



BIOPROSPECÇÃO DE *TRICHODERMA* spp. OSMOTOLERANTES PARA PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS

Abilene Pego **Goulart**¹; Laura **Bononi**²; Itamar Soares de **Melo**³

Nº 19401

RESUMO – A agricultura irrigada é a principal responsável pelo consumo de água no Brasil e no mundo. No Brasil, a irrigação é caracterizada por ter baixos níveis tecnológicos, o que resulta em grande desperdício de água nesse setor. Visando a economia e a mitigação do uso de água na agricultura, este trabalho teve como objetivo selecionar isolados do gênero *Trichoderma* spp. tolerante à seca e com capacidade de promover o crescimento das plantas de milho em condições de estresse hídrico. Dezesesseis isolados de *Trichoderma* spp. foram selecionadas a partir de amostras de solo rizosférico coletadas no bioma Caatinga. Testes foram realizados para avaliar o potencial de competitividade de isolados de *Trichoderma* spp. em solo sem atividade de água, bem como seu potencial de crescimento sob estresse salino e seca. Foi realizado um bioensaio em casa de vegetação para seleção de espécies com potencial para promover o crescimento de plantas de milho sob estresse hídrico. Foram selecionados quatro isolados de *Trichoderma* spp. com o potencial de promover o crescimento das plantas de milho e de mitigar o efeito da seca sobre as plantas. Este estudo mostra que o fungo *Trichoderma* spp. pode induzir os mecanismos de resistência da seca sobre as plantas de milho, bem como promover seu crescimento.

Palavras-chaves: Estresse hídrico, Caatinga, estresse salino, *Trichoderma*

¹Autor, Bolsista Embrapa: Graduação em Engenharia Ambiental, ESAMC, Campinas-SP; abilenegoulart1@gmail.com

²Colaborador, Doutoranda do programa Microbiologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz- ESALQ/USP; laurabononi@hotmail.com

³Orientador, Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; itamar.melo@embrapa.br



ABSTRACT – *Irrigated agriculture is the main responsible for water consumption in Brazil and the world. In Brazil, irrigation is characterized by low levels of technology, which results in a great waste of water in this sector. Aiming at saving and mitigating the use of water in agriculture, this work aimed to select isolated of the genus *Trichoderma* spp. tolerant to drought and with the capacity to promote the growth of maize plants in conditions of water stress. Sixteen isolates of *Trichoderma* spp. were selected from rhizospheric soil samples collected in the Caatinga biome. Tests were performed to evaluate the potential for the competitiveness of *Trichoderma* spp. isolated in soil without water activity, as well as their potential for growth under saline and dry stress. A bioassay was carried out in a greenhouse condition to select species with the potential to promote the growth of maize plants under water stress. Four isolates of *Trichoderma* spp. were selected with the potential to promote the growth of maize plants and to mitigate the effect of drought on the plants. This study shows that the fungus *Trichoderma* spp. can induce drought resistance mechanisms on maize plants, as well as promote their growth.*

Key words: Water stress, Caatinga, saline stress, *Trichoderma*.

1 INTRODUÇÃO

A água é o bem mais precioso da humanidade e é imprescindível para diversas atividades humanas no meio urbano, nas indústrias e principalmente no setor de produção agrícola. A agricultura é um dos principais setores econômicos da atualidade, um setor que vem passando por uma alta taxa de crescimento buscando cada vez mais o aumento da produtividade em decorrência do aumento na demanda de alimentos no mundo. Conseqüentemente eleva-se o uso de recursos hídricos para a manutenção das lavouras, (FERNANDES, 2008). De acordo com as Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO, de toda água consumida no planeta, 70% é destinada ao setor agrícola. Além disso, as ações antrópicas provocam alterações climáticas, influenciando os ciclos de chuva, que acabam por dificultar o abastecimento e a disponibilidade de água (MENDELSON et al., 2016). Assim, a prática de irrigação acaba por se tornar indispensável na agricultura. Em países subdesenvolvidos a taxa de consumo de água é maior, no Brasil, esse consumo chega a 72%, devido ao baixo desenvolvimento tecnológico direcionado para área de irrigação, a grande abundância de recursos hídricos e o grande desperdício de água nesse setor (FAO, 2011).



No Brasil a irrigação em áreas plantadas tem sido um fator essencial para o cultivo nas lavouras. As regiões Áridas e o Semiáridas, como o Bioma Caatinga, são submetidas a um cenário de escassez de água onde as chuvas são escassas e com distribuição irregular, produzindo fortes períodos de estiagem e eventos de enchentes. É também nas regiões Semiáridas que ocorre fluxos elevados de evapotranspiração que acentuam o déficit hídrico em períodos sem chuvas, tornando o uso da irrigação na prática agrícola inevitável nessas regiões (GIULIETTE et al., 2006; KAVAMURA et al., 2013).

Devido à grande importância econômica da agricultura, a forma de gerenciar e reduzir o uso da água neste setor, sem diminuir a produtividade, tem sido a pergunta de pesquisadores e inúmeros líderes de governos nos últimos anos.

Em busca de alternativas, o uso de microrganismos com capacidade em reduzir os efeitos do estresse hídrico, além de proporcionar maior rentabilidade das culturas agrícolas são de grande importância (KAVAMURA et al, 2013), sendo capazes de promover o crescimento de plantas e de atuarem como agentes de biocontrole. Fungos do gênero *Trichoderma* exercem efeitos benéficos em muitas culturas em termos de melhoria e produtividade do solo, auxiliando na absorção de nutrientes para a planta e estimula a defesa da planta contra estresse abiótico, como salinidade e seca (HERMOSA et al., 2012; MENDOZA-MENDOZA et al., 2017). Portanto, nós buscamos selecionar isolados do gênero *Trichoderma* spp. provenientes de solos de plantas do Bioma Caatinga, tolerantes à seca e com capacidade de promover o crescimento das plantas de milho em condições de estresse hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Material de estudo e obtenção dos isolados de *Trichoderma*

Os isolados de *Trichoderma* spp. foram obtidos de solos rizosféricos provenientes de duas plantas do bioma Caatinga, a *Neoglaziovia variegata* (Caroá) e *Tripogon spicatus*. Para o isolamento dos isolados de *Trichoderma* spp. foi utilizada a técnica de diluição seriada, no qual 10 g de solo rizosférico de cada planta foram homogeneizados em Erlenmeyers contendo 90 mL de solução salina (NaCl 0,85 %). As diluições de 10^{-1} a 10^{-4} foram preparadas e alíquotas de 100µL de cada suspensão foram semeadas em placas de Petri contendo meio *Trichoderma* selective medium (TSM) seletivo para *Trichoderma* (ELAD et al., 1981). Três placas foram preparadas por suspensão. Colônias com características morfológicas de *Trichoderma* foram



transferidas para o meio de cultivo BDA (Batata Dextrose Agar) até obtenção de uma cultura monospórica. As culturas puras foram preservadas em água destilada esterilizada, pelo método de Castellani.

Teste de competitividade dos isolados de *Trichoderma* spp. no solo em meio com reduzida atividade de água

O potencial competitivo no solo dos isolados de *Trichoderma* spp. foi avaliado em dois solos de origens distintas: solo da área experimental da Embrapa Meio Ambiente e solo coletado no bioma Caatinga, na presença de 50 % e 75 % de sorbitol. O experimento foi conduzido com 16 isolados de *Trichoderma* spp. e um controle (sem a presença de *Trichoderma*), dois tipos de solo e dois tratamentos envolvendo sorbitol (nas concentrações de 50% e 75%). Um total de 68 tratamentos foi avaliado com quatro repetições cada, sendo cada repetição uma placa de Petri. Os isolados foram crescidos em meio BDA a 25 ± 2 °C por sete dias. Foi preparado meio de cultura de BDA + sorbitol, autoclavado a 120°C por 20 min e deixado em repouso até atingir uma temperatura antes da solidificação. A cada 1.000 mL do meio de cultura foi adicionado 1 % de solo, homogeneizado e em seguida dispostos em placas de Petri de 90 mm. Os dois solos foram adicionados em meios de cultura preparados separadamente. Após a solidificação, três discos de 8,0 mm de diâmetro dos isolados previamente crescidos foram transferidos para as placas contendo o solo. As placas foram incubadas a 28°C por sete dias. Para o tratamento controle foi transferido discos de BDA puro, sem propágulos do fungo *Trichoderma*. O potencial competitivo foi avaliado pelo desenvolvimento pelos autores do trabalho de uma escala de notas, com valores de 1 a 5, onde: 1- *Trichoderma* cresce por toda a placa sem o crescimento de outros microrganismos; 2- *Trichoderma* cresce em 3/4 da placa, na presença de outros microrganismos; 3- *Trichoderma* e outros microrganismos crescem igualmente na placa; 4- Microrganismos crescem em 3/4 da placa, com presença do *Trichoderma*; 5- Microrganismos crescem por toda a placa sem a presença de *Trichoderma*. Os resultados foram qualitativos, considerando apenas a escala de notas. Os isolados de *Trichoderma* spp. que apresentaram as notas 1 e 2 foram selecionados para a próxima etapa.

Crescimento de *Trichoderma* spp. na presença de cloreto de sódio e sorbitol.

Os isolados de *Trichoderma* spp. foram avaliados quanto ao crescimento em meio de cultura BDA contendo cloreto de sódio (NaCl) nas concentrações de 0,5 %,



1,0 %, 2,0 % e 3,0 % e sorbitol na concentração de 50%. O tratamento controle foi preparado sem adição de cloreto de sódio ao meio de cultura. Os isolados foram previamente crescidos em meio BDA por sete dias à 25 ± 2 °C. Após esse período, um disco de 8 mm contendo colônia do fungo foi depositado no centro de uma placa de Petri (90 mm) e incubados à 25 ± 2 °C por 15 dias. A avaliação foi feita a cada dois dias, medindo o crescimento micelial radial do fungo em centímetros.

Seleção de *Trichoderma* spp. com potencial em mitigar o estresse hídrico e promover o crescimento em plantas de milho.

O ensaio foi realizado em casa de vegetação situada na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. Foram utilizados vasos com capacidade de 500 mL contendo solo da área experimental da Embrapa Meio Ambiente. Os seis isolados de *Trichoderma* spp. avaliados no experimento foram selecionados de acordo com o teste de competitividade em meio com baixa atividade de água. O experimento foi em Bloco Inteiramente Casualizado, com sete tratamentos, sendo seis isolados de *Trichoderma* spp. e um controle (sem a presença de *Trichoderma*). Os isolados de *Trichoderma* spp. avaliados foram crescidos em meio BDA. Foi preparada uma suspensão de 10^8 conídios/mL, com os isolados T2, T7, T9, T10, T11 e T12. Para o tratamento controle, as sementes foram imersas apenas em água destilada. Após o preparo da suspensão, foi realizada a microbiolização das sementes de milho (*Zea mays*), de modo que as sementes foram imersas nas suspensões de conídios de *Trichoderma* spp. por 1 hora. Cada tratamento foi realizado separadamente, sendo o tratamento controle apenas com água destilada.

O experimento foi realizado com oito repetições por tratamento, no qual 10 sementes de milho foram plantadas por vaso. Após o crescimento inicial das plantas de milho, foram mantidas 5 plantas por vaso. O fornecimento de água nos 15 primeiros dias foi de 80 % da capacidade de campo, em seguida, a capacidade de campo foi reduzida até 30 % e foram observados os tratamentos que toleraram a escassez de água. Na avaliação, plantas com folhas amareladas e murchas foram consideradas não tolerantes à seca. O experimento foi analisado diariamente para esses sintomas após o início do estresse hídrico.

Após 30 dias, no final do experimento, foi avaliada a altura das plantas (cm), com auxílio de uma fita métrica e o peso fresco e para o seco da parte aérea (g). Para a análise do peso seco fresco, as plantas foram pesadas imediatamente após serem retiradas do solo, com auxílio de uma balança analítica. Para o peso seco da parte



aérea, as plantas de milho foram secas em estufa em uma temperatura constante de 50°C por uma semana ou até atingir um peso constante.

Para a análise enzimática hidrolítica peroxidase (PO), a coleta das folhas do milho foi realizada durante o período de maior estresse hídrico (30 % da capacidade de campo). Durante a coleta das folhas as amostras foram mantidas em baixa temperatura e posteriormente congeladas no ultrafreezer (-80 °C) até preparo dos extratos vegetais.

Para o preparo dos extratos vegetais, as amostras foram pesadas separadamente (0,5 – 0,9 g) e trituradas em almofariz com nitrogênio líquido. Após esse processo, adicionou-se 6ml de solução tampão fosfato de sódio 50 mM, pH 6,5 com polivinilpirrolidona 1 % (p/v) e fluoreto de fenilmetilsulfonila 1 mM (PMSF). O extrato foi centrifugado a 2000 rpm, a 4°C por 20 minutos, e o sobrenadante foi coletado para análise das enzimas. A atividade de PO foi determinada pela reação de 30 µL do extrato em 90 µL de tampão fosfato de sódio 0,1 mol L⁻¹ (pH 6,5), 90 µL de peróxido de hidrogênio 3 mmol L⁻¹ e 90 µL guaiacol 15 mmol L⁻¹, com leitura de absorbância a 470 nm, de acordo com Hammerschmidt et al.(1982). Os resultados foram expressos em unidades de PO. mg⁻¹ tecido min⁻¹ conforme Halfeld-Vieira et al. (2006).

Análise estatística dos dados gerados

Todos os testes e tratamentos foram realizados com repetições e os valores foram expressos pela média entre elas. Para o teste de competitividade foi feita uma análise qualitativa dos dados, atribuídos pela nota da escala desenvolvida pelos autores. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e à análise de variância One-Way Anova. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas no software R Studio, pelo pacote *Agricolae*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Isolamento de *Trichoderma* spp.

Foram obtidos um total de 16 *Trichoderma* spp., sendo que sete foram isolados do solo rizosférico do caroá e nove do solo rizosférico do tripogon. Considerando o



isolamento nos dois solos rizosféricos, três isolados de *Trichoderma* (T9, T10 e T12) cresceram no meio com 75 % de sorbitol, ou seja, quase nenhuma atividade de água e 13 isolados (T1, T2, T3, T4, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T16) apresentaram desenvolvimento em meio com 50 % de sorbitol.

Teste de competitividade dos isolados de *Trichoderma* spp. no solo com sorbitol.

Foram avaliados a competitividade dos 16 isolados de *Trichoderma* spp. em dois solos de origens diferentes e os resultados das notas atribuídas estão apresentados na Tabela 1. Seis cepas de isolados *Trichoderma* spp. apresentaram-se como competitivos nos dois solos, nas duas concentrações de sorbitol, de acordo com as notas 1 e 2 da escala de notas de competitividade (Figura 1). Os outros dez isolados não apresentaram potencial competitivo no solo, dessa forma, não foram selecionados. Os seis isolados de *Trichoderma* spp. foram selecionadas para os próximos experimentos. Esse gênero fúngico age por diferentes mecanismos de ação no solo, dentre eles a competição por nichos (HARMAN, 2006). Essa competição representa uma disputa por espaço físico e nutriente. Altomare et al. (1999) relataram a possibilidade de um isolado de *Trichoderma* (T-22) com alta eficiência competitiva no solo. Além disso, fungos do gênero *Trichoderma* podem interferir na ação de outros mecanismos por meio da antibiose, que quando o microrganismo inibe a ação de outro microrganismo pela produção de metabólitos secundários e antibióticos voláteis e não-voláteis (Harman, 2000).

Tabela 1. Notas atribuídas aos isolados de *Trichoderma* spp. no teste de competitividade em dois solos rizosféricos com adição de sorbitol.

Tratamentos	Solo			
	Bioma Caatinga		Área Experimental	
	Sorbitol			
	50%	75%	50%	75%
Controle	5	5	5	5
T1	3	4	4	4
T2	2	2	2	2
T3	3	3	4	4
T4	3	4	3	4
T5	4	4	4	4
T6	3	3	3	4
T7	2	2	1	2
T8	3	2	3	4
T9	1	2	2	2
T10	2	2	1	2
T11	2	2	1	2
T12	2	2	2	2
T13	2	4	3	4
T14	3	3	3	3
T15	3	4	3	3
T16	3	3	4	4

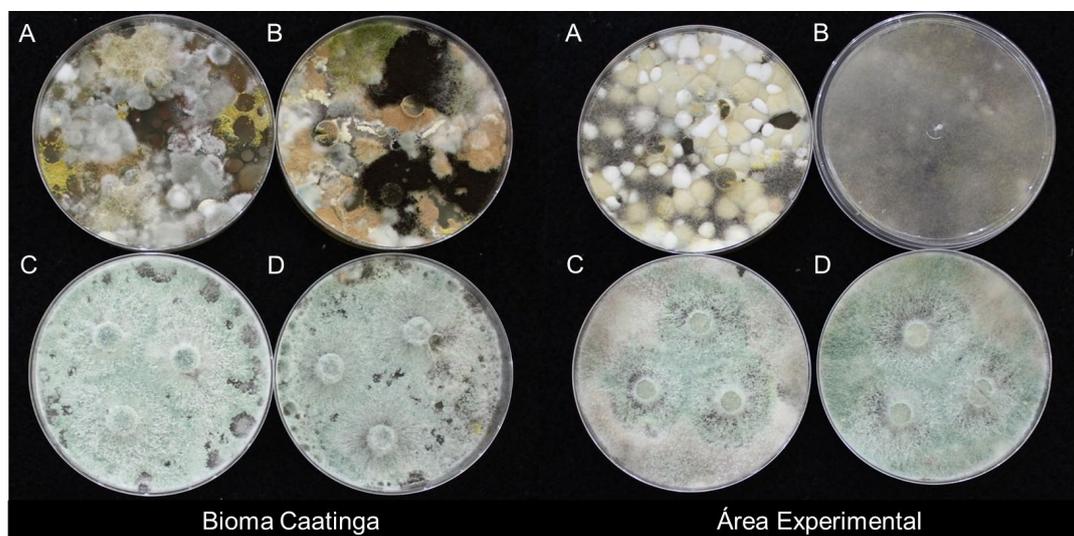


Figura 1. Teste de competitividade em meio com baixa atividade de água com o isolado de *Trichoderma* sp com adição de 50% e 75% de sorbitol. T12. (A) Controle- 50% sorbitol, (B) Controle- 75% de sorbitol, (C) T12- 50% de sorbitol e (D) T12- 75% de sorbitol.

Crescimento de *Trichoderma* spp. na presença de cloreto de sódio e sorbitol.

Os resultados observados quanto ao estresse salino mostraram que os isolados apresentaram crescimento micelial significativamente diferente quando

avaliados na mesma concentração de NaCl (0,5 M e 1,0 M). Em contrapartida, quando observado cada isolado em relação ao meio sem NaCl (tratamento controle), apenas o isolado T10 apresentou um crescimento micelial similar para 0,5 M e 1,0 M, e os isolados T9, T11 e T12 para 0,5 M. Nas concentrações 2,0 e 3,0 M não houve crescimento de isolados de *Trichoderma* spp. (Tabela 2). Mastouri et al. (2010) observaram que o tratamento de sementes com o isolado T-22 (*Trichoderma harzianum*) submetidas ao estresse salino, aumentou a germinação da semente e restaurou o vigor das mudas sob diferentes níveis de estresse salino.

Tabela 2. Crescimento micelial dos isolados de *Trichoderma* spp. em diferentes concentrações de NaCl₂.

Tratamentos	Crescimento micelial (cm)				
	Controle	NaCl 0,5 M	NaCl 1,0 M	NaCl 2,0 M	NaCl 3,0 M
T2	3,88 ± 0,36 aA	3,15 ± 0,08 cB	2,54 ± 0,23 abC	0 D	0 D
T7	4,01 ± 0,12 aA	3,21 ± 0,10 bcB	1,86 ± 0,11 bC	0 D	0 D
T9	4,03 ± 0,01 aA	4,16 ± 0,40 aA	1,91 ± 0,02 bB	0 C	0 C
T10	4,05 ± 0,02 aA	3,96 ± 0,04 abA	3,30 ± 0,79 aA	0 B	0 B
T11	4,05 ± 0,02 aA	4,21 ± 0,05 aA	3,03 ± 0,48 aB	0 C	0 C
T12	3,23 ± 0,01 bA	3,44 ± 0,57 abcA	2,42 ± 0,07 abB	0 C	0 C
C.V (%)	4,03	7,93	15,66	NA	NA

Seleção de *Trichoderma* spp. com potencial em mitigar o estresse hídrico e promover o crescimento em plantas de milho

O ensaio mostrou o efeito dos isolados de *Trichoderma* spp. no desenvolvimento das plantas de milho submetidas ao estresse hídrico contínuo. As plantas apresentaram sintomas de estresse após 24 horas nas condições de déficit de água (30 % da capacidade de campo). Três isolados de *Trichoderma* spp. (T9, T10 e T12) foram capazes de mitigar os efeitos da seca após 72h, ou seja, as plantas não apresentaram coloração amarelada nas folhas e nem murchas constantes.

Quatro isolados mostraram-se significativamente diferentes quanto a altura das plantas após exposição contínua ao estresse hídrico, T9, T10, T11 e T12 (Figura 3). Portanto, os isolados de T9, T10 e T12 foram capazes tanto de auxiliar as plantas quando submetidas ao período de seca extrema quanto, foram capazes de promover o crescimento da parte aérea das mesmas. Alguns fatores exercidos por cepas de *Trichoderma* auxiliam esse fungo a promover o crescimento em plantas, tais como a produção de hormônios de crescimento, solubilização de nutrientes e controle de microrganismos patogênicos (CONTRERAS-CORNEJO et al., 2009; HOYOS-CARVAJAL et al., 2009). Isso se deve ao fato desses fungos apresentarem capacidade de colonizar e crescer em associação com as raízes de plantas (HARMAN, 2006; HARMAN et al., 2004).

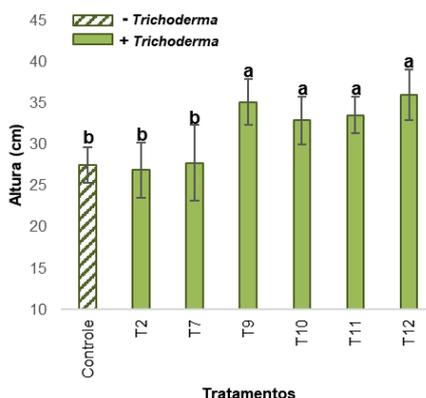


Figura 3. Foto das plantas de milho, tratamentos (Cont.) controle e (T9) *Trichoderma* spp. sob estresse hídrico. Média da altura das plantas de milho após o estresse hídrico. Letras distintas diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).

A microbiolização de sementes de milho com isolados de *Trichoderma* spp. aumentou o peso foliar das plantas de milho expostas ao estresse hídrico quando comparadas ao controle. Foram observadas diferenças significativas no peso fresco quando comparado ao controle (sem *Trichoderma*). O isolado que melhor apresentou resultado significativo foi o T9, tanto para peso fresco como para o peso seco (Figura 4). Ao avaliar a quantidade de água presente na parte aérea das plantas de milho, por meio da diferença entre o peso fresco e o peso seco das plantas, os seis isolados de *Trichoderma* mostraram-se capazes de disponibilizar maior quantidade de água para a planta quando comparado ao controle. O isolado T9 apresentou 86 % de água na parte aérea, seguido por T12 (85 %), T10 e T11 (83 %), T7 (78 %), T2 (74 %) e

controle (66 %). Esse valor foi mensurado em comparação com a perda de água das plantas do tratamento controle.

Ao colonizar a raiz da planta, esse fungo tem a capacidade de produzir hormônios que ajudam as plantas a desenvolver seu sistema radicular, auxiliando em sua nutrição (AGUIAR et al., 2015). Fungos do gênero *Trichoderma* são capazes de crescer rapidamente por todo sistema radicular, característica fundamental para sua interferência no crescimento e produtividade das culturas (HARMAN, 2000; SAMUELS, 2006).

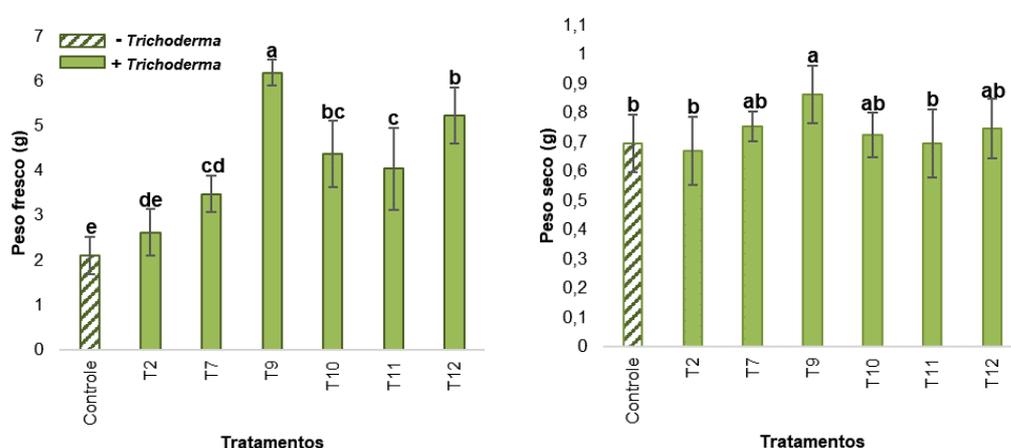


Figura 4. Média da massa de matéria fresca e seca da parte aérea das plantas de milho após o estresse hídrico. Letras distintas diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$)

Os resultados apresentados na Figura 5 mostraram que houve diferença significativa entre os tratamentos avaliados e que o isolado T10 foi capaz de induzir a expressão da enzima peroxidase significativamente diferentemente do controle. O mesmo isolado de *Trichoderma* sp. (T10) promoveu o crescimento da planta e ajudou a planta a sobreviver em um período com pouca atividade de água. As peroxidases são enzimas antioxidantes responsável por ser a primeira linha de defesa da planta quando submetidas a estresse oxidativos, como estresse hídrico e salino (GILL; TUTEJA, 2010).

Os isolados que apresentaram resultados promissores nos experimentos serão identificados por taxonomia polifásica para determinação das espécies.

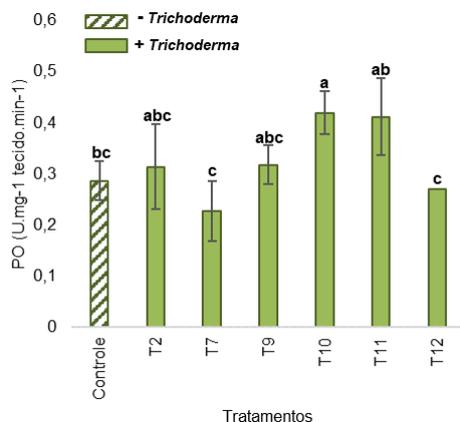


Figura 5. Média da atividade da enzima PO das plantas de milho após o estresse hídrico. Letras distintas diferem significativamente de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$). Mostrando que o isolado T10 induziu a expressão da enzima peroxidase.

4 CONCLUSÃO

Os isolados de *Trichoderma* spp. foram capazes de crescer em meio com baixa atividade de água, ao estresse salino e são competitivos no solo sob condições de seca. Os isolados T9, T10, T11 e T12 mostraram-se como promotores de crescimento de planta uma vez que aumentaram significativamente a altura da planta e o peso fresco da mesma. Além disso, os isolados T9, T10 e T12 protegeram a planta de milho sob estresse hídrico, sendo espécies capazes de mitigar o efeito da seca, de acordo com os sintomas de amarelamento da folha e murcha.

5 AGRADECIMENTOS

À Embrapa Meio Ambiente por disponibilizar a estrutura para a pesquisa e pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Ao apoio financeiro do CNPq pela bolsa concedida.

6 REFERENCIAS

AGUIAR, A. R. DE et al. Efeito de metabólitos produzidos por *Trichoderma* spp. sobre o índice mitótico em células das pontas de raízes de *Allium cepa*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 934–940, 2015.

ALTOMARE, C. et al. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 65, n. 7, p. 2926–2933, 1999.

CONTRERAS-CORNEJO, H. A. et al. *Trichoderma virens*, a Plant Beneficial Fungus, Enhances Biomass Production and Promotes Lateral Root Growth through an Auxin-Dependent. **Plant Physiology**, Washington, v. 149, n. Mar., p. 1579–1592, 2009.



ELAD, Y.; CHET, I.; HENIS, Y. Degradation of plant pathogenic fungi by *Trichoderma harzianum*. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, Canadá, v. 28, n. 7, p. 719-725, 1982.

FAO. **Climate change, water and food security**. Rome: FAO, 2011, 174p. (FAO.Water Reports, 36).

FERNANDES, J. D. **A irrigação no Brasil: situação e diretrizes**. Brasília: Ministério da Integração Nacional; IICA, 2008, 132 p.

GILL, S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, Paris, v. 48, p. 909-930, 2010.

GIULIETTI, A.M. et al. To set the scene. *In*: QUEIROZ, L.P.; RAPINI, A.; GIULIETTI, A.M. (ed). **Towards greater knowledge of the brazilian semi-arid biodiversity**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006. p. 11-15.

HALFELD-VIEIRA, B.A.; VIEIRA JÚNIOR, J.R.; ROMERO, R.S.; SILVA, H.S.A; BARACAT-PEREIRA, M.C. Induction of systemic resistance in tomato by the autochthonous phylloplane resident *Bacillus cereus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.41, n.8, p. 1247-1252, 2006.

HAMMERSCHMIDT, R.; NUCKLES, E.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 20, p. 73- 80, 1982.

HARMAN, G. E. Changes in Perceptions Derived from Research on *Trichoderma harzianum* T-22. **Plant Disease**, Saint.Paul, MN, v. 84, n. 4, p. 377–393, 2000.

HARMAN, G. E. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, Saint.Paul, MN, v. 96, n. 2, p. 190–194, 2006.

HARMAN, G. E. et al. *Trichoderma* species--opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, London, v. 2, n. 1, p. 43–56, 2004.

HERMOSA, R. et al. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. **Microbiology**, London, v. 158, p. 17-25, 2012.

HOYOS-CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. **Biological Control**, San Diego, CA, v. 51, n. 3, p. 409–416, 2009.

KAVAMURA, V.N. et al. Water regime influences bulk soil and rhizosphere of *Cereus jamacaru* bacterial communities in the Brazilian Caatinga biome. **PloSone**, San Francisco, v. 8, n. 9, p. 73, 2013.

MENDELSON, R. Adaptation, Climate Change Agriculture, and Water. **Choices Magazine**, Lexington, KY, v 31 n.3 p. 1-7, 2016.

MASTOURI, F.; BJORKMAN, T.; HARMAN, G. E. Seed Treatment with *Trichoderma harzianum* Alleviates Biotic, Abiotic, and Physiological Stresses in Germinating Seeds and Seedlings. **Biological Control**, San Diego, CA, v. 100, n. 11, p. 1213- 1221, 2010.

MENDOZA-MENDOZA, A. et al. Molecular dialogues between *Trichoderma* and roots: Role of the fungal secretome. **Fungal Biology Reviews**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 62-85, Mar. 2017.

SAMUELS, G. J. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. **Phytopathology**, Saint.Paul, MN, v. 96, n. 2, p. 195–206, 2006.