

## TROCAS GASOSAS DO QUIABEIRO IRRIGADOS COM ÁGUAS SALOBRAS E APLICAÇÃO DE SELÊNIO

ALLESSON RAMOS DE SOUZA<sup>1</sup>, LUCYELLY DÂMELA ARAÚJO BORBOREMA<sup>2</sup>, ROSANY DUARTE SALES<sup>3</sup>, PEDRO HENRIQUE DUARTE DURVAL<sup>4</sup> e THIAGO FILIPE DE LIMA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutorando em Eng. Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, allesson13@outlook.com;

<sup>2</sup>Doutoranda em Eng. Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, lucyellyd@gmail.com;

<sup>3</sup>Mestranda em Eng. Agrícola, PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, rdrosany@gmail.com;

<sup>4</sup>Graduando em Eng. Agrícola, UAEA/UFCG, Campina Grande-PB, pedro3durval3@gmail.com;

<sup>5</sup>Doutorando em Eng. 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:** Os efeitos negativos dos sais na água de irrigação afetam diretamente o crescimento, fisiologia e a produção de hortaliças no Brasil, principalmente na região do semiárido Nordeste. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito das concentrações de selênio sobre as trocas gasosas do quiabeiro irrigados com águas salobras. Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de salinidade na água de irrigação CEa – (0,4; 1,3; 2,2 e 3,1 dS m<sup>-1</sup>) e quatro concentrações de selênio – Se (0,0; 5,0; 10,0 e 15,0 mg L<sup>-1</sup>), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial de 4 × 4 com três repetições e uma planta por parcela. A salinidade acima de 0,4 dS m<sup>-1</sup> influencia negativamente as trocas gasosas do quiabeiro. O selênio na concentração de 11,0 mg L<sup>-1</sup> proporcionou os maiores valores para a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> do quiabeiro irrigados com águas salobras, aos 35 dias após a semeadura.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Abelmoschus esculentus* L.; biofortificação e estresse abiótico

### GAS EXCHANGE OF OKRA PLANTS IRRIGATED WITH BRACKISH WATER AND SELENIUM APPLICATION

**ABSTRACT:** The negative effects of salts in irrigation water directly affect the growth, physiology, and production of vegetables in Brazil, especially in the semiarid region of the Northeast. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of selenium concentrations on the gas exchange of okra irrigated with brackish water. The treatments consisted of four salinity concentrations in the irrigation water CEa – (0.4, 1.3, 2.2, and 3.1 dS m<sup>-1</sup>) and four selenium concentrations – Se (0.0, 5.0, 10.0, and 15.0 mg L<sup>-1</sup>), distributed in a randomized block design, in a 4 × 4 factorial scheme with three replicates and one plant per plot. Salinity above 0.4 dS m<sup>-1</sup> negatively influences the gas exchange of okra. Selenium at a concentration of 11.0 mg L<sup>-1</sup> provided the highest values for the CO<sub>2</sub> assimilation rate of okra irrigated with brackish water, 35 days after sowing.

**KEYWORDS:** *Abelmoschus esculentus* L.; biofortification and abiotic stress.

### INTRODUÇÃO

Devido ao processo de globalização e a crescente demanda populacional, percebe-se uma crescente demanda por busca de alimentos. No entanto, o estresse salino representa uma grande ameaça para o rendimento das culturas (FAROOQI et al., 2024; KANWAL et al., 2024). O estresse salino é comumente ocasionado pelo acúmulo de íons, que promovem uma redução no seu potencial osmótico. Tais condições impõem uma série de limitações na absorção de água pelas plantas, além de promover desequilíbrio iônico em função do acúmulo de íons tóxicos como Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> (XU et al., 2024).

Devido as restrições na qualidade de água, práticas que possam mitigar e/ou atenuar os efeitos impostos pela salinidade na planta, são de extrema importância (LU et al., 2025). A aplicação de selênio (Se) destaca-se pela sua atuação na resistência através do aumento da atividade enzima

antioxidante, através do aumento da GPX, que reduz o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) para água e hidroperóxidos lipídicos tóxicos para álcoois correspondentes, utilizando glutatona reduzida como doador de elétrons (SAEED et al., 2025).

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) é uma cultura que se destaca por ser de grande importância para a dieta humana, sendo fonte de carboidratos, proteínas, gorduras, minerais e vitamina B e C, ácido fólico, cálcio e fibras (FARIAS et al., 2019). Apesar das suas diversas características nutricionais, seu rendimento e produtividade são extremamente afetados pelo estresse osmótico e iônico induzidos pela salinidade (EGEDIGWE et al., 2024). A cultura do quiabo é classificada como sensível a salinidade, com um limiar de  $1,3 \text{ dS m}^{-1}$  (SOUSA et al., 2020).

Objetivou-se avaliar o efeito das concentrações de selênio sobre as trocas gasosas do quiabeiro irrigados com águas salobras.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, localizado na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Campina Grande – PB. As plantas foram conduzidas em vasos plásticos com capacidade de 20 L, adaptados com lisímetros de drenagem. Cada vaso foi perfurado na base para permitir o escoamento e equipado com dois drenos transparentes de 20 mm de diâmetro. Os tratamentos foram constituídos por quatro concentrações de salinidade na água de irrigação CEa – (0,4; 1,3; 2,2 e 3,1  $\text{dS m}^{-1}$ ) e quatro concentrações de selênio – Se (0,0; 5,0; 10,0 e 15,0  $\text{mg L}^{-1}$ ), distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial de  $4 \times 4$  com três repetições e uma planta por parcela.

Os níveis de condutividade elétrica foram estabelecidos e adequados de acordo com Soares et al. (2020) com o quiabeiro. Já concentrações de selênio foram estabelecidas a partir de estudo de Amerian et al. (2024) na cultura do pepino irrigado com águas salobras. A adubação com N (Ureia - 45% de N),  $P_2O_5$  (Monoamônio fosfato - 60% de  $P_2O_5$  e 12% de N) e  $K_2O$  (Cloreto de potássio - 51,5% de  $K_2O$  e 17% de S) foram iniciadas aos 12 dias após o transplante e realizada quinzenalmente por fertirrigação. Os micronutrientes foram fornecidos via foliar a cada 15 dias durante todo o ciclo, utilizando um pulverizador costal com uma solução contendo  $1,0 \text{ g L}^{-1}$  de Dripsol Micro Rexene®. A irrigação com água salina iniciou-se aos 22 DAS. Já a aplicação foliar das concentrações de selênio iniciaram-se aos 21 DAS, com um intervalo de 15 dias com um total de três aplicações.

As trocas gasosas foram avaliadas pela condutância estomática ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), transpiração ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), utilizando um equipamento portátil de medição de fotossíntese “LCPro+” da ADC Bio Scientific Ltda, com controle de temperatura a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , irradiação de  $1200 \mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e fluxo de ar de  $200 \text{ mL min}^{-1}$  e em nível de  $\text{CO}_2$  do ambiente, determinados através da curva de saturação de luz fotossintética, avaliadas na terceira folha, contada a partir do ápice. Os dados coletados foram submetidos a análises de normalidade (Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade de Levene. Nos casos em que houve significância, foi realizado o teste F ( $p \leq 0,05$ ) para os níveis de condutividade elétrica e das concentrações de selênio. Em caso de significância, foram realizadas análises de regressão linear e quadrática, utilizando o software estatístico R-Studio (V.4.1.0). Nos casos em que se verificou interação significativa entre os fatores analisados, as superfícies de resposta foram geradas por meio do software SigmaPlot (v.14.5).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação entre os fatores analisados (CEa  $\times$  Se) apenas para a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (Tabela 1). A salinidade influenciou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) a concentração interna de carbono, condutância estomática e transpiração de plantas de quiabeiro.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para a concentração intercelular de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ), taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), do quiabeiro irrigado com águas salobras e aplicação foliar de selênio, aos 35 dias após a semeadura (DAS).

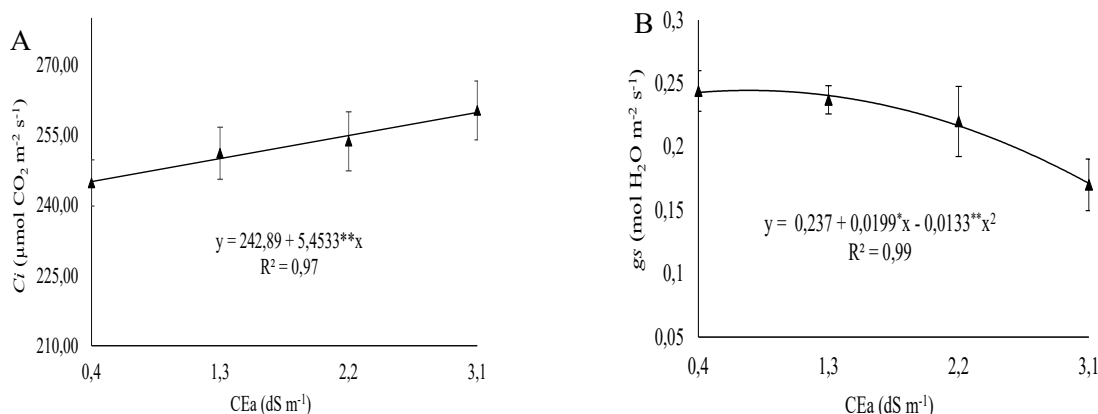
Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		<i>Ci</i>	<i>gs</i>	<i>E</i>	<i>A</i>
Condutividade elétrica (CEa)	1	2661,10**	1,11x10 <sup>-2**</sup>	0,33**	8,84***
Regressão linear	1	5462,79**	2,30x10 <sup>-2**</sup>	0,96*	27,70***
Regressão polinomial	1	2421,65**	3,93x10 <sup>-3**</sup>	0,036 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>
Selênio (Se)	3	493,85 <sup>ns</sup>	6,92x10 <sup>-4ns</sup>	0,078 <sup>ns</sup>	9,65***
Regressão linear	1	1445,09 <sup>ns</sup>	1,53x10 <sup>-3ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>
Regressão polinomial	1	0,18 <sup>ns</sup>	5,45x10 <sup>-4ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	18,11**
Interação (CEa × Se)	3	287,66 <sup>ns</sup>	1,03x10 <sup>-4ns</sup>	0,024 <sup>ns</sup>	3,79***
Bloco	2	3605,55 <sup>ns</sup>	5,04x10 <sup>-6ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	526,09	2,75x10 <sup>-3</sup>	0,054	0,51
CV (%)		9,09	13,89	10,22	4,55

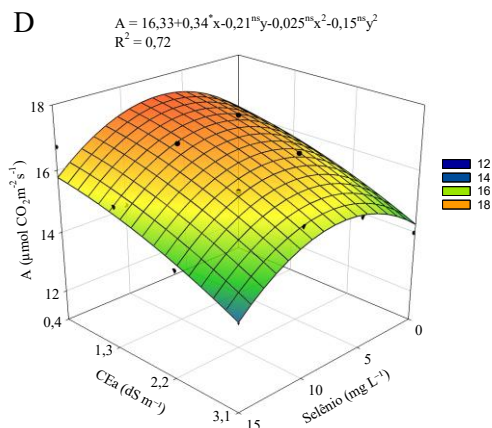
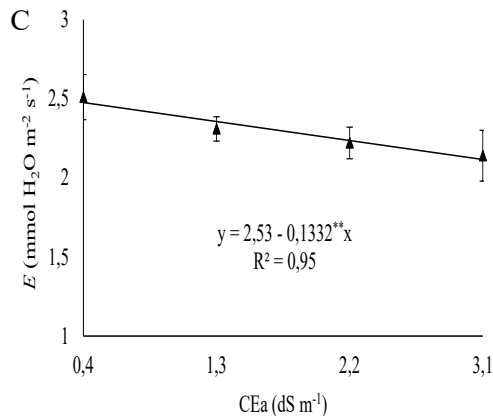
GL - Grau de liberdade; CV - Coeficiente de variação; \*, \*\*, \*\*\*, ns - Significativo a  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$ ,  $p \leq 0,001$  e não significativo, respectivamente.

A salinidade na água de irrigação de 3,1 dSm<sup>-1</sup> proporcionou um aumento de 6,10% para a concentração interna de carbono (Figura 1A), quando comparada com plantas irrigadas com CEa de 0,4 dS m<sup>-1</sup>. A condutância estomática (Figura 1B) foi afetada com o incremento na água de irrigação. A irrigação com CEa de 3,1 dS m<sup>-1</sup> proporcionou o menor valor estimado de 0,12 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> para a variável, o que representa uma redução de 51,05% (0,12 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>) em comparação com plantas de quiabeiro irrigadas com condutividade elétrica na água de irrigação de 0,4 dS m<sup>-1</sup> que apresentaram um maior valor de 0,24 mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>.

A transpiração (Figura 1C) de plantas de quiabeiro foram influenciadas negativamente pelo aumento nas concentrações de sais na água de irrigação. Observa-se uma redução de 5,26% por incremento unitário de CEa. Além disto, ao comparar em termos relativos, plantas irrigadas com o maior nível salino (3,1 dS m<sup>-1</sup>) com o menor (0,4 dS m<sup>-1</sup>), verifica-se uma diferença de 0,36 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> o que representa um decaimento de 14,52%. Essa diminuição da transpiração pode estar associada ao fechamento parcial dos estômatos (Figura 1B) ocasionado pelo incremento dos sais na água irrigação em plantas de quiabeiro.

Figura 1. Concentração intercelular de CO<sub>2</sub> – *Ci* (A), condutância estomática – *gs* (B), transpiração – *E* (C), taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> – *A* (D) das plantas de quiabeiro, em função da interação entre os níveis de condutividade elétrica na água de irrigação – CEa e das concentrações de selênio – Se aos 35 dias após o semeio.





X e Y - Concentração de selênio e Condutividade elétrica da água, respectivamente; \*, \*\* e ns Significativo a  $p \leq 0,05$ ,  $0,01$  e não significativo, mutualmente.

A salinidade influenciou negativamente a taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  (Figura 1D) de plantas de quiabeiro, constatando-se uma diferença de  $1,96 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ao comparar plantas irrigadas com CEa de  $0,4$  com as de  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$ . Por outro lado, constatou-se que concentrações de até  $11,0 \text{ mg L}^{-1}$  de selênio proporcionaram incrementos para a variável independentemente do nível de condutividade elétrica na água de irrigação. Plantas irrigadas com CEa de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$  associadas a aplicações foliares  $11,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Se, apresentaram o maior valor de  $16,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o que representa incrementos de  $4,71\%$  em comparação com as que não receberam o composto sobre as mesmas condições de irrigação. A utilização de águas com  $3,1 \text{ dS m}^{-1}$  associadas a pulverizações de  $15 \text{ mg L}^{-1}$  de selênio estabeleceram o valor mínimo de  $13,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , o que representa um decréscimo de  $3,05\%$  em relação as plantas sobre as mesmas condições de irrigação, porém sem a aplicação do SE.

## CONCLUSÃO

A salinidade da água a partir de  $0,4 \text{ dS m}^{-1}$  influencia negativamente as trocas gasosas do quiabeiro. O selênio na concentração de  $11,0 \text{ mg L}^{-1}$  proporciona aumento na taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  do quiabeiro irrigados com águas salobras.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa. Estendo meus agradecimentos ao Grupo de Pesquisa MASP e a todos os seus integrantes pelo suporte técnico, contribuições científicas e constante colaboração ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Amerian, M.; Palangi, A.; Gohari, G.; Ntatsi, G. Enhancing salinity tolerance in cucumber through Selenium biofortification and grafting. *BMC Plant Biology*, v. 24, p. 24, 2024.
- Egedigwe, U. O.; Udengwu, O. S.; Egedigwe-Ekeleme, C. A.; Ikegbunam, C. N.; Onaebi, C. N.; Osayi, E. E.; Ojua, E. O. Growth responses of *Abelmoschus Esculentus* (L.) moench under stresses of drought and meloidogyne incognita infection. *Pakistan Journal of Phytopathology*, v. 36, 2024.
- Farias, D. B. dos S.; Silva, P. S. O. da; Lucas, A. A. T.; Freitas, M. I. de; Santos, T. de J.; Fontes, P. T. N.; Júnior, L. F. G. de O. Physiological and productive parameters of the okra under irrigation levels. *Scientia Horticulturae*, v. 252, p. 1-6, 2019.
- Farooqi, Z. U. R.; Sabir, M.; Qadir, A. A.; Din, W. M, U; Zulfiqar, U. Assessment of the change in soil properties and aggregates formation of freshly restored texturally different marginally salt-affected

- soils under various soil amelioration strategies. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 55, p. 1714-1732, 2024.
- Kanwal, R.; Maqsood, M. F.; Shahbaz, M.; Naz, N.; Zulfiqar, U.; Ali, M. F.; Jamil, M.; Khalid, F.; Ali, Q.; Sabir, M. A.; Chaudharly, T.; Ali, H. M.; Alsakkaf, W. A. Exogenous ascorbic acid as a potent regulator of antioxidants, osmo-protectants, and lipid peroxidation in pea under salt stress. *BMC Plant Biology*, v. 24, p. 247, 2024.
- Lu, Y.; Li, H.; Lu, J.; Yao, T.; Fu, S.; Wang, Q.; Ye, L. Protective role of medium-concentration selenium nanoparticles against high salinity-induced oxidative stress in *Crassostrea hongkongensis* gills and hepatopancreas. *Marine Pollution Bulletin*, v. 215, p. 117912, 2025.
- Saeed, K.; Hussain, M. A.; Abdalla, M. A.; Mühling, K. H. Selenium increases the capacity of antioxidative defense and their accompanying metal cofactors in maize under sulfate salinity. *Plant Stress*, v. 16, p. 100816, 2025.
- Soares, L. A. dos A.; Silva, R. G. da; Lima, G. S. de; Sales, G. N. B.; Costa, F. B. da; Neta, A. M. de S. S.; Moreira, R. C. L. M; Gomes, J. P. Conservação láctica e caracterização físico-química do quiabo produzido sob salinidade da água e adubação potássica. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, p. 2495-2508, 2020.
- Sousa, G. G. de; Mendonça, A. de M.; Sales, J. R. da S.; Junior, F. B. da S.; Moraes, J. G. L.; Sousa, J. T. M. de. Morphophysiological characteristics of okra plants submitted to saline stress in soil with organic fertilizer. *Comunicata Scientiae*, v. 11, p. e3241-e3241, 2020.
- Xu, G.; Cheng, Y.; Wang, X.; Dai, Z.; Kang, Z.; Ye, Z.; Pan, Y.; Zhou, L.; Xie, D.; Sun, J. Identification of single nucleotide polymorphic loci and candidate genes for seed germination percentage in okra under salt and no-salt stresses by genome-wide association study. *Plants*, v. 13, p. 588, 2024.