

BIOPROSPECÇÃO DE ISOLADOS DE *Trichoderma* spp. DO ECÓTONO AMAZÔNIA – CERRADO NO MARANHÃO PARA PROMOÇÃO DO CRESCIMENTO DE MILHO (*Zea mays* L.)

BIOPROSPECTING OF *Trichoderma* spp. ISOLATES OF THE AMAZON – CERRADO ECOTONE IN MARANHÃO TO PROMOTE THE GROWTH OF CORN (*Zea mays* L.)

BIOPROSPECCIÓN DE AISLAMIENTOS DE *Trichoderma* spp. DE LA ECOTONA AMAZÓNICA – CERRADO EN MARANHÃO PARA PROMOVER EL CRECIMIENTO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)

Lorena Cunha da Silva¹, Antonio de Olivera Louro², Bruno Sousa Silva³, Rodrigo Bernardo Galdino da Silva⁴, Kalyne Pereira Miranda Nascimento⁵, Jonathan dos Santos Viana⁶, Ivaneide de Oliveira Nascimento⁷, Thatyane Pereira de Sousa⁸

DOI: 10.54899/dcs.v23i87.4385

Recibido: 28/01/2026 | Aceptado: 30/01/2026 | Publicación en línea: 17/02/2026.

RESUMO

Trichoderma spp. é fungo cosmopolita que estabelece interações simbióticas com a planta, que desencadeiam alterações metabólicas levando a promoção de crescimento e indução de crescimento, sendo assim a descoberta de novos isolados pode elevar ainda mais estes potenciais na região. Objetivou - se isolar e avaliar o potencial de *Trichoderma* spp. do ecótono Amazônia - Cerrado como agente de controle biológico e na promoção do crescimento da cultura do milho. A coleta das amostras de solo foi realizada no estado do Maranhão na região de transição Amazônia – Cerrado, já os isolados de *Trichoderma* spp. foram obtidos por meio do método de diluição seriada. A avaliação do antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium* sp. foi realizada através da técnica de pareamento de culturas, com três repetições por tratamento, aferindo índice de crescimento micelial e o percentual de inibição do crescimento micelial do fitopatógeno aos 7 dias. A promoção do crescimento foi realizada em casa de vegetação em

¹ Graduada em Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: lorenacunhas27@gmail.com

² Mestrando em Produção Vegetal, Universidade Estadual Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: 202423120004@pq.uenf.br

³ Graduando em Agronomia, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: brunosilva.20200002791@uemasul.edu.br

⁴ Graduando em Agronomia, Universidade estadual da região Tocantins do Maranhão (UEMASUL), Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: rodrigogaldino300@gmail.com

⁵ Mestre em Agricultura e Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: Kalyneengenheiraag@gmail.com

⁶ Doutor em Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Estadual do Maranhão, Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: jonathan.viana@uemasul.edu.br

⁷ Doutora em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: ivaneide@uemasul.edu.br

⁸ Doutora em Agronomia - Fitossanidade, Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL), Imperatriz, Maranhão, Brasil. E-mail: thatyane.sousa@uemasul.edu.br

delineamento inteiramente casualizado, via microbiolização de sementes e rega no solo. Foram avaliados comprimento de parte aérea e sistema radicular, teor de clorofila com spad e biomassa. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as medias comparadas por teste de tukey ($p \leq 0.05$), utilizando-se o software SPSS Statistics 21. Todos os isolados de *Trichoderma* spp. avaliados apresentaram efeito antagonico in vitro sobre *Fusarium* sp., as quais as cepas TR01 e TR03 exibiram maiores médias nas duas variáveis analisadas em comparação aos demais tratamentos.

Palavras-chave: Agricultura. Simbiose. Biocontrole. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Trichoderma spp. is a cosmopolitan fungus that establishes symbiotic interactions with plants, triggering metabolic changes that promote and induce growth. Therefore, the discovery of new isolates could further enhance these potentials in the region. The objective was to isolate and evaluate the potential of *Trichoderma* spp. from the Amazon-Cerrado ecotone as a biological control agent and in promoting the growth of maize crops. Soil samples were collected in the state of Maranhão, in the Amazon-Cerrado transition region. *Trichoderma* spp. isolates were obtained using the serial dilution method. The in vitro antagonism of *Trichoderma* spp. on *Fusarium* sp. was evaluated using the culture pairing technique, with three replicates per treatment, measuring the mycelial growth index and the percentage of inhibition of mycelial growth of the phytopathogen at 7 days. Growth promotion was carried out in a greenhouse in a completely randomized design, via seed microbiolization and soil irrigation. Shoot and root system length, chlorophyll content with SPAD, and biomass were evaluated. The collected data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the means were compared by Tukey's test ($p \leq 0.05$), using SPSS Statistics 21 software. All *Trichoderma* spp. isolates evaluated showed an antagonistic effect in vitro on *Fusarium* sp., with strains TR01 and TR03 exhibiting higher means in both variables analyzed compared to the other treatments.

Keywords: Agriculture. Symbiosis. Biocontrol. Sustainability.

RESUMEN

Trichoderma spp. es un hongo cosmopolita que establece interacciones simbióticas con las plantas, desencadenando cambios metabólicos que promueven e inducen el crecimiento. Por lo tanto, el descubrimiento de nuevos aislados podría potenciar aún más este potencial en la región. El objetivo fue aislar y evaluar el potencial de *Trichoderma* spp. del ecotono Amazonas-Cerrado como agente de control biológico y en la promoción del crecimiento de cultivos de maíz. Se recolectaron muestras de suelo en el estado de Maranhão, en la región de transición Amazonas-Cerrado. Los aislados de *Trichoderma* spp. se obtuvieron mediante el método de dilución seriada. El antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium* sp. se evaluó mediante la técnica de apareamiento de cultivos, con tres réplicas por tratamiento, midiendo el índice de crecimiento micelial y el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del fitopatógeno a los 7 días. La promoción del crecimiento se llevó a cabo en un invernadero en un diseño completamente aleatorizado, mediante microbiolización de semillas e irrigación del suelo. Se evaluaron la longitud del sistema de brotes y raíces, el contenido de clorofila con SPAD y la biomasa. Los datos recopilados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) utilizando el programa SPSS Statistics 21. Todos los

aislamientos de *Trichoderma* spp. evaluados mostraron un efecto antagónico in vitro sobre *Fusarium* sp., y las cepas TR01 y TR03 presentaron medias más altas en ambas variables analizadas que los demás tratamientos.

Palabras clave: Agricultura. Simbiosis. Biocontrol. Sostenibilidad.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) está entre os principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos utilizados para a alimentação humana, animal e matérias-primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e qualidade das reservas acumuladas nos grãos. A produção de milho desempenha papel de suma importância no desenvolvimento socioeconômico de muitos países pela diversificação de suas utilizações, como produtos alimentares e importante fonte de etanol (GUEDES *et al.*, 2021).

No Brasil, grande parte da produção de milho é na forma de grãos. No entanto a produção de milho para consumo vem despertando interesse de agricultores que vivem próximos dos grandes centros urbanos, haja vista que aumenta cada vez mais a procura desse produto pelo consumidor (MENEGALDO, 2011). No estado do Maranhão, o milho é parte da economia dos agricultores familiares e dos micros e pequenos negócios de produtos hortícolas, tornando – se uma fonte certa para geração de renda de muitas dessas famílias (EMBRAPA, 2020).

Tecnologias que utilizam agentes biológicos para o manejo de plantas cultivadas estão ganhando espaço no campo e conquistando a confiança dos agricultores. O gênero *Trichoderma* (Filo: Ascomycota; Classe: Sordariomycetes; Ordem: Hypocreales; Família: Hypocreaceae) inclui espécies de importância econômica para a produção de antibióticos e enzimas com atividade de controle biológico e de estímulo do crescimento em vegetais (HOYOS-CARVAJAL; ORDUZ; BISSETT, 2009), são cosmopolitas, presentes com frequência em solos de regiões de clima temperado e tropical, pode ser isolados das porções rizosfericas do solo onde estão presentes com grande quantidade de micélio e apresentam importantes funções ecológicas, pois participam da decomposição e mineralização de resíduos vegetais, (MENEZES, 2009; MACHADO *et al.* 2012).

Os efeitos do *Trichoderma* na promoção do crescimento têm sido evidenciados pelo

aumento da biomassa, pela absorção e translocação de nutrientes como P, Zn, Mn e Fe, pelo aumento da resistência a estresse biótico e abiótico, pela promoção de germinação de sementes e pelo aumento da produtividade (HOYOS-CARVAJAL; ORDUZ; BISSETT, 2009).

Nos primeiros estudos sobre a diversidade de fungos do gênero *Trichoderma* spp. a identificação das espécies era baseada somente em características morfológicas, e atualmente com métodos moleculares uma gama de espécies vem sendo identificadas (LÓPEZ – QUINTERO et. al. 2012).

A diversidade de espécies desse gênero ainda não é totalmente conhecida, e a descoberta de novas espécies pode ampliar a possibilidade de exploração de seu grande potencial biotecnológico. No Maranhão a região de transição entre os biomas Amazônia e Cerrado é caracterizada pela alta diversidade de ecossistemas e biodiversidade (SILVA, 2016), se apresentando ambiente favorável para isolamento de cepas de *Trichoderma* spp.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou isolar e avaliar o potencial de *Trichoderma* spp. do ecótono Amazônia - Cerrado como agente de controle biológico e na promoção do crescimento da cultura do milho.

REFERENCIAL TEÓRICO

Cultura do Milho

O milho constitui – se em umas das culturas mais propagadas mundialmente, cultivado em pequenas, médias e grandes propriedades, em razão da planta ter sido relatada nos primórdios à cerca de 7.300 anos, de origem indígena, também denominada de “sustento da vida” semeada nas pequenas ilhas no golfo do México e posteriormente na América Central (ROSSI, 2022).

No que tange a botânica, o milho insere – se na classe Liliopsida, família Poaceae, subfamília Panicoideae, gênero *Zea* e conhecida cientificamente como *Zea mays* L., monocotiledônea anual e tropical, herbácea, de caráter monoico, diploide, alógama, colmo cilíndrico, presença de pendão no término do estágio vegetativo e emergência de espiga apontando início do estágio reprodutivo (FORNASIERI, 2007; POVALUK, 2023). Vinculada a essa concepção, trata – se de um alimento rico em carboidratos, antioxidantes, fibras, vitaminas e minerais, tais como, o potássio e o fósforo, além de ácidos graxos como o ácido pantatênico (SILVA, 2014).

Em linhas gerais MEJEROWICH e KERBAUY (2004) consideram o cereal como uma planta de metabolismo C4, sob o qual detém uma taxa fotossintética maior em relação a espécies C3, garantindo assim um bom emprego hídrico, além de uma forte adaptação em regiões quentes e de alta incidência luminosa (POVALUK, 2023).

***Trichoderma* spp**

Amparando – se nos estudos de SILVA *et al.* (2022) pode – se inferir que o gênero *Trichoderma* consiste em fungos de vida livre e reprodução assexuada, distintos em espirais de células do tipo fiálide, através de um micélio branco na formação de conidióforos. Além de pertencerem ao Reino Fungi; Filo Ascomycota; Classe: Sordariomycetes; Ordem Hypocreales e Família Hypocreaceae.

As espécies de *Trichoderma* spp. são reconhecidas por acentuado crescimento de colônias em meio de cultivo, prático isolamento, alta produção de conídios e em algumas conjunções, formação de esporos de paredes espessas denominados de clamidósporos, e corpos de frutificação do tipo peritécio na fase teleomórfica, no qual a coloração pode variar de tons em verde, amarelo e branco esverdeado (VINALE *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2022).

Dentro desse raciocínio, é fundamental dizer que o *Trichoderma* spp. é amplamente encontrado nos mais diversos tipos de solo, em regiões de clima temperado e tropical (MACHADO *et al.*, 2012). De outra forma, detém de uma grande versatilidade ante ao seu ciclo de vida e colonização, forte interação com os mais diversos microrganismos estudados, agressividade contra fungos patogênicos, habilidade na absorção e mobilização de nutrientes, capacidade na degradação de materiais lignocelulósicos, inúmeros mecanismos de ação, tais como, predação, antibiose, micoparasitismo quanto à disposição de esporos e escleródios, indução de resistência, competição e promoção de crescimento, além da utilização massiva na agricultura e vasta diversidade metabólica, assim tornando – os um grupo de grande interesse biotecnológico (RABUSKE, 2021).

De acordo com vários estudiosos e, fundamentado por SILVA *et al.*, (2016) fica evidente a ação de *Trichoderma* spp. como agente antagonista, em razão da formação de metabolitos voláteis e não voláteis, como as alameticinas e tricolinas ou até mesmo no desempenho de enzimas líticas como as quitinases e proteases.

***Trichoderma* spp. no Controle Biológico de Fitopatógenos e na Promoção de Crescimento das Plantas**

De acordo com AGRIOS (2005) o controle biológico ou também chamado de biocontrole basear – se na redução do inoculo ou de quaisquer ações promovida por um fitopatógeno à planta, em que tal pode ser feita por único microrganismo ou inúmeros sob uma gama de espécies hospedeiras encontradas na natureza, além da ação antrópica empregada, assim atuando como agente antagonista no controle de doenças.

Entendido dessa forma, o controle biológico compreende – se na interação existente de organismos, seja de maneira direta por meio do parasitismo ou indireta através da competição, ou antibiose (MORANDI e BETTIOL, 2009; FILHO, 2019).

Sendo assim, o parasitismo tem por base a alimentação de estruturas vegetativas de um dado organismo, já o a competição trata – se da luta por espaço ou até mesmo alimento. Em contrapartida, a antibiose é voltada para o bloqueio da atividade do patógeno na fase de germinação, crescimento ou esporulação e na produção de metabólitos (MORANDI; BETTIOL; JÚNIOR, 2014; MELLO *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2022) Dentre os mais diversos organismos estudados, fungos do gênero *Trichoderma* tem sido evidência nesse âmbito (ISAIAS *et al.*, 2014; BARBOSA *et al.*, 2021).

Esses dados são reforçados por BARBOSA *et al.*, (2021) ao constar efetividade no emprego de cepas nativas de *Trichoderma* spp. no controle de *Colletotrichum musae*, agente etiológico da antracnose na banana, doença de pós-colheita de grande relevância a cultura, por intermédio de testes de pareamento de colônias do patógeno e produção de metabólitos voláteis.

Cumprir evidenciar também a atuação do *Trichoderma* spp. no crescimento e desenvolvimento radicular das plantas, visto que há a ocorrência de inúmeras alterações estruturais e bioquímicas decorrente da produção de hormônios vegetais, tais como, a citocininas, ácido abscísico, giberelinas e especificamente auxina, em que tal apresenta o ácido indol – acético (AIA) como componente predominante, além de exercer papel relevante na etapa de diferenciação de células, singularização tecidual e produção de frutos, desse modo corroborando para o avanço de estudos ante aos MPCP (GOMES, 2016; LISBOA, 2018), é nesse cenário que, segundo VERGARA *et al.*, (2019) enfatiza total correlação do mecanismo salientado ao gênero fúngico, em razão da síntese de auxina, apresentando influência direta no desempenho enzimático

da ATPase devido ao processo hidrolítico da molécula de ATP, fator esse indutor perante o alongamento radicular.

METODOLOGIA

Coletas de Amostras e Isolamento do Fungo *Trichoderma* spp

As coletas de amostras de solo foram realizadas no estado do Maranhão na região de transição Amazônia – Cerrado, acondicionados em sacos plásticos e levado ao laboratório, permanecendo a uma constante refrigeração até ser utilizado nos ensaios de isolamento.

Os isolados de *Trichoderma* foram obtidos através do método de diluição seriada, sendo diluídos 10 g de cada amostra de solo rizosférico em 90 ml de água destilada estéril. A solução de solo obtida foi agitada por 10 minutos à 85 rpm até se tornar uma suspensão homogênea. As diluições foram procedidas nas concentrações 10⁻¹ a 10⁻⁶ e em seguidas plaqueadas 100µl da suspensão de solo em placas de Petri contendo meio de BDA (Batata Dextrose - Ágar). As placas foram mantidas a $\pm 25^{\circ}\text{C}$ sob uma luz contínua e após 48 horas foi realizada a contagem das colônias na diluição onde as mesmas encontrarem-se isoladas.

Obtenção do Patógeno *Fusarium* sp

O isolado de *Fusarium* sp. foi concedida pelo Laboratório de Microbiologia e Saúde da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão (UEMASUL) – Campus I.

Teste de Pareamento in Vitro

O antagonismo de *Trichoderma* spp. sobre o isolado de *Fusarium* sp. foi realizado através da técnica de pareamento de culturas, segundo a metodologia proposta por Mello *et al.* (2007). Com esse fim, discos de 3 mm de diâmetro do fungo antagonista e do fitopatógeno foram dispostos em sentidos contrários nas placas de Petri com BDA, a 0,5 cm de distância em relação à extremidade da placa. As placas ainda foram armazenadas a 25 °C durante o período de 7 dias, tendo por objetivo estimar o crescimento médio micelial (CMM) por meio do diâmetro da colônia (mm), com o emprego de uma régua milimetrada. Sendo assim, para calcular o índice de

velocidade do crescimento micelial (IVCM) em mm.dia^{-1} , utilizou – se a equação descrita por Oliveira e Machado (1991). Determinou-se também o percentual de inibição perante o crescimento micelial do fitopatogéno (PIC), segundo a fórmula expressa por Mentel *et al.* (1976).

Avaliações da Promoção de Crescimento de Milho

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, os tratamentos foram constituídos pelos isolados de *Trichoderma* spp. obtidos conforme item 3.2 e aplicados via microbiolização de sementes e rega no solo aos 15 dias, conforme a metodologia descrita por Silva et. al. (2012).

Realizou-se a coleta de 5 plantas de cada tratamento aos 15 dias após a semeadura. As plantas passaram por lavagem e determinação de comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e comprimento total (cm). As amostras foram secas em estufa a 70°C até atingir peso constante e em seguida pesadas para determinação do acúmulo de massa seca das raízes e parte aérea. Aos 15 dias após a emergência, imediatamente antes, das quantificações de comprimento e acúmulo de biomassa, fez-se à leitura correspondente ao teor de clorofila na folha com o clorofilômetro (SPAD, Minolta Corp. Japão), no folíolo terminal da quarta folha a partir do ápice da haste principal de duas plantas em cada tratamento.

Análise Estatística

Todos os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA), com o auxílio do programa estatístico SPSS 21. As médias comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do método de diluição seriada das amostras de solo coletadas na região do écotono Amazônia – Cerrado foram isolados 10 cepas de *Trichoderma* spp., conforme segue descrita na tabela 1.

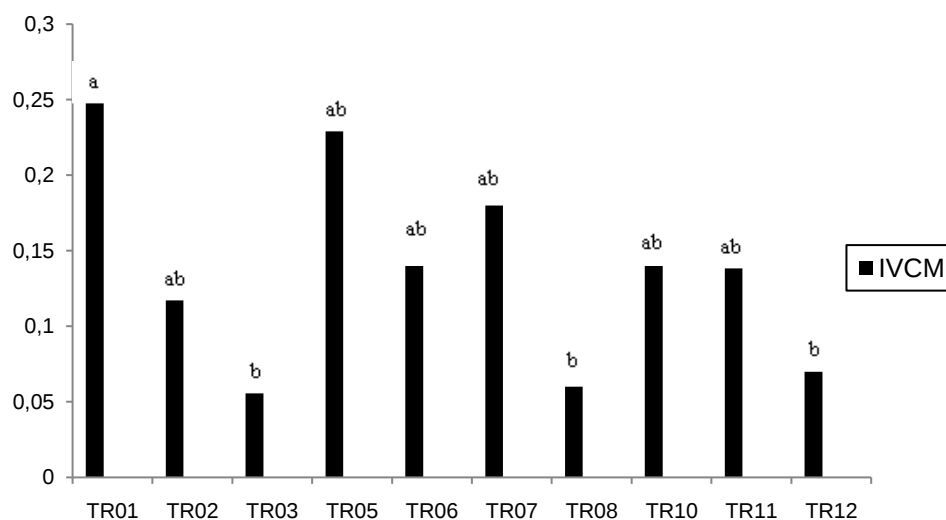
Tabela 1. Isolados de *Trichoderma* spp. obtidos na região do ecótono Amazônia- Cerrado no estado do Maranhão, Imperatriz-MA (2024).

Nº	Local de coleta	Localização geográfica		Vegetação	Isolado
		S	W		
1	Gov. Edson Lobão	5° 44' 58"	47° 21' 33"	Pastagem	TR01
2	Imperatriz	5° 31' 32"	47° 26' 35"	Pastagem	TR02
3	Cidelândia	5° 9' 8"	47° 44' 6"	Vegetação Nativa	TR03
4	Carolina 1	7° 20' 16"	47° 28' 4"	Pastagem	TR05
5	Carolina	7° 20' 16"	47° 28' 4"	Vegetação Nativa	TR06
6	Porto Franco	6° 20' 29"	47° 24' 6"	Vegetação Nativa	TR07
7	Porto Franco 1	6° 20' 29"	47° 24' 6"	Pastagem	TR08
8	Porto Franco 3	6° 20' 29"	47° 24' 6"	Floresta	TR10
9	Imperatriz 1	5° 31' 32"	47° 26' 35"	Pastagem	TR11
10	Imperatriz 2	5° 31' 32"	47° 26' 35"	Pastagem	TR12

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

De acordo com os resultados encontrados no teste de pareamento por meio do índice de velocidade do crescimento micelial - IVCm (figura 1), todos os isolados avaliados apresentaram efeito antagônico in vitro sobre o fitopatógeno, o fungo *Fusarium* sp., assim reduzindo seu crescimento.

Figura 1. Índice de velocidade do crescimento micelial (IVCM) dos isolados de *Trichoderma* spp. e de *Fusarium* sp.

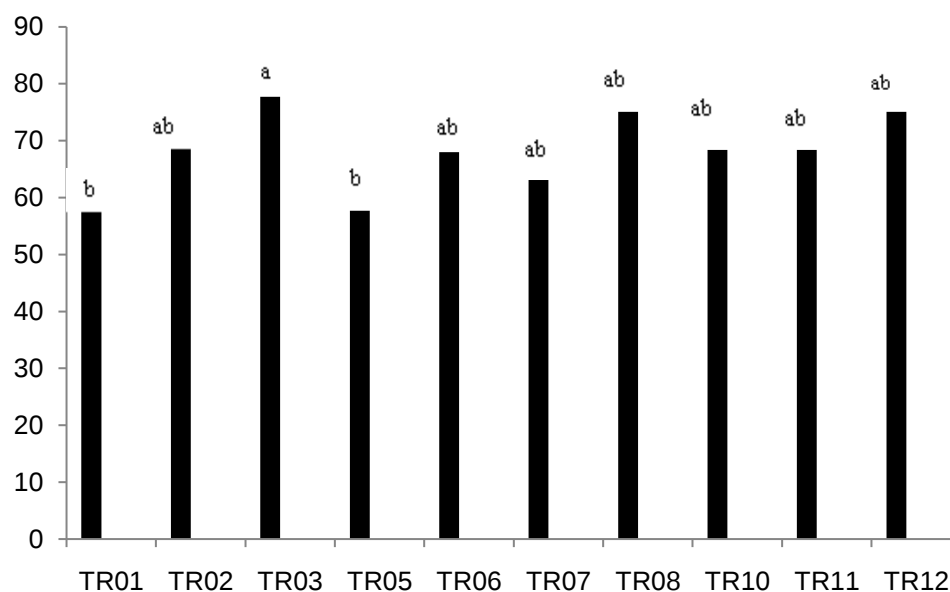


Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Todavia, ocorreram distintas respostas entre as cepas de *Trichoderma* spp. quando pareadas com *Fusarium* sp. Os isolados providos dos tratamentos TR03, TR08 e TR12 exibiram menor efeito antagônico quando comparado aos demais isolados, com valores de 0,06 e 0,07. Entretanto, somente o TR01 diferiu estatisticamente.

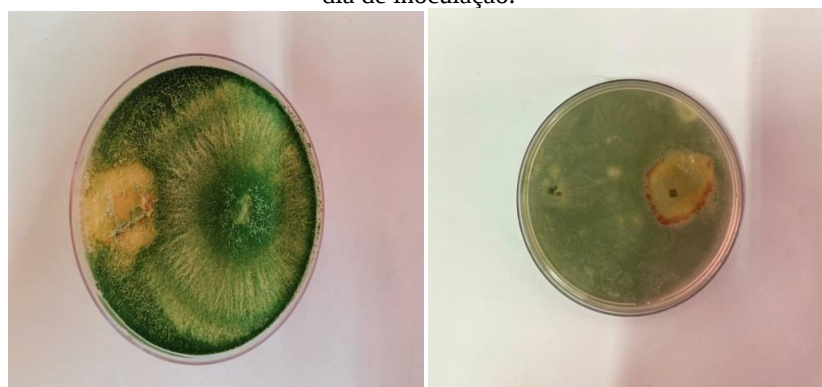
Quanto à avaliação do percentual de inibição apresentado na figura 2, comprovou – se que todos os isolados de *Trichoderma* spp. geraram respostas diferente quanto a redução no crescimento micelial do fitopatógeno, o TR03 diferiu – se em termos estatísticos em comparação aos demais tratamentos submetidos ao teste reduzindo em 77,7% (Figuras 2 e 3)

Figura 2. Percentual de inibição do crescimento micelial de *Fusarium* sp. por meio de isolado de *Trichoderma* spp.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 3. Antagonismo de isolado TR01 sobre *Fusarium* sp. por meio do teste de pareamento de culturas ao sétimo dia de inoculação.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

As avaliações para promoção do crescimento mostraram que houve diferença significativa apenas para comprimento de parte aérea e biomassa. Para parte aérea todos os tratamentos com exceção dos tratamentos TR01 e TR02, diferiram do controle e para biomassa os tratamentos TR04, TR06, TR07, TR09 e TR10 (Tabela 2).

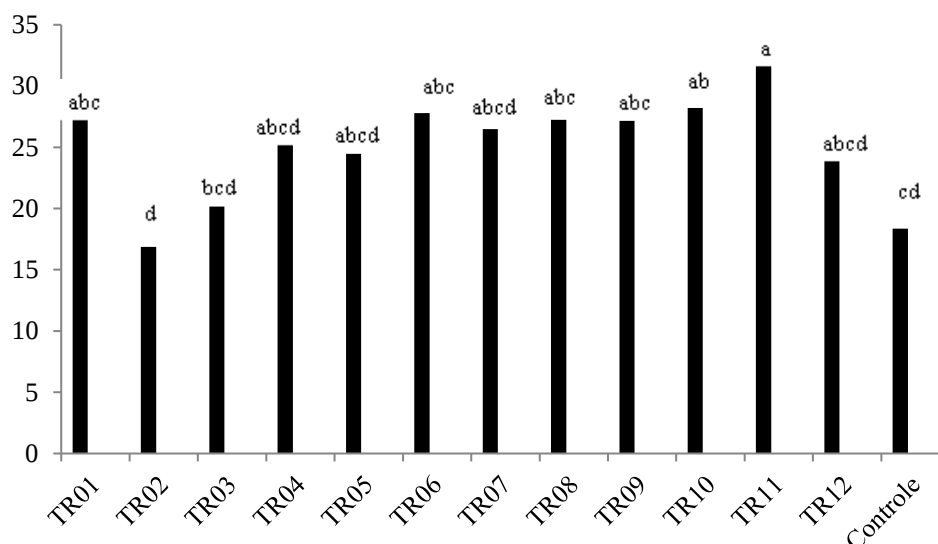
Tabela 2. Comprimento da parte aérea, raiz e acúmulo de biomassa.

Nº	Tratamento	Parte Aérea	Raiz	Biomassa
1	Controle	12,00 c	21,75 a	2,21 d
2	TR01	12,75 bc	20,25 a	2,59 d
3	TR02	12,50 c	24,50 a	3,30 cd
4	TR04	14,00 ab	27,25 a	4,18 bc
5	TR05	14,75 ab	29,00 a	2,94 cd
6	TR06	14,75 ab	35,00 a	4,75 b
7	TR07	15,50 ab	31,00 a	4,83 b
8	TR08	13,25 b	21,25 a	2,39 d
9	TR10	15,25 ab	28,50 a	5,17 b
10	TR11	14,25 ab	28,50 a	7,04 a
11	TR12	13,00 b	23,50 a	3,00 cd

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Para quantificação do Índice SPAD os tratamentos TR10 e TR11 apresentaram os melhores resultados diferindo significativamente do controle (Figura 4).

Figura 4. Índice SPAD (teor de clorofila) de plantas de milho induzidas com *Trichoderma* spp. Isolados do ecótono Amazônia - Cerrado.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Diante dos resultados apresentados, fica evidente a questão salientada por BAUGH e ESCOBAR (2007), sobre o qual denota que a ação de *Trichoderma* spp. como promotor de crescimento equivale em uma atividade complexa, dinâmica e trabalhosa, uma vez que a mesma envolve uma série de interações dependentes de fatores bioquímicos, como a produção de inúmeras enzimas e compostos vantajosos às plantas, devido ao fato de alguns isolados deste gênero fúngico apresentarem dentre os mecanismos de ação, a melhoria na absorção e translocação de nutrientes.

Uma explicação para o bom resultado obtido pelos isolados TR01 e TR03 quanto ao índice de crescimento micelial (IVCM) e o percentual de inibição do crescimento do fitopatógeno (PIC) se dar em razão a competição existente entre o fungo antagonista e o patógeno por inúmeros recursos de maneira simultânea, tais como, nutrientes, espaço e entre outros agentes, gerando uma predisposição para um desenvolvimento mais veloz por parte do microrganismo.

Os isolados de *Trichoderma* spp. do presente trabalho apresentaram rápido crescimento, demonstrando um dos principais mecanismos de controle direto, que é a competição por espaço e nutrientes, como potencial agente de biocontrole. Os solos amazônicos apresentam grande diversidade microbiana, sendo encarregados pela decomposição de resíduos orgânicos e pela liberação de nutrientes em formas inorgânicas, absorvidos pelas raízes de plantas. Nesse sentido, fica claro o papel que os microorganismos, tais como, o *Trichoderma* spp., podem exercer quanto ao equilíbrio do ambiente ecossistêmico, uma vez que participam da ciclagem de nutrientes, atuando tanto no controle biológico quanto no manejo de solos agrícolas (RIBAS *et al.*, 2016; SOUSA, 2019; BONONI, 2020).

Para promoção do crescimento observada em plantas de milho tomando por base as avaliações realizadas conclui-se que os isolados de *Trichoderma* spp. apresentam potencial para incrementar o crescimento de milho em até 29% para parte aérea (TR07) e em mais de 100% para biomassa (TR09 e TR10), mostrando a diversidade de atuação que o fungo pode apresentar. Inúmeros trabalhos mostram o efeito benéfico de espécies de *Trichoderma* spp. no desenvolvimento vegetal em diversas culturas agrícolas. No bojo dessa discussão Lima (2023) observou maiores médias relacionadas ao comprimento da parte aérea e comprimento total de plantas de arroz quando tratadas com *Trichoderma* spp.

Nesse sentido, diversos estudos evidenciam o efeito antagônico de isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium* sp. E é nesse cenário, que JÚNIOR *et al.* (2019) em sua pesquisa bioprospectam cepas do Cerrado Tocantinense a fim de elucidar a atividade do gênero fúngico sobre fungos fitopatogênicos contidos na região, que proporcionou inibição micelial com mais de 41 isolados, nos quais 32 destes se mostravam com potencial para agentes de controle biológico.

CONCLUSÃO

Diante do exposto conclui-se, que foram isoladas 10 cepas de *Trichoderma* spp, e estes isolados de *Trichoderma* spp. obtidos a partir de solos da região do ecótono Amazônia – Cerrado são efetivos para controle direto de fitopatógeno e na promoção de crescimento em plantas de milho. Entretanto, elucidar o papel que o *Trichoderma* spp. exerce de maneira positiva nas interações entre plantas e patógenos é uma árdua tarefa, além de muito desafiadora perante a pesquisa científica, nesse sentido faz-se necessário avaliações mais aprofundadas com objetivo de se caracterizar molecularmente os isolados para fins de identificação e elucidação dos mecanismos.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. Burlington, MA: Elsevier Academic. 2005. 922 p.
- BARBOSA, G. G. *et al.* **Avaliação do potencial de isolados de *Trichoderma* spp. nativos do estado de Mato Grosso do Sul contra o fungo *Colletotrichum musae***. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 1-19, mar./2021.
- BAUGH, C.L.; ESCOBAR, B. (2007) - **The genus *Bacillus* and genus *Trichoderma* for agricultural bio - augmentation**. Rice Farm Magazine, p.1-4.
- BONONI, L. *et al.* **Phosphorus - solubilizing *Trichoderma* spp. from Amazon soils improve soybean plant growth**. Scientific Reports, Laboratory of Environmental Microbiology, Brazilian Agricultural Research Corporation, Embrapa Environment, SP 340 Highway – Km 127.5, 13820-000, Jaguariúna, SP, Brazil, v. 1, n. 1, p. 2-8, out./2020.
- EMBRAPA. **Cultivo do milho-verde irrigado na Baixada Maranhense** / Valdemício Ferreira de Sousa, João Batista Zonta, editores; [autores] Candido Athayde Sobrinho ... [*et al.*]. - São Luís: Embrapa Cacaos 2020.
- FILHO, F.G.O. **Uso de isolados e produto biológico comercial de *Trichoderma* spp. na promoção de crescimento de plantas na fase inicial da cultura da soja**. 2019.34p. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Agronomia – Centro Universitário de Anápolis - UniEvangélica, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/233018>
- FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep. 2007. 574 p.
- GOMES, E. A. **Microrganismos promotores do crescimento de plantas**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n.208. 2016.
- GUEDES, T. M.; MELO, H. C.; KRAN, C. S.; VALE, L. S. R.; SANTOS, W. M.; OLIVEIRA, E. J. **Produção e qualidade fisiológica de sementes de linhagem de milho em**

função de doses de nitrogênio e umidade na colheita. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, e23410917144, 2021.

HOYOS – CARVAJAL, L.; ORDUZ, S.; BISSETT, J. **Genetic and metabolic biodiversity of Trichoderma from Colombia and adjacent neotropic regions.** Fungal Genetic Biological. v. 46, p.615–631, 2009.

ISAIAS, C. O.; MARTINS, I.; SILVA, J. B. T.; SILVA, J. P.; MELLO, S. C. M. **Ação antagônica e de metabólitos bioativos de Trichoderma spp. contra os patógenos Sclerotium rolfsii e Verticillium dahliae.** Summa Phytopathologica, v. 40, n. 1, p. 34-41, 2014.

JÚNIOR, A. F. C. *et al.* **Ação de Trichoderma spp. no controle de Fusarium sp., Rhizoctonia solani e Sclerotium rolfsii.** Revista Agri-Environmental Sciences, Palmas - TO, v. 4, n. 2, p. 9-15, mai./2019. ISSN 2525-4804. Doi: <https://doi.org/10.36725/agries.v4i2.420>.

LIMA, L. S. D. *et al.* **Uso de Trichoderma spp. na promoção de crescimento na cultura do arroz.** Ipê Agronomic Journal, Centro Universitário de Anápolis (UniEvangélica), v. 7, n. 1, p. 1-16, fev./2023. Doi: 10.37951/2595-6906.2023v7i1.9454.

LISBOA, D. M. de. **Isolados de Trichoderma spp. na inibição de fitopatógenos, na germinação de sementes e no desenvolvimento de plantas de tomateiro.** Orientador: Gilmar Franzener. 2018. 43p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/handle/prefix/2912>

MACHADO, D. F. M. *et al.* **Trichoderma no Brasil: O fungo e o bioagente.** Revista de Ciências Agrárias, v. 35, n. 1, p. 274–288, 2012.

MAJEROWICZ, N. **Fotossíntese.** In: KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. 1.ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. p. 114-178.

MELLO, S.C. M, ECKSTEIN, B; MARQUES, E; CARVALHO, D. D. C (2020). **Controle de Doenças de Plantas.** In: Fontes, EMG, Valadares - Inglis MC (Org.). Controle Biológico de Pragas da Agricultura. 1ed. Brasília: Embrapa, p.291-325.

MENEGALDO, J. G. **A importância do milho na vida das pessoas.** Embrapa. 2011

MENEZES, J. P. **Fungos em Bibliotecas: Frequência dos gêneros em livros e elaboração de teste para avaliação da biorreceptividade em papéis.** 2009, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MORANDI, M.A. B; BETTIOL, W. **Controle biológico de doenças de plantas no Brasil.** In: Bettiol, W.; Morandi, M.B.A. Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectiva. Embrapa Meio Ambiente. p. 341, 2009.

MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W.; JÚNIOR, T. J. P. **Controle biológico de doenças em plantas.** In: Zambolim, L.; Júnior, W.C.J.; Rodrigues, F.A. O essencial da fitopatologia: controle de doenças de plantas. 22 ed., Viçosa, MG: UFV, DFP, 2014. p. 177-225.

POVALUK, P.V. **Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho (Zea mays L.) em**

função da posição das sementes na semeadura. 2023.32p.Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos,2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/248108>

RABUSKE, J. E. **Trichoderma asperellum no manejo de doenças e na promoção de crescimento de plantas de nogueira – pecã.** 2021.174p. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2021. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/23686>

RIBAS, PRISCILA PAULY *et al.* **Potencial in vitro para solubilização de fosfato por Trichoderma spp.** Revista Brasileira de Biociências, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 70-75, abr./jun. 2016.

ROSSI, T. G. **Avaliação de genótipos de milho com potencialidade para a produção de milho verde.** 2022.26 f. Monografia (graduação em Agronomia) - Instituto Federal do Espírito Santo, Coordenadoria do Curso de Agronomia. Santa Teresa, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2318>.

SILVA, F. B.; SANTOS, J. R. N.; FEITOSA, F. E. C. S.; SILVA, I. D. C.; ARAÚJO, M. L. S.; GUTERRES; **Evidências de Mudanças Climáticas na Região de Transição Amazônia - Cerrado no Estado do Maranhão.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 3, 330-336, 2016.

SILVA, I. W. **Avaliação de microrganismos promotores de crescimento no tratamento de sementes de soja (glycine max L.).** Orientador: Luiz Volney Mattos Viau. 2016. 41p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em agronomia). Universidade regional do noroeste do estado do rio grande do sul, Ijuí, Rio Grande do Sul.

SILVA, J.C. **Rice sheath blight biocontrol and growth promotion by Trichoderma isolates from the Amazon.** Revista de Ciências Agrárias / Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 55, p. 243-250. 2012.

SILVA, J. N. **Produção de milho cultivar bandeirante em função de diferentes lâminas de irrigação na presença e ausência de cobertura morta.** 2014.45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Agrárias) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, 2014. Disponível em: <http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/5352>

SILVA, L. R. D. *et al.* **Trichoderma: suas interações e uma abordagem metodológica aplicada ao estudo de compostos orgânicos voláteis para o mofo – branco e promoção de crescimento de plantas.** Revisão Anual de Patologia de Plantas - RAPP, Brasília/Distrito Federal, v. 28, n. 1, p. 163-183, jun./2022.

SOUSA, B. C. M. **Promoção de crescimento vegetal de Urochloa brizantha cv. Brs piatã por compostos voláteis do fungo Trichoderma spp.** Orientador: Prof Dr. Aloísio Freitas Chagas Júnior.2019.32f. Trabalho de Conclusão de curso (graduação) – Universidade Federal do Tocantins – Campus Universitário de Gurupi – Curso de Agronomia, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11612/1696>

VERGARA C. *et al.* **Fungos endofíticos septados escuros aumentam a eficiência de recuperação de ^{15}N de adubo verde, teores de N e micronutrientes em grãos de arroz.** Brazilian Journal of Microbiology, Rio de Janeiro, v.9, p.613, 2019.

VINALE, F. *et al.* **A novel role for Trichoderma secondary metabolites in the interactions with plants.** Physiological and molecular plant pathology, v. 72, n. 1-3, p. 80-86, 2008.