção de quiabo. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/quiabo/br>. Acessado em: 01 julho de 2024.
- Kuznetsov, V. V.; Kholodova, V. P.; Kuznetsov, V. V.; Yagodin, B. A. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. In *Doklady biological sciences*. New York: Consultants Bureau, v. 390, p. 1965-1992, 2003.
- Kwok, C. T.; Ng, Y. F.; Chan, H. T. L.; Chan, S. W. An Overview of the Current Scientific Evidence on the Biological Properties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench (Okra). *Foods*, v. 14, 2025.
- Lima, G. S de; Gheyi, H. R.; Nobre, R. G; Soares, L. A dos A.; Xavier, D. A; Santos Junior, J. A. Relações hídricas e trocas gasosas em mamona irrigada com água salina de distinta natureza catiônica. *African Journal of Agricultural Research*, v. 10, p. 1581-1594, 2015.
- Lima, G. S. de; Pinheiro, F. W. A.; Gheyi, H. R.; Soares, L. A. dos 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, p. 180-189, 2022.
- Rady, M. M.; Desoky, E. M.; Ahmed, S. M.; Majrashi, A.; Ali, E. F.; Arnaout, S. M.; Selem, E. Foliar Nourishment with Nano-Selenium Dioxide Promotes Physiology, Biochemistry, Antioxidant Defenses, and Salt Tolerance in *Phaseolus vulgaris*. *Plants*, v. 10, 1189p, 2021.
- Soares, L. A. dos A.; Silva, R. G. da; Lima, G. S. de; Sales, G. N. B.; Costa, F. B. da; Silva Neta, A. M. de S.; Moreira, R. C. L.; Gomes, J. P. Lactic preservation and physicochemical characterization of okra produced under water salinity and potassium fertilization. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, p. 2495-2508, 2020.