

TROCAS GASOSAS DO FEIJOEIRO SOB ESTRESSE SALINO USO DE BIOFERTILIZANTES E INOCULADO COM *Trichoderma* spp.

José Marcelo da Silva Guilherme¹, Henderson Castelo Sousa², Geocleber Gomes de Sousa³, Thales Vinicius de Araújo Viana⁴, Francisco Gleyson da Silveira Alves⁵, Maria Vanessa Pires de Souza¹

RESUMO: Objetivou-se avaliar o uso de água salobra e biofertilizantes na fotossíntese e eficiência instantânea do uso da água da cultura do feijão-caupi em solo com e sem aplicação de *T. harzianum*. O experimento foi realizado em condições de campo entre os meses de outubro e dezembro de 2022, na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), em Redenção-CE. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcela subsubdivididas, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a duas condutividades elétricas da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m⁻¹), as subparcelas a dois biofertilizantes, bovino e aves, e as subsubparcelas foram constituídas pela aplicação ou ausência de *Trichoderma* spp. Aos 45 dias após a semeadura, foi realizada a análise fisiológica referente a taxa de assimilação de CO₂ (A, μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) e a eficiência instantânea do uso da água, a partir da relação entre fotossíntese e transpiração (EiUA, [μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]). A fotossíntese é afetada negativamente pelo estresse salino (4,0 dS m⁻¹), porém a inoculação com *Trichoderma* atenua os efeitos deletérios. A fertilização com biofertilizante de aves é recomendada sob condições de baixa salinidade, já em condições de elevada salinidade recomenda-se o biofertilizante bovino.

PALAVRAS-CHAVE: *Vigna unguiculata* L., salinidade; adubação orgânica, fotossíntese

¹ Eng. Agrônomo(a), Doutorando(a), Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE.

² Eng. Agrônomo, Doutorando, Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE. Fone (85) 99710-3883. E-mail: castelohenderson@gmail.com

³ Prof. Dr., Instituto de Desenvolvimento Rural – UNILAB, Redenção-CE

⁴ Prof. Dr., Depto. de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza-CE.

⁵ Pesquisador, Dr. Depto. Zootecnia, UFC, Fortaleza-CE.

GAS EXCHANGE IN COWPEA UNDER SALT STRESS WITH THE USE OF BIOFERTILIZERS AND INOCULATED WITH *Trichoderma* spp.

ABSTRACT: The objective was to evaluate the use of brackish water and biofertilizers on photosynthesis and instantaneous water use efficiency of the cowpea crop in soil with and without the application of *T. harzianum*. The experiment was carried out under field conditions between October and December 2022, at the Fazenda Experimental Piroás, belonging to the Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), in Redenção-CE. The experimental design adopted was a randomized block design with four replications. The plots corresponded to two electrical conductivities of the irrigation water (0.3 and 4.0 dS m⁻¹), the sub-plots to two biofertilizers, bovine and poultry, and the sub-sub-plots were made up of the application or absence of *Trichoderma* spp. At 45 days after sowing, physiological analysis was carried out on the CO₂ assimilation rate (A, μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) and instantaneous water use efficiency, based on the ratio between photosynthesis and transpiration (EiUA, [μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹]). Photosynthesis is negatively affected by salt stress (4.0 dS m⁻¹), but inoculation with *Trichoderma* attenuates the deleterious effects. Fertilization with poultry biofertilizer is recommended under low salinity conditions, while bovine biofertilizer is recommended under high salinity conditions.

KEYWORDS: *Vigna unguiculata* L., salinity, organic fertilization, photosynthesis

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna Unguiculata* (L.) Walp) é uma leguminosa originária do continente africano, apresentando grande importância socioeconômica, sendo uma fonte direta de emprego para as populações de baixa renda nas regiões Norte e Nordeste do Brasil (Rocha et al., 2019).

No entanto, as regiões semiáridas, como no caso do Nordeste brasileiro, são caracterizadas por baixas precipitações, sendo insuficientes para suprir a taxa de evapotranspiração potencial das plantas (Oliveira et al., 2023). Por esse fato, a irrigação constitui um papel fundamental no desenvolvimento da agricultura, em muitas situações, tornando-se, a única maneira de se garantir segurança para a produção agrícola, porém, em algumas situações é necessário utilizar águas salobras para possibilitar o cultivo nessas áreas (Sousa et al., 2024).

O excesso de sais na solução do solo reduz o potencial osmótico e hídrico, processos fisiológicos e absorção de íons, proporcionando redução no rendimento das plantas cultivadas (Zhang et al., 2022; Sousa et al., 2023). Cabe ressaltar que o feijão-caupi é considerado moderadamente tolerante à salinidade, com limiar de 3,3 dS m⁻¹ para a condutividade elétrica da água (Ayers, Westcot; 1985).

Alguns trabalhos têm sido desenvolvidos para aliviar os efeitos deletérios do estresse salino nas plantas. Uma estratégia que tem se mostrado eficiente é o uso da adubação por meio de biofertilizantes líquidos de origem animal (Sousa et al., 2024). Sousa et al. (2023) constataram aumento da eficiência do uso da água na cultura do amendoim sob estresse salino, quando utilizada a adubação com biofertilizante bovino, demonstrando efeito mitigador frente a salinidade da água.

Além disso, estudos recentes demonstram que o emprego de microrganismos também pode ser uma alternativa para atenuar o estresse salino (Oliveira et al., 2024). O fungo *Trichoderma harzianum* associado ao uso de adubos orgânicos pode favorecer maior translocação e solubilidade de nutrientes minerais e proporcionar melhorias no rendimento das culturas (Abdelmoaty al., 2022).

Neste sentido, objetivou-se avaliar o uso de água salobra e biofertilizantes na fotossíntese e eficiência instantânea do uso da água da cultura do feijão-caupi em solo com e sem aplicação de *T. harzianum*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo entre os meses de outubro e dezembro de 2022, na Fazenda Experimental Piroás, pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), realizada no município de Redenção, Ceará. O clima da região é do tipo BSh' com temperaturas muito quentes e chuvas predominantes nas estações do verão e do outono (Alvares et al., 2013).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcela subdivididas, com quatro repetições. As parcelas corresponderam a duas condutividades elétricas da água de irrigação (CEa: 0,3 e 4,0 dS m⁻¹), as subparcelas a dois biofertilizantes, (bovino e aves), e as subsubparcelas foram constituídas pela aplicação ou ausência de *Trichoderma* spp.

Foi utilizada variedade crioula de feijão-caupi comumente utilizada por agricultores da região, semeadas manualmente com quatro sementes por cova, utilizando-se o espaçamento de $1,0 \times 0,3$ m entre linhas e entre plantas, respectivamente.

A água de abastecimento (tratamento controle - $0,8 \text{ dS m}^{-1}$) foi armazenada em caixas d'água de 500 L e utilizada no preparo da solução salina de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$. Preparada a partir da dissolução com cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e cloreto de magnésio ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) mantendo proporção equivalente de 7:2:1 (Medeiros, 1992), seguindo a relação entre CEa e sua concentração molar ($\text{mmolc L}^{-1} = \text{CEa} \times 10$).

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi por gotejamento, com espaçamento de 0,3 m entre emissores, correspondendo a um emissor por planta. Foram utilizados emissores de vazão correspondente a 4 L h^{-1} . Realizou-se testes de uniformidade, obtendo-se um coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) de aproximadamente 93%. O manejo da irrigação foi estimado diariamente pela evapotranspiração de referência, usando dados de um tanque evaporimétrico Classe A, e aplicando-se uma fração de lixiviação de 10%.

O manejo da adubação foi realizado com base na análise química do solo utilizando-se das fontes orgânicas (esterco em fundação) e biofertilizantes bovino e de aves aplicados em cobertura seguindo a recomendação de Melo et al. (2017) para o feijão irrigado, correspondendo à 30 kg ha^{-1} de N, 60 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 30 kg ha^{-1} de K_2O .

Aos 45 dias após a semeadura (DAS), foi realizada a análise fisiológica referente a taxa de assimilação de CO_2 (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) com auxílio de um analisador de gás infravermelho IRGA (LI-6400XT, LICOR, Lincoln, EUA), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min^{-1} . Ainda foi avaliada a eficiência instantânea do uso da água, a partir da relação entre fotossíntese e transpiração ($E_i\text{UA}$, $[\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1} (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}]$). As medições foram realizadas entre 09:00 e 11:00 horas.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov- Smirnov ao nível de 0,05 de probabilidade. Após verificação da normalidade os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Em casos de significância foram submetidos a teste de média pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando-se o programa Assistat® 7.7 Beta (Silva & Azevedo, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotossíntese do feijoeiro foi superior sob inoculação com *Trichoderma* independentemente do nível salino (0,8 e 4,0 dS m⁻¹) correspondendo a 16,33 e 13,48 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ respectivamente, contudo com diferença estatística somente sob o maior nível salino em relação ao tratamento não inoculado (Figura 1).

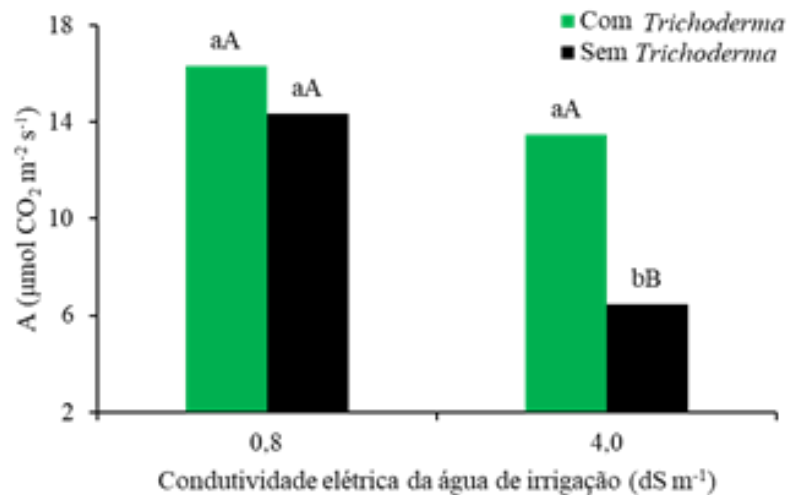


Figura 1. Taxa de assimilação de CO₂ do feijoeiro sob condutividades elétricas da água de irrigação com e sem inoculação com *Trichoderma* spp. Letras minúsculas comparam diferentes inoculações sob mesma CEa, e maiúsculas comparam mesma inoculação em diferentes CEas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A inoculação possivelmente auxiliou diretamente na regulação hídrica sob condições baixa e/ou alta salinidade, auxiliando diretamente as trocas gasosa (Guzmán et al, 2018; Oliveira et al., 2024). Na cultura do amendoineiro, Oliveira et al. (2024) observaram efeito benéfico da inoculação com *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis*, na fotossíntese em relação ao tratamento controle (sem inoculação).

De acordo com a Figura 2 a eficiência instantânea do uso da água em condições de menor salinidade (0,8 dS m⁻¹) foi superior estatisticamente a partir do uso do biofertilizante de aves. Já sob salinidade elevada (4,0 dS m⁻¹) não se observou diferença significativa (Figura 2).

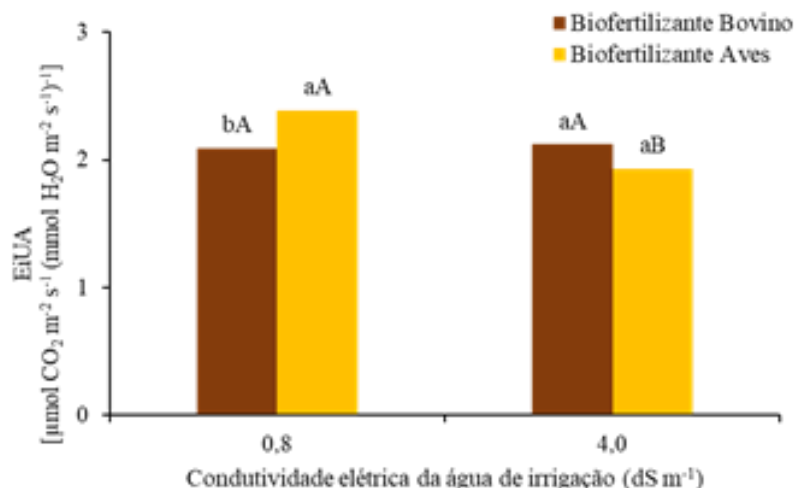


Figura 2. Eficiência instantânea do uso da água do feijoeiro sob condutividades elétricas da água de irrigação e diferentes biofertilizantes. Letras minúsculas comparam diferentes biofertilizantes sob mesma CEa, e maiúsculas comparam mesmo biofertilizante em diferentes CEa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

O processo de fertilização possivelmente proporcionou melhor distribuição de nutrientes essenciais para fotossíntese como N e Mg e consequente maior absorção pelas raízes, auxiliando na manutenção de uma maior eficiência do uso da água (Sousa et al. 2021). Já Oliveira et al. (2024) reportam aumento da EUA sob adubação orgânica (biofertilizante bovino) no cultivo do amendoim, em relação a ausência de adubação.

CONCLUSÕES

A fotossíntese é afetada negativamente pelo estresse salino (4,0 dS m⁻¹), porém a inoculação com *Trichoderma* atenua os efeitos deletérios. A fertilização com biofertilizante de aves é recomendada sob condições de baixa salinidade, já em condições de elevada salinidade recomenda-se o biofertilizante bovino.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 6, pág. 711-728, 2013.

Abdelmoaty, S. et al. Influence of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus thuringiensis* with reducing rates of NPK on growth, physiology, and fruit quality of *Citrus aurantifolia*. **Brazilian Journal of Biology**, v.82, e261032, 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.261032>

Ayers, R. S.; Westcot, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GheyI, H. R.; Medeiros, J. F.; Damasceno, F. A. V. Campina Grande, PB: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).

Guzmán, P. G.; Troncoso, M. D. P.; Monfil, V. O.; Estrella, A. H. *Trichoderma* species: versatile plant symbionts. **Phytopathology**, v.109, n.1, 2019. ISSN 0031-949X.

Melo, F. B.; Cardoso, M. J. **Feijão. Cultivo de feijão caupi: solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 9p.

Oliveira, G. S.; Viana, T. V. de A.; Sousa, G. G.; Santos, S. O.; Costa, F. H. R.; Silva, A. G.; Pereira, A. P. de A.; Lopes, F. B.; Goes, G. F.; Leite, K. N. Phosphate fertilization, biofertilizer and *Bacillus* sp. in peanut cultivation under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.28, n.4, e279003, 2024. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v28n4e279003>

Oliveira, P. R. H.; Lopes, W. A. R.; Silveira, F. P. M.; Santos, M. G.; Santos, G. L.; Silva, S. F.; Júnior, A. P. B. Agronomic performance of cowpea cultivars inoculated with rhizobia in the Brazilian semiarid region. **Revista Caatinga**, v.36, p.785-793, 2023.

Organomineral fertilization and salt stress on the agronomic performance of peanut crop. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.19, e3478, 2024.

Rocha, D. F.; Oliveira, G. M.; Almeida, L. R. C.; Pereira, A. V. A.; Santos, G. V. S. Desempenho do feijão-caupi a densidades de plantas na região Norte da Bahia. **Agropecuária Técnica**, v.40, p.48-54, 2019.

Silva, F. A. S.; Azevedo, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Africal Journal of Agriculture Research**, 11: 3733 - 3740, 2016.

Sousa, G. G.; Silva, E. B.; Sousa, J. T. M.; Viana, T. V. A.; Lima, J. M. P.; Sales, J. R. R.

Sousa, J. T. M.; Sousa, G. G.; Silva, E. B.; Viana, T. V. A.; Freire, M. H. C.; Simplício, A. Á. F. Desempenho agrônômico de genótipos de amendoim sob estresse salino e diferentes formas de adubação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.16, p.1-17, 2023.

Sousa, J. T.; Sousa, G. G.; Silva, E. B.; Silva Junior, F. B.; Viana, T. V. de A.

Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of organo-mineral fertilizers. **Revista Caatinga**, v.34, n.3, p.682-691, 2021.

Zhang, Y.; Yuan, W.; Han, L. Residue mulching alleviates coastal salt accumulation and stimulates post-fallow crop biomass under a fallow–maize (*Zea mays* L.) rotation system. **Agriculture**, v.14, e509, 2022.