

FLUORESCÊNCIA DO QUIABEIRO CULTIVADO SOB SOLUÇÕES NUTRITIVAS SALINAS E APLICAÇÃO FOLIAR DE QUITOSANA

ROSANY DUARTE SALES¹, GEOVANI SOARES DE LIMA², HANS RAJ GHEYI³, THIAGO FILIPE DE LIMA ARRUDA⁴ e KHEILA GOMES NUNES⁵

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

¹Mestranda, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, rdrosany@gmail.com;

²DSc. em Engenharia Agrícola, Prof. Adj. CCTA, UFCG, Pombal-PB, geovani.soares@professor.ufcg.edu.br;

³DSc. em Ciências Agrônomicas, Prof. Titular. CTRN, UFCG, Campina Grande-PB, hgheyi@gmail.com;

⁴Doutorando, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, thiago.filipe.la@gmail.com;

⁵Doutoranda, Eng. Agrícola PPGEA/UFCG, Campina Grande-PB, kheilagomesnunes@gmail.com

RESUMO: A salinidade da água de irrigação é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola em regiões semiáridas. O quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), embora adaptado ao clima tropical, pode ter seu desempenho comprometido sob estresse salino. Neste contexto, bioestimulantes como a quitosana vêm sendo utilizados para atenuar esses efeitos. Objetivou-se avaliar a aplicação foliar de quitosana – Q (0 e 0,25 g L⁻¹) na fluorescência da clorofila *a* em quiabeiro cultivado em sistema de hidroponia com substrato sob níveis de condutividade elétrica – CEs_n (2,1, 2,9, 3,7, 4,5 e 5,3 dS m⁻¹). O delineamento foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 × 2, com quatro repetições. Foram avaliados os parâmetros F₀, F_m, F_v e F_v/F_m. A salinidade reduziu significativamente os parâmetros de fluorescência, com destaque para os menores valores quando as plantas foram submetidas a CEs_n de 5,3 dS m⁻¹. À medida que se eleva a condutividade elétrica da solução nutritiva, observam-se efeitos deletérios na fluorescência da clorofila *a* do quiabeiro cv. Santa Cruz 47, especialmente sob 5,3 dS m⁻¹. A aplicação foliar de quitosana na dose de 0,25 g L⁻¹ atenua de forma parcial esses efeitos, promovendo melhores respostas fisiológicas nas plantas.

PALAVRAS-CHAVE: Bioestimulante, salinidade, *Abelmoschus esculentus* L. Moench.

FLUORESCENCE OF QUIABEIRO CULTIVATED UNDER SALINE NUTRIENT SOLUTIONS AND FOLIAR APPLICATION OF CHITOSAN

ABSTRACT: The salinity of irrigation water is one of the main factors limiting agricultural production in semi-arid regions. Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench), although adapted to the tropical climate, can have its performance compromised under saline stress. In this context, biostimulants such as chitosan have been used to mitigate these effects. The objective was to evaluate the foliar application of chitosan – Q (0 and 0.25 g L⁻¹) on chlorophyll *a* fluorescence in okra grown in a hydroponic system with substrate under electrical conductivity levels – CEs_n (2.1, 2.9, 3.7, 4.5, and 5.3 dS m⁻¹). The design was completely randomized, in a 5 × 2 factorial scheme, with four replicates. The parameters F₀, F_m, F_v, and F_v/F_m were evaluated. Salinity significantly reduced the fluorescence parameters, with lower values observed when the plants were subjected to CEs_n of 5.3 dS m⁻¹. As the electrical conductivity of the nutrient solution increases, deleterious effects are observed in the chlorophyll *a* fluorescence of okra cv. Santa Cruz 47, especially under 5.3 dS m⁻¹. Foliar application of chitosan at a dose of 0.25 g L⁻¹ partially mitigates these effects, promoting better physiological responses in plants.

KEYWORDS: Biostimulant, salinity, *Abelmoschus esculentus* L. Moench.

INTRODUÇÃO

O quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] é uma hortaliça da família Malvaceae, nativa da África Tropical (Barupal et al., 2022). A Índia lidera a produção mundial, com área estimada de 509 hectares, gerando 6.094,9 milhões de toneladas e produtividade de 12 milhões t ha⁻¹ (Moulana &

Bahadur, 2020). No Brasil, a produção aumentou cerca de 422% entre 2016 e 2019, evidenciando seu impacto social e econômico (Brasil, 2019).

O semiárido apresenta escassez de água de boa qualidade para irrigação, sendo comum a presença de sais (Lima et al., 2017). Apesar de incomum, o uso de misturas salinas pode aumentar a disponibilidade hídrica e reduzir a relação de adsorção de sódio e condutividade elétrica de águas diluídas (Santos et al., 2019; Carvalho et al., 2020).

Como os sais limitam o crescimento e produção, tornam-se necessárias técnicas para amenizar seus efeitos (Andrade et al., 2018). Uma delas é o uso da quitosana, um polímero de β -1,4-d-glucosamina (Malerba & Cerana, 2018), obtido pela desacetilação da quitina (Rolim et al., 2018), e mais comumente por hidrólise alcalina (Felipe et al., 2017).

A quitosana pode atuar como protetora de plantas sob estresse salino, sendo alternativa aos agentes químicos (Bressanin et al., 2018). Assim, objetivou-se analisar os efeitos da aplicação foliar de quitosana na fluorescência do quiabeiro cv. Santa Cruz 47 cultivado em sistema de hidroponia com substrato e solução nutritiva salina variada.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido de março a maio de 2025, em casa de vegetação da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, em Campina Grande-PB (7°15'18" S, 35°52'28" O, 550 m). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 5×2 , com cinco níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn (2,1; 2,9; 3,7; 4,5 e 5,3 dS m⁻¹) e duas concentrações de quitosana - Q (0 e 0,25 g L⁻¹), com quatro repetições.

Foram usados vasos de 10 L, adaptados como lisímetros, preenchidos com areia lavada tratada com peróxido de hidrogênio a 70%. A base de vaso recebeu manta geotêxtil e 3 cm de brita, com um dreno conectado a garrafa PET. A solução nutritiva foi de Hoagland e Arnon (1950), preparada com água local (CE de 0,4 dS m⁻¹). As soluções salinas foram preparadas mantendo proporção equivalente 7:2:1 de Na:Ca:Mg (Medeiros, 1992), adicionado níveis de sais calculados em base da relação entre CE e concentração de sais (Richards, 1954). A quitosana foi dissolvida em ácido acético 0,1 M (6 mL L⁻¹), no momento da aplicação.

Aos 33 dias após a germinação, foram realizadas análises de fluorescência da clorofila *a* (F_0 , F_m , F_v , F_v/F_m), conforme Genty et al. (1989), com fluorômetro PEA (Hansatech Instruments), sob luz, com pulso modulado. Os dados passaram pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, antes de submetidos à análise de variância (teste F, $p \leq 0,05$). Quando significativo, aplicou-se regressão (linear e polinomial quadrática), utilizando o software SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) da salinidade da solução nutritiva sobre todas as variáveis analisadas. As concentrações de quitosana, avaliadas isoladamente, influenciaram significativamente ($p \leq 0,01$) apenas a fluorescência inicial (F_0) (Tabela 1). No entanto, a interação entre a condutividade elétrica da solução nutritiva e as concentrações de quitosana (CEsn \times Q) apresentou efeito significativo ($p \leq 0,01$) sobre as variáveis fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m) e variável (F_v).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F_0), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v), eficiência quântica do fotossistema II na fase escura (F_v/F_m), do quiabeiro cv Santa Cruz 47 cultivado sob solução nutritiva salina (CEsn) e concentrações de quitosana (Q) em sistema de hidroponia com substrato, aos 33 dias após a germinação.

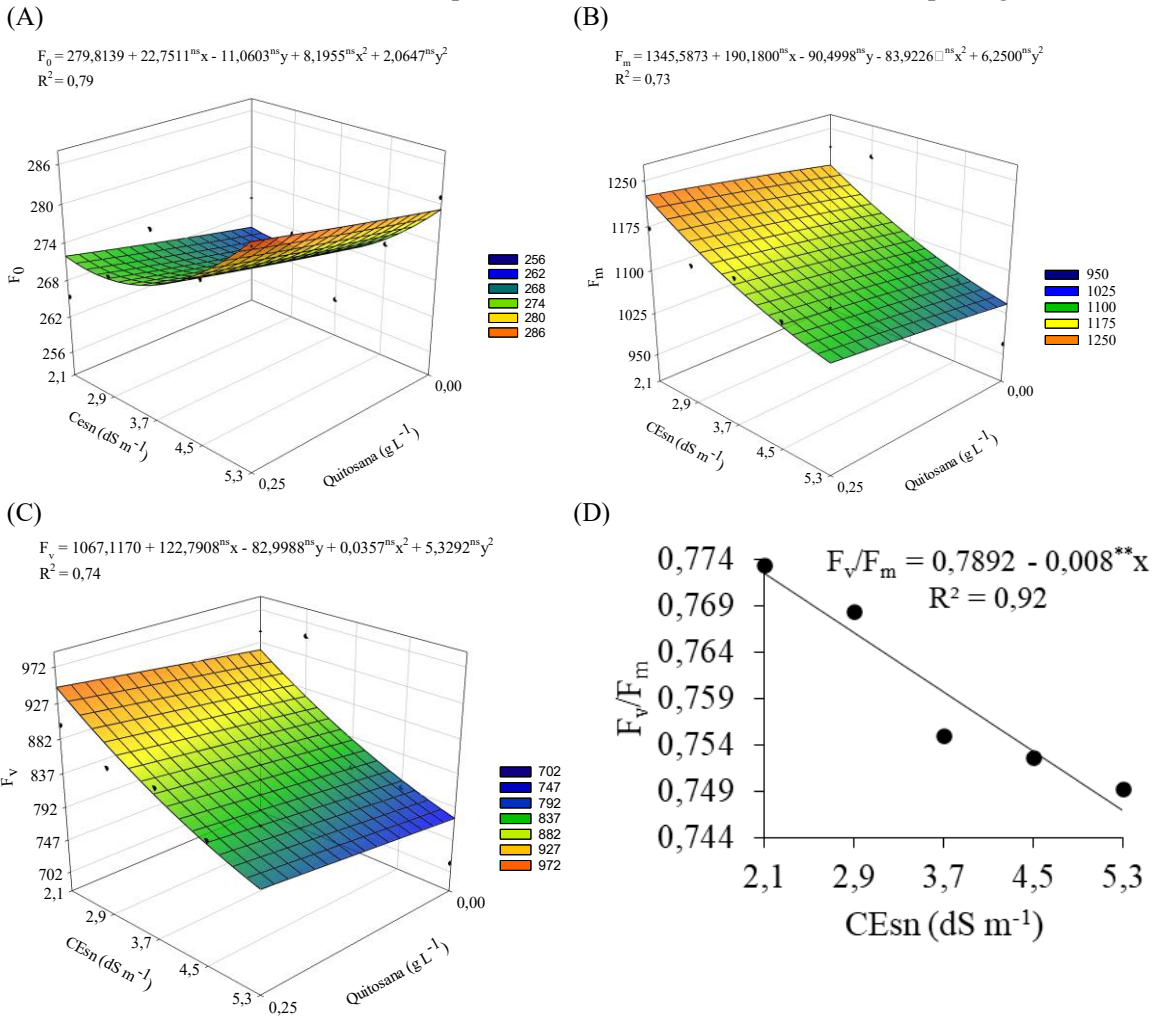
Fontes de variação	Quadrados médios				
	GL	F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Solução nutritiva salina (CEsn)	4	281,96**	27150,97**	26624,83**	0,0009**
Regressão linear	1	911,25**	100252,8**	97161,8**	0,003**
Regressão quadrática	1	195,57**	1792,0 ^{ns}	1302,89 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Quitosana (Q)	1	384,4**	17892,90 ^{ns}	9424,9 ^{ns}	0,0006 ^{ns}

Regressão linear	1	384,4**	17892,9 ^{ns}	9424,9 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Interação (CEsn x Q)	4	221,08**	25085,52**	19702,71**	0,0002 ^{ns}
Resíduo	30	14,96	4779,9	3477,26	0,0002
CV (%)		1,42	6,14	6,9	1,93

ns, * e ** não significativo, significativo a $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. CV: coeficiente de variação. GL: graus de liberdade

A condutividade elétrica da solução nutritiva (CEsn) de 5,3 dS m⁻¹, associada à aplicação foliar de 0,25 g L⁻¹ de quitosana, resultou no maior valor de fluorescência inicial (F₀), com média de 285,39. Em contrapartida, o menor valor foi observado na combinação da menor CEsn (2,1 dS m⁻¹) com ausência de quitosana (0,0 g L⁻¹), apresentando um valor médio de 265,90 (Figura 1A).

Figura 1. Fluorescência inicial - F₀ (A), fluorescência máxima - F_m (B) e fluorescência variável - F_v (C) em função da interação entre os níveis de CEsn e concentrações de quitosana; e eficiência quântica do fotossistema II na fase escura - F_v/F_m (D) em função dos níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva - CEsn do quiabeiro cv. Santa Cruz 47 aos 33 dias após a germinação.



^{ns}, e ^{**} respectivamente, não significativo e significativo em $p \leq 0,01$ pelo teste F. X e Y representam concentrações de quitosana e os níveis de condutividade elétrica da solução nutritiva – CEsn

Essa diferença representa um incremento de 6,29% na fluorescência inicial nas plantas cultivadas com quitosana sob maior salinidade. De acordo com Silva et al. (2022), o aumento na fluorescência inicial (F_0) indica possíveis danos aos centros de reação do fotossistema II (PSII), ou ainda uma redução na eficiência de transferência da energia excitada captada pelos pigmentos antena para o centro de reação do PSII.

À medida que a condutividade elétrica da solução nutritiva (CESn) aumentou de 2,1 para 5,3 dS m^{-1} , observou-se uma redução nos valores de fluorescência máxima (F_m) nas plantas do quiabeiro (Figura 1B). O maior valor médio (1.225,4) foi registrado na CESn de 2,1 dS m^{-1} , associada à aplicação foliar de quitosana na concentração de 0,25 g L^{-1} , enquanto o menor valor (1.041,5) foi observado sob CESn de 5,3 dS m^{-1} , sem aplicação de quitosana (0,0 g L^{-1}). A comparação entre os tratamentos indica uma redução de 3,45% na fluorescência máxima nas plantas submetidas ao maior nível salino da solução nutritiva, evidenciando os efeitos deletérios do estresse ocasionado pela salinidade sobre o aparato fotossintético.

O aumento da fluorescência máxima, por sua vez, pode ser interpretado como indicativo de mitigação dos danos causados pelo estresse, refletindo maior eficiência na transferência de energia para a formação de NADPH, ATP e ferredoxina reduzida. Tais moléculas são essenciais para a assimilação de CO_2 na fase bioquímica da fotossíntese (Dias et al., 2019). Dessa forma, à medida que o estresse salino se intensifica, a capacidade fotossintética das plantas tende a ser comprometida, reduzindo seu desempenho fisiológico e, conseqüentemente, seu potencial produtivo.

Para a fluorescência variável, observa-se um comportamento semelhante, com o maior valor (947,02) registrado na CESn de 2,1 dS m^{-1} associada à aplicação foliar de quitosana na concentração de 0,25 g L^{-1} . Em contrapartida, o menor valor (776,92) foi observado sob CESn de 5,3 dS m^{-1} , sem aplicação de quitosana (0,0 g L^{-1}) (Figura 1C). Ao comparar os extremos dos níveis salinos da solução nutritiva, verifica-se uma redução de 17,96% na fluorescência variável, evidenciando os efeitos deletérios do estresse salino mais severo sobre o desempenho fisiológico das plantas. Tais resultados pode indicar danos ao aparato fotossintético causados pelo estresse salino, comprometendo a integridade funcional do fotossistema II e resultando em prejuízos ao processo fotossintético (Silva et al., 2022).

A eficiência quântica do fotossistema II reduziu linearmente com o aumento nos níveis de salinidade da solução nutritiva, com decréscimo de 1,01% para cada unidade de incremento na CESn (Figura 1D). Em termos relativos, observou-se uma redução de 3,31% ao comparar as plantas cultivadas sob CESn de 5,3 dS m^{-1} com aquelas submetidas na menor CESn (2,1 dS m^{-1}). Segundo Silva et al. (2021), valores de F_v/F_m entre 0,75 e 0,85 são considerados normais em plantas não submetidas a estresse, indicando a integridade funcional do fotossistema II. Portanto, apesar do aumento da salinidade da solução nutritiva, não foi constatado dano ao aparato fotossintético das plantas do quiabeiro.

CONCLUSÃO

À medida que se eleva a condutividade elétrica da solução nutritiva, observam-se efeitos deletérios na fluorescência da clorofila *a* do quiabeiro cv. Santa Cruz 47, principalmente sob 5,3 dS m^{-1} .

A aplicação foliar de quitosana na concentração de 0,25 g L^{-1} atenua parcialmente esses efeitos, promovendo melhores respostas fisiológicas nas plantas.

REFERÊNCIAS

- Andrade, F. H. A.; Pereira, W. E.; Morais, R. R.; Silva, A. F. da; Neto, M. A. B. Effect of phosphorus application on substrate and use of saline water in sugar-apple seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, p. 190-199, 2018.
- Barupal, S.; Sharma, R.; Kumar, M.; Dilita, B. S.; Sarma, C. L.; Verma, R.; Singh, A. K. Seed priming: A effective method for enhancing seed quality and plant stand establishment in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). **The Pharma Innovation Journal**, v. 11, n. 2, p. 1359-1364, 2022.
- BRASIL. **Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos**. 2019. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/cadastro-nacional-produtoresorganicos>. Acessado em: 21 de julho de 2025.

- Bressanin, L. A.; Rabelo, V. M.; Magalhaes, P. C.; Carvalhais, M. C.; Gomes Junior, C. C.; Santos Filho, P. R.; Souza, K. R. D.; Souza, T. C. Morfofisiologia de dois híbridos de milho tratados com derivados de quitosana e submetidos ao estresse salino. In: XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2018, Lavras. **Resumos [...] XXXII Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, v. 32, p. 103. 2018.
- Carvalho, J. R. de; Setubal, J. W.; Sousa, R. L. de; Mota, P. R. D.; Alves, T. N.; Silva, V. B. da; Souza, I. da S. M. de; ASSIS, H.J. C. de. Okra cultivars under different pollinations and their effects on the physical and physiological quality of seeds. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 94728–94738, 2020.
- Dias, A. S. et al. Gas exchanges, quantum yield and photosynthetic pigments of West Indian cherry under salt stress and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, 32: 429-439, 2019.
- Felipe, L. O.; Rabelo, L. A.; Oliveira Júnior, E. N.; Santos, I. J. Quitosana: da química básica à bioengenharia. **Química e Sociedade**, v. 39, p. 312-320, 2017.
- Ferreira, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p. 529-535, 2019.
- Genty, B.; Briantais, J. M.; Baker, N. R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects**, v. 990, p. 87-92, 1989.
- Hoagland, D. R.; Arnon, D. I. **The water-culture method for growing plants without soil**. Circular. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, v. 347, p. 32, 1950.
- Lima, G. S.; Moreira, B. L.; Silva, A. G.; Diniz Neto, M. L.; Oliveira, D. S.; Cavalcante, A. P. Crescimento e produtividade de algodão de fibra colorida cultivado sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 6, p. 415-420, 2017.
- Malerba, M.; Cerana, R. Recent advances of chitosan applications in plants. **Polymers**, v. 10, p. 118-128, 2018.
- Medeiros, J. F. **Qualidade de água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo GAT nos Estados de RN, PB e CE**. 1992. 196p. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba - Campus II Campina Grande - Brasil, 1992.
- Moulana, S.; Bahadur, V. P. V. Effect of different levels of cycocel (CCC) on two different cultivars of okra under Prayagraj Agro climatic conditions (*Abelmoschus esculantus* L.). **IJCS**, v. 8, n. 4, p. 133-136, 2020.
- Richards, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 60, 1954. 160p.
- Rolim, A. E. H.; Carvalho, F. A.; Costa, R. C. C.; Rosa, F. P. Arcabouços de quitosana – Propriedades físico-químicas e biológicas para o reparo ósseo. **Revista Virtual de Química**, v. 10, p. 211-228, 2018.
- Santos, H. C.; Pereira, E. M.; Medeiros, R. L. S. de; Costa, P. M. de A.; Pereira, W. E. Production and quality of okra produced with mineral and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, p. 97-102, 2019.
- Silva, A. A. R. da; Veloso, L. L. de S. A.; Lima, G. S. de; Soares, L. A. dos A.; Chaves, L. H. G.; Silva, F. de A. da; Dias, M. dos S.; Fernandes, P. D. Induction of salt stress tolerance in cherry tomatoes under different salicylic acid application methods. **Semina Ciências Agrárias**, v. 43, p. 1145–1166, 2022.
- Silva, A. A. R.; Lima, G. S.; Azevedo, C. A. V.; Gheyi, H. R.; Souza, A. R.; Fernandes, P.D. Salicylic acid relieves the effect of saline stress on soursop morphology. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e007021, 2021.