

1 **MORFOFISIOLOGIA DO GERGELIM IRRIGADO COM ÁGUA SALOBRA SOB**
2 **FORMAS DE ADUBAÇÃO EM SOLO COM *Trichoderma* spp.**

3
4 JULIANO GOMES¹, GEOCLEBER GOMES DE SOUSA²
5

6 **RESUMO:** O estresse salino associado a um manejo inadequado da adubação pode comprometer
7 o desempenho agrônômico da cultura do gergelim. Sendo assim, objetivou-se avaliar o
8 crescimento e trocas gasosas do gergelim sob formas de adubação e estresse salino em solo com e
9 sem *Trichoderma*. O experimento foi realizado em campo, na área experimental da Universidade
10 da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Liberdade, Redenção-CE. O
11 trabalho foi conduzido seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema
12 fatorial 4 × 2 × 2, com quatro repetições. Sendo eles, quatro formas de adubação, AM = adubação
13 mineral, AO = adubação orgânica, AOM = adubação organomineral e CONT= controle (sem
14 adubação); duas condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: 0,8 e 3,0 dS m⁻¹); e solo com e
15 sem *Trichoderma* spp. Foram avaliadas a altura das plantas, diâmetro de caule, número de folhas,
16 comprimento da raiz, área foliar, taxa fotossintética, temperatura da folha, taxa de transpiração,
17 condutância estomática e a eficiência do uso da água. O estresse salino afetou negativamente
18 parâmetros de crescimento, altura de planta, número de folhas e área foliar e nas trocas gasosas a
19 fotossíntese do gergelim. O uso do *Trichoderma* spp. aplicados via solo favoreceu maior
20 desempenho em número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e eficiência do uso da água. A
21 adubação mineral associada ao uso de água de menor salinidade foi mais eficiente para altura de
22 plantas e área foliar.

23 **Palavras-chave:** *Sesamum indicum* L.; estresse salino; biofertilizante; nutrição mineral
24

25 **MORPHOPHYSIOLOGY OF SESAME IRRIGATED WITH BRACKISH WATER**
26 **UNDER ORGANOMINERAL FERTILIZATION IN SOIL WITH *Trichoderma* spp.**
27

28 **ABSTRACT:** Salt stress associated with inadequate fertilizer management can compromise the
29 agronomic performance of the sesame crop. The objective was to evaluate the growth and gas
30 exchange of sesame under forms of fertilization and saline stress in soil with and without
31 *Trichoderma*. The experiment was carried out in the field conditions, in the experimental area of

¹ Graduando em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural; Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira; e-mail: julianog@aluno.unilab.edu.br.

² Doutor em Engenharia Agrícola; Professor da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira; e-mail: sousagg@unilab.edu.br.

the Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará. The work was carried out using a randomized block design, in a $4 \times 2 \times 2$ factorial scheme, with four replications. Corresponding to four forms of fertilization, MF = mineral fertilization, OF = organic fertilization, OMF = organomineral fertilization and CONT= control (no fertilization); two electrical conductivities of the irrigation water (ECw: 0.8 and 3.0 dS m⁻¹); and soil with and without *Trichoderma* spp. Plant height, stem diameter, number of leaves, root length, leaf area, photosynthetic rate, leaf temperature, transpiration rate, stomatal conductance and water use efficiency were assessed. Salt stress negatively affected plant growth parameters, including plant height, leaf number, and leaf area, as well as gas exchange processes, particularly photosynthesis, in sesame. The use of *Trichoderma* spp. applied via soil favored greater performance in leaf number, stem diameter, leaf area and water use efficiency. Mineral fertilization associated with the use of lower salinity water was more efficient for plant height and leaf area.

Keywords: *Sesamum indicum* L.; salt stress; biofertilizer; mineral nutrition

INTRODUÇÃO

O Gergelim (*Sesamum indicum* L.), é uma das mais antigas plantas oleaginosas usada pela humanidade. Pertence à família Pedaliácea, tendo como o centro de origem o continente africano, onde ocorre maior presença de espécies silvestres do gênero *Sesamum*, entretanto, a maior riqueza de formas e variedades das espécies cultivadas é encontrada na Ásia (Arriel et al., 2007).

É uma cultura de alto valor agregado, com sementes apresentando em média 50% de óleo de alta qualidade nutricional, sendo utilizadas para diversos fins como alimentação, e matéria prima em indústrias, razão pela qual o mercado de sementes de gergelim tem crescido exponencialmente, 15% ao ano (Beltrão et al., 1994; Arriel et al., 2009b). Fato que tem despertado atenção, incentivando deste modo o seu cultivo.

No Brasil, o cultivo do gergelim é tradicionalmente realizado nos estados do Nordeste, contudo devido a características intrínsecas da região, como pluviosidade irregular e altas taxas evapotranspiratórias a produção é significativamente reduzida. Nesse contexto, a utilização da irrigação para suprir as necessidades hídricas da cultura torna-se essencial, porém, um desafio significativo enfrentado na região é a presença de sais na água utilizada para a irrigação, tornando-a salobra (Arriel et al., 2023; Sousa et al., 2022).

A irrigação com água salobra pode levar à absorção de íons prejudiciais, pelo fluxo de transpiração, resultando em danos às folhas e impactando negativamente a produção agrícola. O aumento na concentração de sais na água de irrigação pode afetar as funções fisiológicas e bioquímicas da planta, incluindo o fechamento dos estômatos, reduzindo a disponibilidade de CO₂ e a concentração de pigmentos essenciais, como clorofila e carotenoides, além de resultar em distúrbios na absorção e assimilação de nutrientes (SOUSA et al., 2018a).

Estudos recentes têm descrito efeitos benéficos de fertilizantes minerais ou orgânicos associados a inoculação com microrganismos em plantas cultivadas em ambientes salinos (Santos et al., 2024). Santos et al. (2024) observaram que a fertilização organomineral (50% mineral e 50% orgânica com biofertilizante bovino) foi mais eficiente para a produtividade da cultura da soja sob estresse salino, na presença de *Bacillus* sp.

Apesar das pesquisas já evidenciarem resultados positivos, ainda é complexa a interação entre nutrição de plantas e estresse salino, resultando na busca de novas alternativas viáveis e sustentáveis para disponibilização eficiente dos nutrientes para as plantas. Neste quesito, o uso de *Trichoderma* spp. pode atuar tanto na solubilização e disponibilização de nutrientes como na indução do crescimento das plantas além de contribuir para diminuição do uso de adubos químicos (Bettiol et al., 2019).

Diante do exposto o objetivo do presente estudo foi avaliar o crescimento e trocas gasosas do gergelim sob formas de adubação e estresse salino em solo com e sem *Trichoderma*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condições de campo em área experimental pertencente à Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), no Campus da Liberdade, Redenção, Ceará, situado a uma latitude de 04° 13' 33" S, longitude de 38° 43' 50" W, com altitude média de 88 m. Segundo dados de Koppen, (1923) o clima da região é do tipo Aw', sendo caracterizado como tropical chuvoso, muito quente, típico das regiões semiáridas, com chuvas predominantes nas estações do verão e outono. A região apresenta precipitação média anual de 1.086 mm, temperatura média do ar de 26°C e a umidade relativa média do ar de 71,26% (FUNCEME, 2017).

O solo da área foi classificado como Argissolo vermelho-amarelo, de textura arenosa, conforme metodologia de Santos et al. (2018). Antes da instalação do experimento, realizou-se o

preparo do solo, através da passagem de uma enxada rotativa. Ainda, foi realizada coleta de amostra composta do solo para análise no laboratório das características químicas (Tabela 1) conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

Tabela 1. Características químicas do solo antes da aplicação dos tratamentos.

M.O ¹	N	pH ²	P*	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB ³	CTC	V ⁴
-----g kg ⁻¹ -----		(H ₂ O)	mg kg ⁻¹				cmol _c dm ⁻³				%
4,76	0,28	6,5	1	1,9	1,9	0,16	1,65	0,05	3,96	5,61	70,6

¹Matéria orgânica; *Extrator Mehlich⁻¹; ²potencial hidrogeniônico; ³Soma de bases; ⁴Saturação por bases;

O trabalho foi conduzido seguindo o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4 × 2 × 2, com quatro repetições. Correspondendo a quatro formas de adubação, AM = adubação mineral, AO = adubação orgânica, AOM = adubação organomineral e CONT= controle (sem adubação); duas condutividade elétrica da água de irrigação (CEa: 0,8 e 3,0 dS m⁻¹); e solo com e sem *Trichoderma* spp.

As adubações foram feitas de forma parcelada, sendo baseadas de acordo com a análise do solo (Tabela 1) e na exigência nutricional da cultura, conforme Beltrão et al. (2001), correspondendo a 125 kg ha⁻¹ de N, 35 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 150 kg ha⁻¹ de K₂O. No tratamento de 100% de adubação mineral foram utilizados ureia (45% N), superfosfato triplo (46% de P₂O₅) e cloreto de potássio (60% de K₂O) respectivamente. Para a adubação orgânica (100%) utilizou-se o (biofertilizante de aves), mantido em fermentação aeróbica por 30 dias. Já a adubação organomineral foi composta por 50% na forma mineral (ureia, superfosfato triplo e cloreto de potássio) e 50% orgânica (biofertilizante de aves). O tratamento controle foi mantido totalmente sem adubação.

Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Seda[®] de ciclo precoce (média de 90 dias), com início da floração aos 30 DAS em espaçamento de 0,2 m entre plantas. A cultivar possui hábito de crescimento ramificado, cápsulas deiscentes, sementes de coloração branca e teor de óleo variando entre 50 e 52% (Arriel et al. 2009a).

A solução salobra foi preparada a partir da água de abastecimento (0,8 dS m⁻¹), armazenada em caixas d'água de 500 L, usando os sais cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O), e cloreto de magnésio (MgCl₂.6H₂O), cujas quantidades utilizadas foram determinadas de forma

a se obter a CEa desejada (0,8 e 3,0 dS m⁻¹) na proporção 7:2:1 dos sais respectivamente, obedecendo a relação entre a concentração da água e a sua condutividade elétrica (mmol_c L⁻¹ = CE × 10) (Rhoades, Kandiah e Mashali, 2000).

O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento com espaçamento de 0,2 m entre gotejadores. A vazão dos emissores autocompensantes utilizados foi de 4,0 L h⁻¹. A lâmina de irrigação foi definida com base nos valores de evapotranspiração de referência (ET_o) estimadas através do tanque Classe A. A evapotranspiração da cultura foi calculada a partir da Equação 1:

$$ET_c = ECA \times K_p \times K_c \quad (1)$$

Em que:

ET_c - Evapotranspiração da cultura no período (mm);

ECA - evaporação no tanque classe A (mm);

K_p - coeficiente do tanque;

K_c - coeficiente de cultivo de acordo com o estágio fenológico da cultura

Os coeficientes da cultura (K_c) adotados foram recomendados por Amaral e Silva (2008): 0,6 (até aos 45 DAS) e 0,8 (45 a 51 DAS). Foi realizado turno de rega diário, com uma fração de lixiviação de 15% adicionada semanalmente à lâmina de irrigação aplicada (AYERS; WESTCOT, 1999). O tempo de irrigação foi obtido através da Equação 2:

$$T_i = \frac{ET_c \times E_p}{E_a \times q} \times 60 \quad (2)$$

Em que:

T_i - Tempo de irrigação (min);

ET_c - Evapotranspiração da cultura no período (mm);

E_p - espaçamento entre gotejadores;

E_a - Eficiência de aplicação (0,92);

q - vazão (L h⁻¹).

A inoculação ocorreu com o produto comercial Trichodermil[®] (*Trichoderma harzianum* Rifai, Cepa ESALQ-1306) com 2,0 × 10⁹ conídios viáveis/ml, formulado suspensão concentrada, sendo a solução bacteriana com dosagem de 4,5 L aplicado via solo imediatamente no plantio.

Aos 45 dias após a semeadura (DAS), foram analisadas as seguintes variáveis de crescimento: altura da planta (AP, cm) medida da base ao ápice do meristema apical com uma régua; diâmetro de caule (DC, mm), com auxílio de paquímetro digital a dois centímetros do solo, número de folhas (NF) através da contagem direta de folhas totalmente expandidas de cada planta; comprimento da raiz (CR, cm) medida com auxílio de régua; área foliar (AF, cm²) estimada através da relação entre dimensões de largura (L) e comprimento (C) da folha utilizando-se de um fator de correção (f) de 0,7 Silva et al. (2002).

Já 50 DAS, foram avaliadas as seguintes variáveis fisiológicas: taxa fotossintética (A), temperatura da folha (TF), taxa de transpiração (E), condutância estomática (gs), e a eficiência do uso da água. As medições foram realizadas utilizando-se um analisador de gás no infravermelho (LCi System, ADC, Hoddesdon, UK), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹. As leituras foram realizadas entre 9h e 10h, utilizando-se fonte de radiação artificial (1.200 µmol m⁻² s⁻¹).

Após coletados, os dados foram submetidos à análise variância (ANOVA), pelo teste F e, quando significativos, foi aplicado o Teste de Tukey a 1 e 5% de significância por meio do programa computacional ASSISTAT 7.7 Beta (Silva e Azevedo, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme resumo da análise de variância (Tabela 2), o fator água de forma isolada influenciou o número de folhas e área foliar ($p \leq 0,05$). Já o uso de *Trichoderma* spp. influenciou a altura de planta, diâmetro do caule e número de folhas ($p \leq 0,05$). E o efeito isolado das formas de adubação, foi significativo apenas para o comprimento de raiz ($p \leq 0,05$). Já a interação entre os fatores água e *Trichoderma* spp. influenciou significativamente altura de planta ($p \leq 0,05$). A interação entre água e formas de adubação influenciou significativamente altura de planta ($p \leq 0,05$). Ao passo que, a interação entre *Trichoderma* spp. e formas de adubação tiveram efeito significativo na área foliar. E a interação entre os três fatores estudados não foi significativo para nenhuma variável analisada.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para a altura da planta (AP), diâmetro caulinar (DC), número de folhas (NF), comprimento de raiz (CR) e área foliar (AF) em plantas de gergelim em função de diferentes formas de adubação, uso de *Trichoderma* spp. e salinidade da água de irrigação.

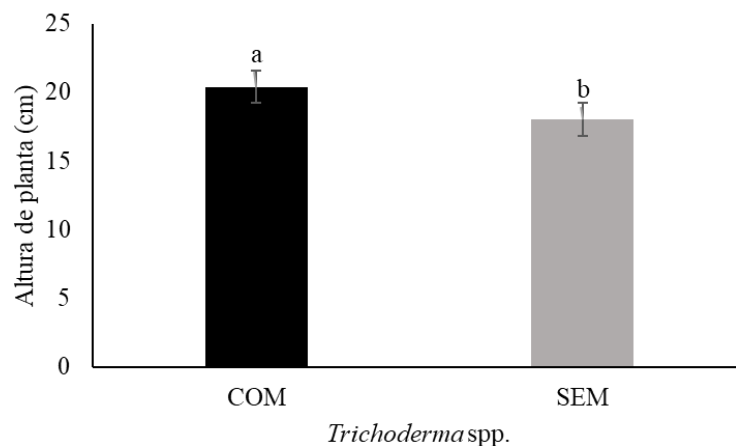
QUADRADO MÉDIO

FV	GL	AP	DC	NF	CR	AF
Água (CEa)	1	21,62 ^{ns}	2,86 ^{ns}	43,89**	6,43 ^{ns}	1483,59*
<i>Trichoderma</i> (T)	1	89,77**	4,02*	13,14*	0,83 ^{ns}	52,87 ^{ns}
F. de adubação (FA)	3	21,19 ^{ns}	1,63 ^{ns}	3,01 ^{ns}	6,88*	130,81 ^{ns}
CEa × T	1	75,25*	0,03 ^{ns}	0,39 ^{ns}	3,95 ^{ns}	281,71 ^{ns}
CEa × FA	3	36,79*	1,55 ^{ns}	1,51 ^{ns}	5,62 ^{ns}	320,27 ^{ns}
T × FA	3	20,43 ^{ns}	1,65 ^{ns}	3,59 ^{ns}	3,72 ^{ns}	814,61*
CEa × T × FA	3	18,20 ^{ns}	0,43 ^{ns}	4,26 ^{ns}	5,27 ^{ns}	272,98 ^{ns}
Tratamentos	15	31,77**	1,51 ^{ns}	6,30 ^{ns}	5,04**	428,94*
Resíduo	45	10,73	0,75	2,72	2,02	216,64
Total	63					
CV (%)		17,06	17,95	15,65	15,38	18,02

FV= Fonte de variação; GL = Grau de liberdade; CV= Coeficiente de variação; (**), significativo a nível de 1% pelo teste F, (*) Significativo a 5% pelo teste F e ns = não significativo.

A altura das plantas de gergelim foi afetada significativamente pelo uso de *Trichoderma* spp., (Figura 1), onde os tratamentos sob inoculação apresentaram melhores resultados, diferindo estatisticamente com os solos sem *Trichoderma* spp. O incremento da altura com o uso de *Trichoderma* spp. possivelmente está associado ao efeito positivo deste fungo nas plantas através da produção de fitormônios como ácido indol acético (AIA), giberelina e auxina que induzem alongação celular nas plantas e a solubilização dos nutrientes disponibilizadas para as plantas (Machado et al., 2012; Chagas et al., 2017, Jacques et al., 2021).

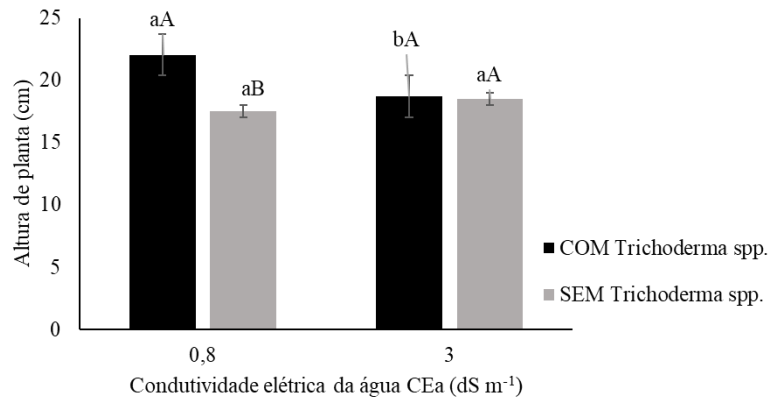
Figura 1. Altura de plantas de gergelim em solo com e sem *Trichoderma* spp. Letras minúsculas comparam as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão (n = 4).



De forma similar, Hegazy et al. (2019) também observaram o incremento na altura das plantas com o uso de *Trichoderma* spp. na cultura do gergelim. Ainda, Herek e Pereira (2022), ao analisarem plantas de soja sob inoculação com *Trichoderma* spp., constaram melhor desenvolvimento nas plantas tratadas em relação a testemunha. Jacques et al. (2021) estudando isolados nativos de *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento na fase inicial da cultura da soja desenvolvida na casa de vegetação, observaram maiores resultados nos tratamentos com *Trichoderma* spp.

Observa-se na Figura 2, maiores valores de altura de plantas apenas sob interação entre água de baixa condutividade elétrica ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$) e solo inoculado com *Trichoderma* apresentando média de 22,06 cm diferindo estatisticamente do tratamento inoculado sob maior salinidade (18,73 cm).

Figura 2 – Altura de plantas de gergelim em função das condutividades elétricas ($0,8 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$) em solo com e sem *Trichoderma* spp. Médias acompanhadas pelas mesmas letras minúsculas, ao comparar os tratamentos com *Trichoderma* spp. entre diferentes condutividades elétricas, e pelas mesmas letras maiúsculas, ao comparar diferentes formas de aplicação de *Trichoderma* spp. dentro de uma mesma condutividade elétrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam o erro padrão ($n = 4$).



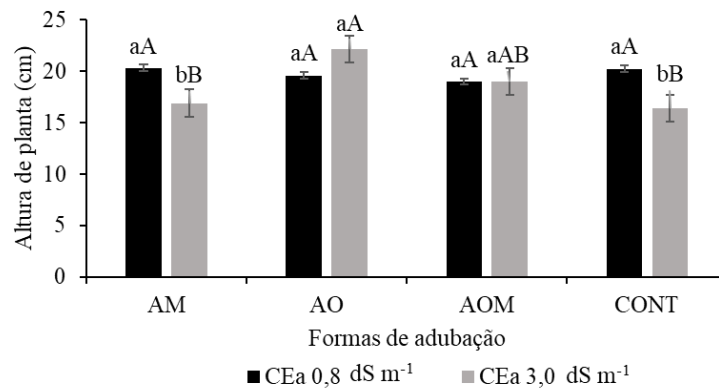
O incremento da pressão do potencial osmótico que é causado pela concentração dos sais, reduz a absorção de água e nutrientes acarretando a baixa atividade fisiológica da planta e impactando a sua altura (Wang et al., 2022; Santoyo et al., 2024).

Resultados similares foram reportados por Sousa et al. (2017a) que, ao avaliarem diferentes CEa (0,8; 1,5; 3,0 e 4,5 dS m⁻¹) na cultura gergelim, verificaram a diminuição da altura das plantas com o aumento dos níveis salinos. Da mesma forma, Cordão et al. (2020) observaram a redução da altura das plântulas de gergelim BRS Seda a medida que aumentava CEa. Zhang et al (2019) avaliando a altura das plântulas de trigo submetidas ao estresse salino e inoculação, verificaram que quando isolado, *Trichoderma* aumentou a altura das plantas, porém quando associado aos sais (150 mM NaCl) não teve efeito sobre esta variável, reduziu-se.

Na Figura 3, as médias de altura de plantas de gergelim avaliadas na CEa de 0,8 dS m⁻¹ não diferiram estatisticamente entre formas de adubação. Já sob CEa de 3,0 dS m⁻¹ a adubação orgânica proporcionou maior altura de plantas seguida pela adubação organomineral (22,17 e 19,02 cm, respectivamente) em comparação com o tratamento controle e mineral que tiveram menores médias (16,41 e 16,91 cm, respectivamente).

Figura 3 – Altura de plantas de gergelim em função das formas de adubação (AM = Adubação Mineral; AO = Adubação Orgânica; AOM = Adubação Organomineral e CONT = Controle) e das condutividades elétricas (0,8 dSm⁻¹ e 3,0 dSm⁻¹). Médias acompanhadas pelas mesmas letras minúsculas, ao comparar diferentes condutividades elétricas dentro de uma mesma forma de adubação, e pelas mesmas letras maiúsculas, ao comparar diferentes formas de adubação dentro

de uma mesma condutividade elétrica, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam o erro padrão ($n = 4$).



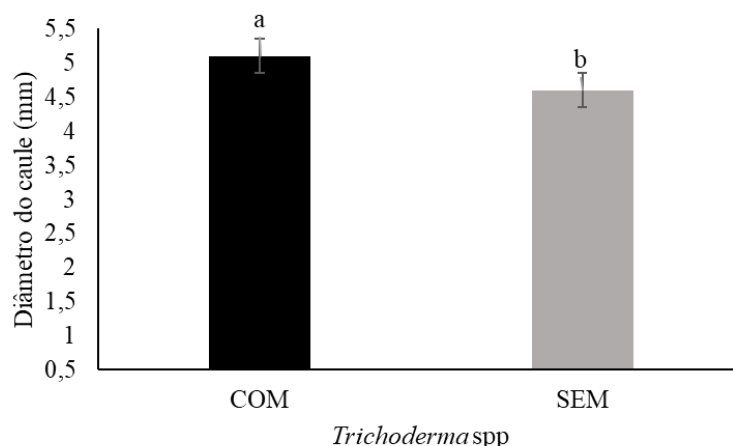
O aumento de sais solúveis na zona radicular causa diminuição do potencial osmótico do solo e efeito tóxico, por conseguinte, compromete a absorção da água e nutrientes essenciais para as plantas e a expansão celular, ou seja, efeito antagônico entre sódio (Na^+) e nutrientes essenciais, como P e K, e cloro (Cl^-) com N nas plantas (Sousa et al. 2018a). Entretanto, o incremento da altura com aplicação de adubo orgânico mesmo sob estresse salino, pode estar ligado ao aumento da atividade microbiana pela adição de matéria orgânica e consequentemente aumento da disponibilidade dos nutrientes (Sousa et al. 2018a; Lima, C. et al., 2021, Ramos, 2023).

Sousa et al (2017a) avaliando a altura das plantas de gergelim em função da CEa, observaram a redução da altura das plantas com o aumento da salinidade. Quanto ao efeito da adubação, resultados semelhantes aos desta pesquisa foram observados por Lima, C. et al., (2021) avaliando o aumento da CEa em função de biofertilizante bovino na cultura de amendoim, observaram a diminuição da altura das plantas a medida que aumentava CEa, porém com menor intensidade sob uso de biofertilizante. Sousa et al. (2018a) ao avaliarem diferentes condutividades elétricas de água de irrigação (0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 dS m⁻¹) em solos com e sem biofertilizante bovino na cultura de soja e concluíram que o uso de biofertilizante atenua os efeitos dos sais, tal como observado neste estudo na adubação orgânica.

O diâmetro do caule das plantas de gergelim foi superior estatisticamente com o uso de *Trichoderma* spp. (5,10 mm), diferindo estatisticamente do tratamento sem inoculação (4,60 mm) (Figura 4). Esse aumento pode ser resultante da ação deste microrganismo em induzir a produção de hormônios vegetais que promovem o crescimento do caule e expansão celular, como giberelina

e auxina (Jacques et al., 2021). Estudos de Illescas et al., (2021) com algumas cepas de *Trichoderma* spp., na cultura de trigo demonstram maiores resultados em tratamentos com algumas cepas, dentre as quais *Trichoderma harzianum* T115, em relação ao tratamento controle.

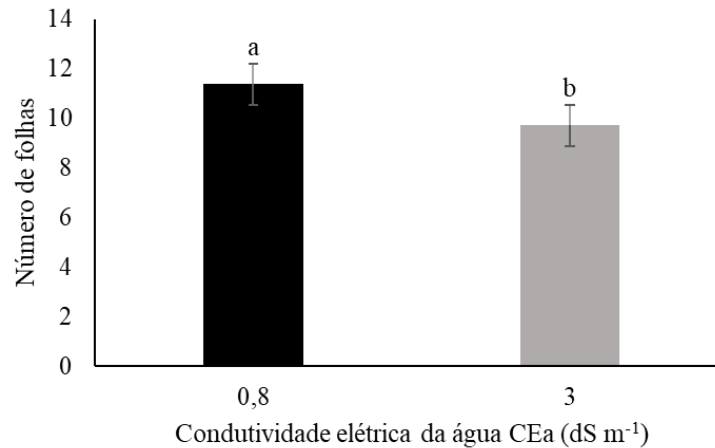
Figura 4 – Diâmetro do caule das plantas de gergelim em solo com e sem *Trichoderma* spp. Letras minúsculas comparam as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão ($n = 4$).



Resultados similares aos desta pesquisa foram obtidos por Silva Junior (2023) que ao estudarem diferentes doses de *Trichoderma* (0, 50, 150 e 200 ml) na cultura do sorgo, verificaram aumento do diâmetro de caule das plantas sob inoculação. Diferentemente do observado nesta pesquisa, Zhang et al. (2016) não observaram diferença estatística da presença do *Trichoderma- aloe* em relação ao controle nas mudas de soja.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação de 0,8 dS m⁻¹ para 3,0 dS m⁻¹ reduziu cerca de 14,56% o número das folhas nas plantas de gergelim (Figura 5). O aumento da condutividade elétrica provoca aumento da concentração de solutos o que por sua vez baixa o potencial osmótico do solo, desencadeando diversas reações nas plantas em tentativa de sobrevivência como a redução do número das folhas, para minimizar a perda de água e manutenção das funções vitais (Sousa et al., 2018a; Otlewska et al., 2020; Santoyo et al.; 2024)

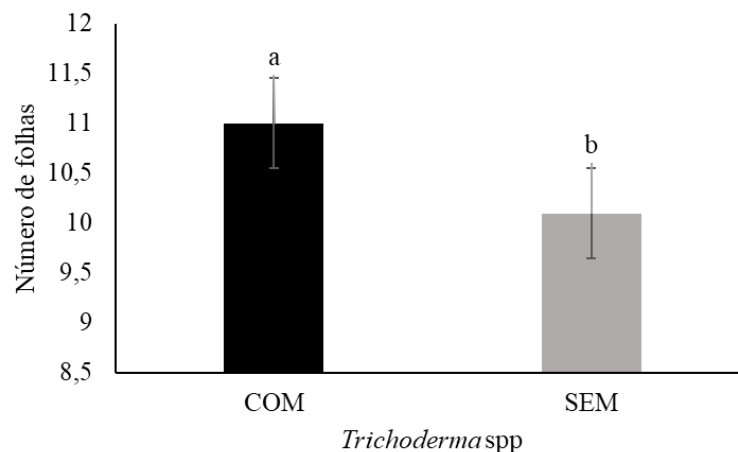
Figura 5 – Número de folhas das plantas de gergelim em função das condutividades elétricas (0,8 e 3,0 dS m⁻¹). Letras minúsculas comparam as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão (n = 4).



Sousa et al. (2017a) também constataram diminuição do número das folhas das plantas de gergelim sob estresse salino. Já Sousa et al. (2018a) ao avaliarem o estresse salino na cultura de soja, obtiveram resultados similares aos desta pesquisa, verificando a diminuição do número de folhas à medida que aumentava a concentração dos sais.

Conforme Figura 6, é possível observar maior número de folhas nas plantas tratadas com *Trichoderma* spp. em relação às que não foram tratadas com aumento médio de 8,24%. Essa superioridade com o uso de *Trichoderma* spp. possivelmente ocorreu pela ação benéfica da associação micorrízica deste fungo com as plantas, influenciando a fixação e solubilização dos nutrientes e principalmente N₂ atmosférico e consequente capacidade em produzir fitormônios como giberelina e auxinas que aceleram a produção das folhas (Jacques et al., 2021; Lima et al., 2022).

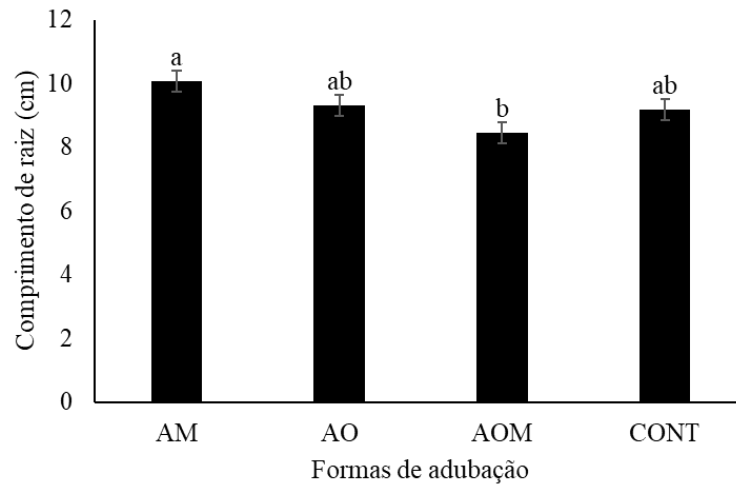
Figura 6 – Número de folhas das plantas de gergelim em solo com e sem *Trichoderma* spp. Letras minúsculas comparam as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão (n = 4).



Jacques et al. (2021) avaliando o número de folhas das plantas de soja em estudo com *Trichoderma* spp. como na fase inicial da cultura, verificaram que tratamentos inoculados tiveram maiores resultados em relação a testemunha. Da mesma forma, Lima et al., (2022) avaliando número de folhas da cultura de amendoim sob efeito de inoculação, obtiveram maiores números de folhas nos tratamentos inoculados em relação aos que não foram inoculados.

O comprimento de raiz foi superior sob adubação mineral com dimensão de 10,06 cm, diferindo estatisticamente da fertilização organomineral com o menor valor (8,46 cm), já as formas de adubação orgânica (9,32 cm) e tratamento controle (9,18 cm) não diferiram estatisticamente (Figura 7).

Figura 7 – Comprimento das raízes das plantas de gergelim em função das formas de adubação (AM = Adubação Mineral; AO = Adubação Orgânica; AOM = Adubação Organomineral e CONT = Controle). Letras minúsculas comparam as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão ($n = 4$).

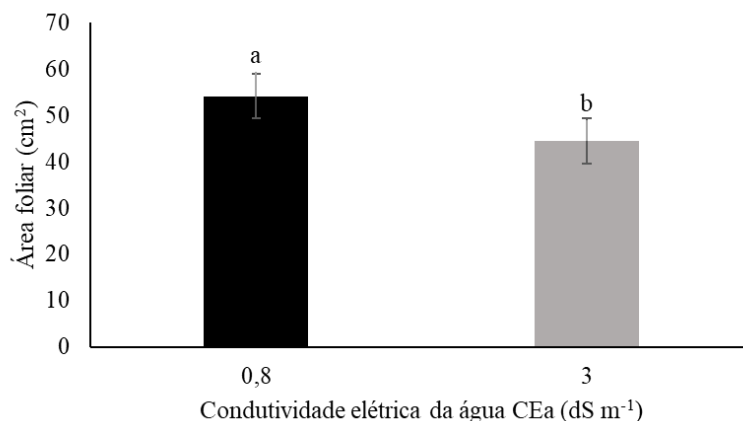


O incremento do comprimento das raízes sob adubação mineral está ligado diretamente na ação dos macronutrientes em induzir o aumento da divisão celular a nível das raízes com efeito de mais área de contato e absorção de nutrientes. Ao passo que a adubação orgânica similarmente deve ter incrementado nutrientes essenciais disponíveis às plantas pelo estímulo ao aumento de microrganismos e solubilizadores dos nutrientes, além de melhorar a estrutura e aeração do solo (Sousa et al., 2017a; Lopez et al., 2023).

De forma similar, Santos et al (2022) demonstraram na cultura de soja maiores médias de comprimento de raiz no tratamento com N + K quando comparado ao tratamento controle. Sen et al. (2021) ao avaliarem doses de esterco de aves (P_1 : 0t/ha; P_2 : 2t/ha e P_3 : 4t/ha) na cultura de amendoim, observaram maior incremento do comprimento de raiz com adição de esterco de aves, tendo P_3 maior valor, mostrando efeitos benéficos da adubação orgânica sobre o comprimento de raízes.

O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$ para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu a área foliar das plantas de gergelim de $54,91 \text{ cm}^2$ para $44,47 \text{ cm}^2$, respectivamente representando redução de 17,8% (Figura 8). O estresse salino diminui a expansão foliar devido a toxicidade dos sais absorvidos e efeito osmótico, provocando distúrbios morfológicos e metabólitos, como a diminuição da área foliar para atenuar a perda de água para atmosfera e gastos de energia pela transpiração e fotossíntese (Sousa et al. 2017a; Sousa et al., 2018a; Otlewska et al., 2020; Lima, C. et al., 2021).

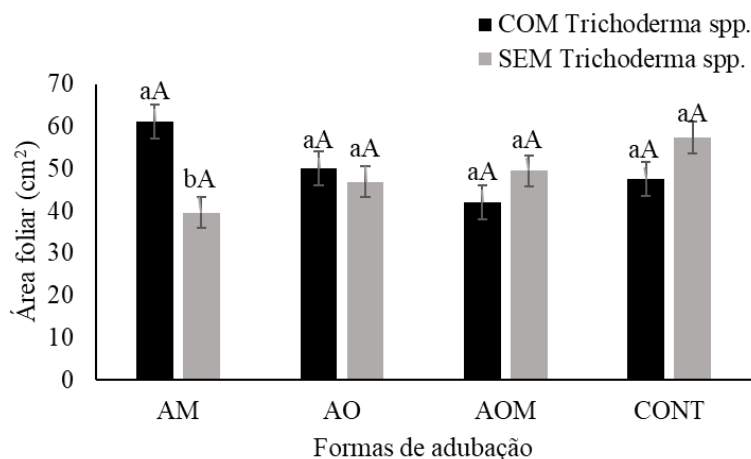
Figura 8 – Área foliar das plantas de gergelim em função das condutividades elétricas da água de irrigação. Letras minúsculas comparam as médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão ($n = 4$).



Resultados desta pesquisa corroboram com os de Sousa et al. (2017a) que verificaram a diminuição da área foliar da cultura de gergelim com o aumento dos níveis de CEa. E está em consonância com Sousa et al. (2018a) avaliando a cultura da soja submetida a cinco níveis salinos (0,8; 1,6; 2,4; 3,2 e 4,0 dS m⁻¹) e Lima, C. et al. (2021) na cultura de amendoimzeiro sob seis níveis salinos. Estes autores reportam a diminuição da área foliar das plantas com o aumento progressivo da CEa.

Com relação a área foliar sob interação entre formas de adubação e inoculação com *Trichoderma*, observa-se diferença significativa apenas sob adubação mineral, onde as plantas inoculadas obtiveram maior área (61,11 cm²) do que as plantas não inoculadas (39,61 cm²) (Figura 9).

Figura 9 – Área foliar das plantas de gergelim em função das formas de adubação (AM = Adubação Mineral; AO = Adubação Orgânica; AOM = Adubação Organomineral e CONT = Controle) e uso de *Trichoderma* spp. (COM = solos com *Trichoderma* spp.; SEM = Solos sem *Trichoderma* spp.). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas comparando a mesma forma de adubação entre as formas de aplicação de *Trichoderma* spp. e seguidas pelas mesmas letras maiúsculas comparando a mesma forma do uso de *Trichoderma* spp. entre as formas de adubação não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); barras verticais representam erro padrão ($n = 4$).



A resposta do uso de *Trichoderma* spp. associado a forma de adubação mineral revela possivelmente uma ação de mineralização destes fungos sob os nutrientes. Os fungos devem ter potencializado a solubilização de NPK para as plantas, tendo como consequência o aumento da área foliar, devido a ação direta na divisão e expansão celular das plantas (Monte et al. 2019).

Resultados similares aos desta pesquisa foram reportados por Nepali et al. (2020) ao avaliarem a área foliar da cultura de milho sob diferentes formas de aplicação de *Trichoderma*, esses autores observaram efeito positivo da interação entre *Trichoderma* + 50% NPK, com aumento da área foliar da cultura.

De acordo com a análise de variância (Tabela 3) a interação dos fatores água e formas de adubação exerceu efeito significativo apenas para a variável fotossíntese ($p \leq 0,05$). A interação entre adubação e *Trichoderma* apresentou significância para transpiração ($p \leq 0,05$). O fator água, de forma isolada, foi significativo para condutância estomática ($p \leq 0,05$). Já o fator uso de *Trichoderma*, teve significância para temperatura da folha e eficiência do uso da água ($p \leq 0,05$).

Tabela 3. Resumo da análise de variância (ANOVA) pelo quadrado médio para as variáveis de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura foliar (TF) e eficiência do uso da água (EUA) de plantas de gergelim em função da condutividade elétrica da água de irrigação, com e sem *Trichoderma* e sob formas de adubação.

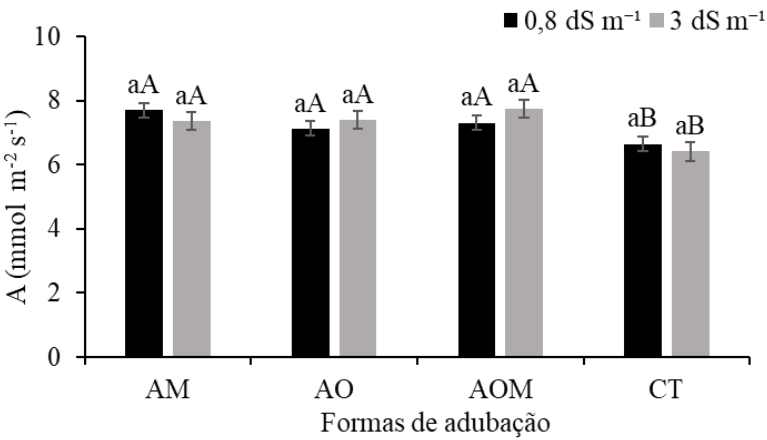
Fontes e variação	QUADRADO MÉDIO					
		A	E	gs	TF	EUA
Água (CEa)	1	0,004 *	1,26 ns	0,001 *	0,84 ns	1,94 ns
Uso de Tricoderma (T)	1	1,07 ns	1,29 ns	8,44 ns	6,66 *	3,05 *

Formas de adubação (FA)	3	1,76 ns	0,70 ns	0,49 ns	0,14 ns	0,33 ns
CEa x T	1	0,008 ns	0,44 ns	2,74 ns	0,36 ns	1,99 ns
CEa x FA	3	0,27 *	0,10 ns	1,46 ns	0,14 ns	0,27 ns
T x FA	3	1,61 ns	0,029 *	1,10 ns	0,09 ns	0,42 ns
CEa x T x FA	3	9,66 ns	0,52 ns	2,18 ns	0,08 ns	0,81 ns
Tratamentos	15	2,73	0,47	1,79	0,62	0,83
Resíduo	16	5,97	0,81	2,76	1,37	0,64
Total	31	-	-	-	-	-

FV: Fonte de variação, GL: Grau de liberdade, CV (%): Coeficiente de variação, **: Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p \leq 0.01$), *: Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq .05$), ns: não significativo ($p > 0.05$)

Para a variável fotossíntese (Figura 10), sob irrigação com água de menor e maior salinidade (0,8 e 3,0 dS m⁻¹) sem nenhum tipo de adubação, apresentou menor taxa fotossintética, diferindo estatisticamente das demais. Além disso, as formas de adubação obtiveram resultados semelhantes, alcançando uma taxa acima de 7 mmol m⁻² g⁻¹ de assimilação de CO₂. Rodrigues et al. (2022) trabalhando com a cultura do girassol submetido ao estresse salino e adubação mineral e orgânica, obtiveram resultado semelhante em que os valores obtidos com a aplicação de adubação mineral e adubação com biofertilizante não diferiram estatisticamente e foram superiores ao controle.

Figura 10. Fotossíntese sob a aplicação de diferentes formas de adubação (AM = adubação mineral com base em NPK, AO = adubação orgânica, AOM = adubação organomineral e CT= sem adubação.) irrigada com água salina (0,8 e 3,0 dS m⁻¹). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas comparando as condutividades elétricas em uma mesma forma de adubação e as mesmas letras maiúsculas entre formas de adubação, não diferem entre si não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



405

406

407

408

409

410

411

412

413

414

415

416

417

418

419

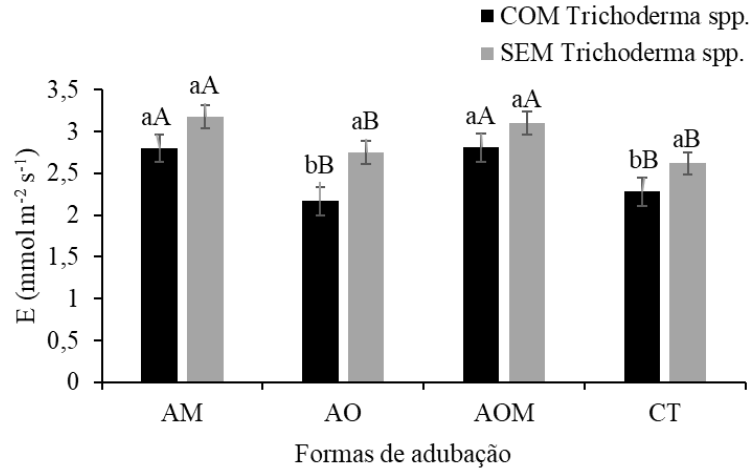
420

421

422

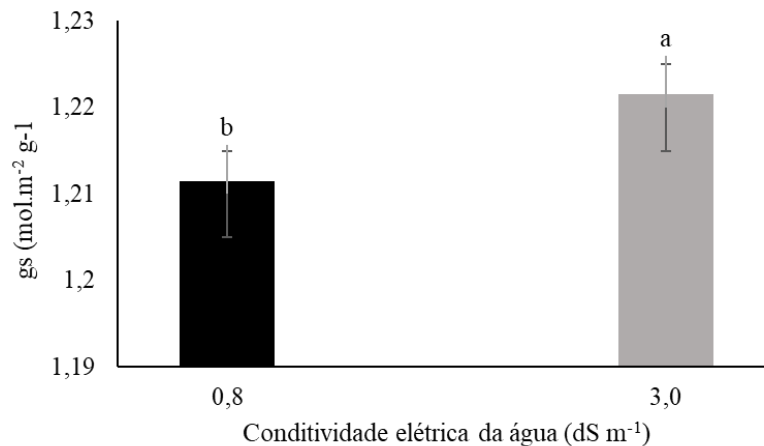
A taxa de transpiração apresentou redução significativa quando associado as formas de adubação orgânico e controle com o uso do *Trichoderma*, com reduções de 0,58 e 0,34 mmol m⁻²s⁻¹ respectivamente (Figura 11). Microrganismos promotores de crescimento de vegetais podem facilitar a decomposição da matéria orgânica, bem como através de mecanismos serem capazes de contribuir na fixação de nitrogênio, solubilização de fósforo e potássio (Cuesta et al, 2024). Tendo em vista o sinergismo entre o produto a base de microrganismos e as formas de adubação, provavelmente a absorção de nutrientes e água foi favorecido, promovendo a redução da transpiração. Salem et al. (2024), observaram que a inoculação com microrganismos juntamente com tratamentos com 50 g ou 25 g de NPK, melhoraram significativamente a transpiração.

Figura 11. Transpiração sob a aplicação de diferentes formas de adubação (AM = adubação mineral com base em NPK, AO = adubação orgânica, AOM = adubação organomineral e CT= sem adubação.) em solo com e sem *Trichoderma* spp. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas comparando a presença e ausência do *Trichoderma* spp. em uma mesma forma de adubação e as mesmas letras maiúsculas entre formas de adubação, não diferem entre si não diferem entre si pelo teste de Tukey (p ≤ 0,05)



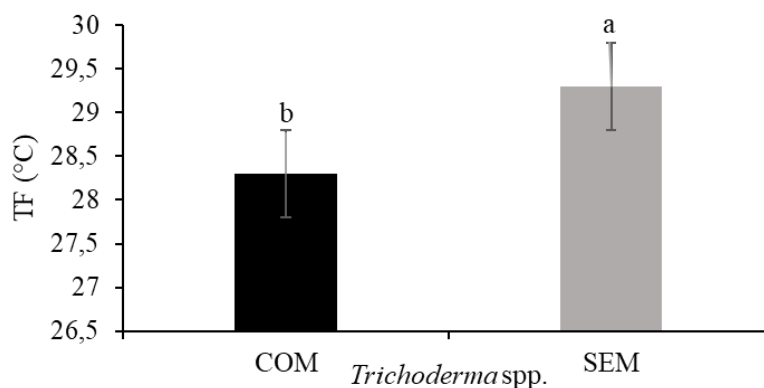
A condutância estomática sob água de 3,0 dS m⁻¹ foi superior estatisticamente ao controle (0,8 dS m⁻¹) (Figura 12). Sendo a salinidade limiar da cultura entre 2,5 dS m⁻¹ à 2,7 dS m⁻¹, provavelmente a cultura não esteve sob estresse salino ou o estresse salino da água de irrigação tenha provocado nas plantas um ajuste na abertura dos estômatos com intuito de absorver mais água e nutrientes, a fim de controlar os efeitos negativos da salinidade. O resultado obtido foi diferente do estudo de Sousa et al., (2022) em que avaliando a condutância estomática da cultura da abobrinha sob estresse salino, verificaram um valor mínimo de 0,13 mol m⁻¹ s⁻¹ para a água de maior condutividade elétrica (2,5 dS m⁻¹). Souza et al., (2019) também descreveram que o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação reduziu a condutância estomática em plantas de feijão.

Figura 12. Condutância estomática de plantas de gergelim em função da condutividade elétrica da água de irrigação (0,8 e 3,0 dS m⁻¹). Letras minúsculas comparam valores médios pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Para a variável temperatura foliar (Figura 13), o tratamento com o uso do microrganismo *Trichoderma* spp. apresentou uma redução significativa de 3,41%. Esse resultado pode estar associado a boa eficiência imposta ao solo pela atividade da microbiota do solo através de microrganismos eficientes. O ajuste osmótico ocasionado pela simbiose de plantas e bactérias proporciona melhor transpiração e redução da temperatura foliar (Lima, A. et al, 2021). Contradizendo o resultado encontrado nesse estudo, Sousa et al. (2023) constataram que o uso de rizobactérias promotoras de crescimento na cultura do milho obteve maior temperatura foliar.

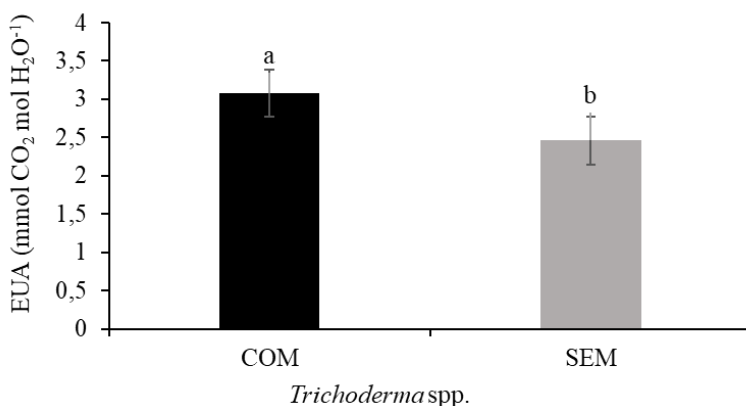
Figura 13. Temperatura foliar de plantas de gergelim em função da aplicação com e sem *Trichoderma* spp. Letras minúsculas comparam valores médios pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Observa-se que o tratamento com o uso do *Trichoderma* proporcionou maior valor estatisticamente da EUA com 3,09 mmol CO₂ mol H₂O⁻¹ (Figura 14). Cepas de microrganismos são capazes de induzir a recepção do ácido abscísico (ABA), ocasionando a regulação da abertura

estomática e neutralizando o estresse hídrico (Guzmán et al, 2018). Sendo assim, o inoculante amenizou o gasto de água durante as trocas gasosas. Gomes (2019) trabalhando com diferentes grupos de bioestimulantes na cultura do tomateiro, também observou que a aplicação dos bioestimulantes atuou na ativação de mecanismos fisiológicos na planta, tornando-as com maior eficiência de uso da água, fator importante para economia hídrica.

Figura 14. Eficiência no uso da água em função da aplicação com e sem *Trichoderma* spp. Letras minúsculas comparam valores médios pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Mediante ao exposto, percebe-se os efeitos benéficos do *Trichoderma* spp. pela contribuição no regulamento da temperatura foliar, diminuindo a transpiração da planta e consequentemente a otimização da absorção e o uso de água. Por induzir a expansão e desenvolvimento radicular, contribui positivamente nos processos fisiológicos, bioquímicos e metabólicos da planta que aumentam a eficiência no processo de transpiração e no uso de recursos hídricos como visto nas figuras 11, 13 e 14 do presente estudo.

CONCLUSÕES

O estresse salino afetou negativamente a altura de plantas, número de folhas e área foliar no crescimento das plantas de gergelim e nas trocas gasosas proporcionou maior condutância estomática.

O uso do *Trichoderma* spp. aplicados via solo favoreceu maior desempenho em número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e eficiência do uso da água.

A adubação mineral associada ao uso de água de menor salinidade foi mais eficiente para altura de plantas e área foliar. E quando associada a inoculação com *Trichoderma* spp., promoveu maior área foliar.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- ARRIEL, Nair Helena Castro et al. A cultura do gergelim. Brasília: EMBRAPA, 2007.
- ARRIEL, Nair Helena Castro et al. Cultivo do Gergelim. Embrapa Algodão, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1155372/1/Cultivo-do-Gergelim.pdf>. Acesso em: 19 Abr. 2024.
- ARRIEL, Nair Helena Castro et al. Gergelim BRS Seda. Embrapa Algodão, 2009.
- ARRIEL, Nair Helena Castro et al. Gergelim: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. 1999.
- BELTRÃO, N. E. M; SOUZA, J. G.; PEREIRA, J. R. Preparo do solo, adubação e calagem. In: BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. O agronegócio do gergelim no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 348 p
- BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macedo et al. GERGELIMCULTURA NO TRÓPICO SEMIÁRIDO NORDESTINO. Campina Grande, PB: EMBRAPA, 1994.
- BETTIOL, Wagner; SILVA, Juliano Cesar da; CASTRO, Maria Luiza Marcico Publio de. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In: MEYER, Maurício Conrado; MAZARO, Sérgio Miguel; SILVA, Juliano Cesar da. *Trichoderma: uso na agricultura*. 1ª Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 01-43.
- CHAGAS, L. F. B.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; SOARES, L. P.; FIDELIS, R. R.. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia-MS, v. 4, n. 3, p. 97-102, jul./set. 2017.
- CORDÃO, Mailson Araújo et al. Plântulas de gergelim cv. BRS seda sob aplicação de água salinizada. *Revista Verde*, 2020. p 319-324.

COSTA, F. H. R., GUILHERME, J. D. S., BARBOSA, A. D. S., CANJÁ, J. F., FREIRE, M. D. C., & SOUSA, G. D. (2019). Água salina e formas de adubação na cultura da abobrinha. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 13(6), 3757-3764.

CUESTA, R. L. C.; MATTIELLO, E. M.; CASTRO, G. F. de.; MATIAS, P. C.; MONTEIRO, T. S. A.; FREITAS, L. G. de. Efficiency of phosphate fertilizers containing growth promoters in plant fertilization. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, Volume 56, 2024, 103019. ISSN 1878-8181, <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2024.103019>.

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2017.

GOMES, L. P. Bioestimulantes e seus efeitos nos componentes da produção, nas trocas gasosas e na eficiência de uso da água no tomateiro sob restrição hídrica. Morrinhos, 2029. Dissertação, Programa em Pós-graduação Mestrado Profissional em Olericultura. Instituto Federal Goiano.

GUZMÁN, P. G.; TRONCOSO, M. D. P; MONFIL, V. O.; ESTRELLA, A. H. *Trichoderma* Species: Versatile Plant Symbionts. *Phytopathology*, Volume 109, n.1, 2019. ISSN 0031-949X, <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>

HEGAZY, Mga et al. Impact of certain endophytic fungi as biocontrol agents against sesame wilt disease. *Archives of Agriculture Sciences Journal*, vol: 2 (2) 55-68, 2019.

HEREK, Jéssica; PEREIRA, Camila Mello. Avaliação qualitativa do uso de *Trichoderma* spp. em cultura de soja. *Arquivos do Mudi*, v. 26, n. 2, p. 88-97, 2022.

ILLESCAS, María et al. Phytohormone Production Profiles in *Trichoderma* Species and Their Relationship to Wheat Plant Responses to Water Stress. *Pathogens*, 2021, 10, 991.

JACQUES, Arthur Pinazo et al. Isolados nativos de *Trichoderma* spp. Como promotor de crescimento na fase inicial da cultura da soja. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v.7, n.11, p. 108150-108166 nov. 2021.

KOPPEN, W. *Dieklimate dererde-grundrib der kimakunde*. Berlin, Walter de gruy-ter verlag, 1923.

LIMA, A. F. da S.; SANTOS, M. F. dos; OLIVEIRA, M. L.; SOUSA, G. G. de; MENDES FILHO, P. F. & LUZ, L. N. da. Physiological responses of inoculated and uninoculated peanuts under saline stress. *Revista Ambiente & Água* 2021, 16, e2643

LIMA, Antonio Fabio Da Silva et al. Eficiência fisiológica e desempenho do amendoim sob estresse salino e inoculado com *Bradyrhizobium*. *Water Resources and Irrigation Management*, Cruz das Almas, v.11, n.1-3, p.22-35, 2022.

LIMA, Cinthya Katianne Melo et al. Biomassa do amendoimzeiro (*Arachis hypogaea* L.) produzido com águas salinas e biofertilizante bovino. *Scientia Naturalis*, s, Rio Branco, v. 3, n. 5, p. 2083-2102, 2021.

LOPEZ, Gina et al. Nutrient deficiency effects on root architecture and root-to-shoot ratio in arable crops. *Front Plant Sci.* 2023 Jan 4;13:1067498. doi: 10.3389/fpls.2022.1067498. PMID: 36684760; PMCID: PMC9846339.

MACHADO, Daniele Franco Martins et al. TRICHODERMA NO BRASIL: O FUNGO E O BIOAGENTE. *Revista de Ciências Agrárias* – Vol. 35, 1, jan/jun 2012.

MONTE, Enrique; BETTIOL, Wagner; HERMOSA, Rosa. Trichoderma e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In: MEYER, Maurício Conrado; MAZARO, Sérgio Miguel; SILVA, Juliano Cesar da. *Trichoderma: uso na agricultura*. 1ª Ed. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 181-183

NEPALI, Bikram et al. Bio-fertilizer activity of trichoderma viride and pseudomonas fluorescens as growth and yield promoter for maize. *Journal of Agricultural Science*, 2 XXXI 2020. p. 191–195

OTLEWSKA, Anna et al. When Salt Meddles Between Plant, Soil, and Microorganisms. *Frontiers in Plant Science*, 2020.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. *Uso de águas salinas para produção agrícola*. 1.ed. Campo Grande, PB: UFPB, 2000. 117 p. (Estudos FAO. Irrigação e Drenagem, 48).

RODRIGUES, V. dos S.; SOUSA, G. G. de.; GOMES, S. P.; SOARES, S. da C.; SILVA JUNIOR, F. B. da.; FREIRE, M. H. da C.; SANTOS, M. W. N. dos. & LIMA, J. M. dos P. (2022). Gas exchange and growth of sunflower subjected to saline stress and mineral and organic fertilization. *Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental*, 26(11), 840–847. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n11p840-847>

SALEM, A.; KHANDAKER, M. M.; MAHMUD, K.; ALSUFYANI, S. J.; MAJRASHI, A. A.; RASHID, Z. M.; ALENAZI, M. M.; OSMAN, N. & BADALUDDIN, N. A. Enhancing photosynthesis and root development for better fruit quality, aroma, and lessening of radioactive materials in key lime (*Citrus aurantifolia*) using *Trichoderma harzianum* and *Bacillus thuringiensis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, Volume 206, 2024,108295. ISSN 0981-9428, <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2023.108295>.

SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C., OLIVEIRA, V. A., LUMBRERAS, J. F., COELHO, M. R., ALMEIDA, J. A., ARAUJO FILHO, J. C., OLIVEIRA, J. B., & CUNHA, T. J. F. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 5.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. 2018.

SANTOS, Samuel de O., et al. *Bacillus* sp., fertilization forms, and salt stress on soybean production. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 28, n. 4, p. e279072. 2024.

SANTOYO, Gustavo, et al. Trichoderma and Bacillus multifunctional allies for plant growth and health in saline soils: recent advances and future challenges. *Frontiers in microbiology*, 2024.

SEN, Kumar Praveen; SIROTHIYA, Pawan, VIKRAM, Nitin. Effect of the Vermicompost and Poultry Manure on Groundnut (*Arachis hypogaea* L.) under Rain-fed Condition. *Agricultural Reviews*, 2021. 43(4): 489-497. DOI: 10.18805/AG. R-2275.

SILVA JUNIOR, Osmar Antônio Da. AVALIAÇÃO DA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE SORGO GRANÍFERO [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] COM O USO DE *Trichoderma* spp. SUMÉ - PB, 2023. 41 f. Monografia (Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido) - Universidade Federal de Campina Grande. SUMÉ - PB, 2023.

SILVA, Elane B. da et al. Growth and nutrition of peanut crop subjected to saline stress and organomineral fertilization. *Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering*, v.26, n.7, p.495-501, jul. 2022.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Software Assistat Versão 7.7 e sua utilização na análise de dados experimentais. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, p.3733-3740, 2016.

SILVA, L. C.; SANTOS, J. W. dos; VIEIRA, D. J.; BELTRÃO, N. E. De M.; ALVES, I.; JERÔNIMO, J. F. Um método simples para se estimar área foliar de plantas de gergelim (*Sesamum indicum* L.). *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas*, v.6, p.491-495, 2002. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/18279881/Um-Metodo-Simples-Para-Estimar-Area-Foliar-Em-Gergelim-LCSilva>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SILVA, Nelrilene Pereira da et al. BIOCONTROLE DE *Macrophomina phaseolina* e promoção do crescimento na cultura do girassol com o uso de *Trichoderma* sp. e rizobactérias. *Ipê Agronomic Journal* – V.5 N.1 – (2021) 1 – 14.

SOUSA, Geocleber Gomes de et al. Água salina e biofertilizante de esterco bovino na cultura do gergelim. *Revista Agropecuária Técnica, Areia-PB*, v. 38, n. 3, p. 116-125, 2017.

SOUSA, Geocleber Gomes de et al. Características agronômicas do girassol irrigado com águas salinas em substratos com fertilizantes orgânicos. *Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre*, v. 9, n. 1, mar. 2017.

SOUSA, Geocleber Gomes de et al. Irrigation with saline water in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in a soil with bovine biofertilizer. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB*, v.22, n.9, p.604-609, 2018.

SOUSA, Geocleber Gomes de; SOUSA, CARLOS HENRIQUE CARVALHO DE; SOUZA, Maria Vanessa Pires de; FREIRE, MÁRCIO HENRIQUE DA COSTA; SILVA, Giovana Lopes da. TROCAS GASOSAS NA CULTURA DA FAVA IRRIGADA COM ÁGUAS SALINAS. *IRRIGA*, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 19–23, 2018. DOI: 10.15809/irriga.2018v1n2p19-23. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3598>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G. de.; VIANA, T.V. A.; PEREIRA, A. P. A.; LESSA, C. I. N.;
 SOUZA, M.V. P.; GUILHERME, J. M. S.; GOES, G. F.; ALVES, F. G. S.; GOMES, S. & SILVA,
 F. D. B. (2023). *Bacillus aryabhattai* Mitigates the Effects of Salt and Water Stress on the
 Agronomic Performance of Maize under an Agroecological System. *Agriculture*. 13.
 10.3390/agriculture13061150.

SOUSA, H. C.; SOUSA, G. G.; CAMBISSA, P. B.; LESSA, C. I.; GOES, G. F.; SILVA, F. D. B.;
 ABREU, F. S.; VIANA, T. V. A. Gas exchange and growth of zucchini crop subjected to salt and
 water stress. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 26, p. 815-822, 2022.

SOUSA, J. T.; SOUSA, G. G.; SILVA, E. B.; SILVA JUNIOR, F. B.; VIANA, T. V. A. et al.
 Physiological responses of peanut crops to irrigation with brackish waters and application of
 organo-mineral fertilizers. *Revista Caatinga*, v. 34, p. 682-691, 2021.

SOUZA, M. V. P. de; SOUSA, G. G. de; SALES, J. R. S.; FREIRE, M. H. da C.; SILVA, G. L.
 da; VIANA, T. V. de A. Saline water and biofertilizer from bovine and goat manure in the Lima
 bean crop. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.14, p.340-349, 2019.

TEIXEIRA, P. C et al. *Manual de métodos de análise de solo*. 3.ed. Brasília, Distrito Federal:
 Embrapa, 2017. 573p.

WANG, Xiaomin et al. Identification of endophytic fungi with ACC deaminase-producing isolated
 from halophyte *Kosteletzkya Virginica*. *PLANT SIGNALING & BEHAVIOR*, Vol. 17, 2022.

ZHANG, Fuli et al. Biocontrol potential of *Trichoderma harzianum* isolate T-aloe against
Sclerotinia sclerotiorum in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 100 (2016) 64-74.

ZHANG, Shuwu; et al. Application of Plant-Growth-Promoting Fungi *Trichoderma*
longibrachiatum T6 Enhances Tolerance of Wheat to Salt Stress through Improvement of
 Antioxidative Defense System and Gene Expression. *BMC Plant Biology*. 2019