

Artigos

Ação antagonista *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*

In vitro antagonist action of *Trichoderma* spp. about *Fusarium oxysporum*

Alexsandra Cezimbra Quevedo¹ 

Marlove Fátima Brião Muniz¹ 

Lucas Gracioli Savian¹ 

Janaina Silva Sarzi¹ 

Mateus Alves Saldanha¹ 

¹Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

RESUMO

A cultura da erva-mate está exposta a doenças que prejudicam o desenvolvimento da planta, reduzindo a produtividade. Dentre essas doenças têm-se a podridão-de-raízes causada por *Fusarium* spp. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação antagonista *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*, agente causal da podridão-de-raízes em erva-mate. Foram utilizados quatro isolados de *Trichoderma* spp. e um isolado de *Fusarium oxysporum*. A ação antagonista de *Trichoderma* spp. sobre *F. oxysporum* foi avaliada por meio do teste de pareamento de culturas e de metabólitos voláteis. No teste de pareamento de culturas, os isolados de *Trichoderma* spp. inibiram o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum*, com percentual de inibição que variou de 13,06% a 14,24%. No teste de metabólitos voláteis, *T. tomentosum* e *T. harzianum* apresentaram os melhores resultados de inibição, com 27,70% e 24,46%, respectivamente. Assim, pode-se concluir que *Trichoderma* spp. apresenta ação antagonista *in vitro* contra *F. oxysporum*, agente causal da podridão-de-raízes em erva-mate.

Palavras-chave: Controle biológico; Erva-mate; Metabólitos voláteis

ABSTRACT

Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) crop is susceptible to many disease-causing agents that affect a plant, like a root rot, reducing its productivity. The present study aimed to evaluate the *in vitro* antagonist potential of *Trichoderma* sp. on *Fusarium oxysporum*, the causal agent of root rot in yerba mate. Four *Trichoderma* spp. isolates and one *Fusarium oxysporum* isolate were used. The antagonistic action of *Trichoderma* spp. on *F. oxysporum* was evaluated through the dual cultures and volatile metabolites tests. The results of the dual cultures assay revealed that *Trichoderma* spp. inhibited the mycelial growth of *Fusarium oxysporum*, with percent inhibition ranging from 13.06 to 14.24%. Moreover, in the volatile metabolites test, *T. tomentosum* and *T. harzianum* showed the best inhibition results, 27.70 and 24.46%, respectively. Thus, *Trichoderma* spp. presented *in vitro* antagonist potential in the control of *Fusarium oxysporum*.

Keywords: Biological control; Mate; Volatile metabolites

1 INTRODUÇÃO

A produção de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill. - Aquifoliaceae) está concentrada no Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, sendo que no Sul do Brasil, a atividade silvicultural desta espécie foi pioneira em movimentar a economia da região (BARBOSA *et al.*, 2020). Além da elevada capacidade de uso da matéria-prima em doces, refrigerantes, medicamentos e cosméticos, as folhas da erva-mate são destinadas, principalmente, ao preparo, por infusão, de um chá denominado chimarrão (BERGOTTINI *et al.*, 2015). Nesse sentido, Cardoso Junior e Morand (2016) relataram aumento no consumo de produtos derivados da erva-mate em vários países, como Itália, Espanha, Estados Unidos, França, Coreia, Austrália, Japão, Alemanha, Rússia e Síria.

Os problemas fitossanitários da cultura da erva-mate têm sido relacionados em condições de viveiro e em árvores jovens, durante o estabelecimento da cultura. Os ervais encontram-se sujeitos ao ataque de patógenos, mesmo recebendo os tratamentos silviculturais recomendados. Fungos do gênero *Fusarium* são conhecidos por causarem diversas doenças, entre elas, a podridão-de-raízes. Dentre os sintomas desta doença, observa-se na parte aérea da muda amarelecimento com ou sem murcha, e queda de folhas, como consequência pode ocorrer a redução no crescimento das plantas, podendo evoluir para a morte. No sistema radicular, aparecem lesões necróticas que provocam o escurecimento e a podridão (AUER; SANTOS, 2016).

O controle das doenças causadas por patógenos disseminados pelo solo é uma tarefa difícil, pois o solo é um ambiente complexo, onde medidas de controle têm sua eficiência reduzida ou aplicação dificultada. O controle biológico, utilizando microrganismos antagônicos de natureza fúngica ou bacteriana aplicados diretamente no solo, em sementes ou em órgãos de propagação vegetativa, é uma forma desejável de controle para patógenos veiculados pelo solo (BEDENDO, 2018).

Atualmente, fungos do gênero *Trichoderma* apresentam importância econômica para a agricultura, uma vez que são capazes de atuarem como agentes de controle de doenças em várias plantas cultivadas, além de serem promotores de crescimento e indutores de resistência de plantas a doenças (THONAR *et al.*, 2017). *Trichoderma* é um dos principais microrganismos empregados no controle biológico de doenças, por isso, também é um dos mais encontrados nas formulações de produtos comerciais. Vários estudos têm comprovado que mecanismos como antibiose, parasitismo, predação e competição podem ser empregados simultaneamente pelo antagonista frente a um agente patogênico *in vitro*, assim como a indução de resistência e a hipovirulência em plantas (MEYER *et al.*, 2019). O mecanismo de antibiose tem chamado a atenção para estudos, devido a capacidade da produção de metabólitos e de enzimas que possuem propriedade antifúngica, sendo empregados no controle de diversos fitopatógenos em grandes culturas (GEBAUER, 2020).

Pela importância que a cultura da erva-mate apresenta e pelos prejuízos ocasionados pelo agente causal da podridão-de-raízes, a busca por estratégias de controle são fundamentais. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar, através de testes *in vitro*, o potencial antagonista de *Trichoderma* spp. frente a *Fusarium oxysporum*, agente causal da podridão-de-raízes em erva-mate.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local dos experimentos e obtenção dos isolados fúngicos

Como agente patogênico, foi utilizado um isolado de *Fusarium oxysporum* (I6AR2), obtido de raízes de plantas adultas de erva-mate com sintomas da doença em um plantio localizado no município de Ilópolis, no Rio Grande do Sul (MEZZOMO *et al.*, 2018). Como agentes de controle biológico, foram utilizados quatro isolados de *Trichoderma* spp. Os isolados (IST1, IVCT1 e IIOT1) foram obtidos de solo rizosférico de pomares comerciais de *Citrus deliciosa* localizados no município de Montenegro, Rio Grande do Sul (KRAHN, 2017). Um isolado (T2S) foi obtido de uma área conduzida sob sistema plantio direto na palha localizada no município de Victor Graeff, Rio Grande do Sul (MILANESI *et al.*, 2013) (Tabela 1). Todos os isolados utilizados foram purificados pelo método de cultura monospórica e estavam armazenados em água destilada esterilizada no Laboratório de Fitopatologia "Elocy Minussi", do Departamento de Defesa Fitossanitária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Tabela 1 – Código do isolado, espécie, data da coleta, município, estado, coordenadas (GMS) e número de acesso no GenBank

Isolado	Espécie	Data da coleta	Município / Estado	Coordenadas (GMS)	Número de acesso no GenBank
I6AR1	<i>Fusarium oxysporum</i>	jan/15	Ilópolis - RS	28°53'58,1" S 52°04'48,0" W	MF318446
IST1	<i>Trichoderma harzianum</i>	fev/15	Montenegro - RS	29°37'58,5" S 51°28'14,8" W	MN128943
IVCT1	<i>Trichoderma asperellum</i>	jul/16	Montenegro - RS	29°38'21,2" S 51°28'39,9" W	MN329691
IIOT1	<i>Trichoderma koningiopsis</i>	jul/15	Montenegro - RS	29°37'56,5" S 51°28'21,5" W	MN319462
T2S	<i>Trichoderma tomentosum</i>	mai/10	Victor Graeff - RS	28°31'40" S 52°40'18" W	KC155357

Fonte: Autores (2021)

2.2 Crescimento micelial dos isolados

Foi depositado um disco de micélio de 8 mm de diâmetro de *Trichoderma* spp. e *F. oxysporum*, separadamente, no centro das placas de Petri (90 mm de diâmetro), contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar). Após, as placas foram transferidas para câmara do tipo B.O.D., a temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 h. Foram utilizadas seis repetições, cada uma composta por uma placa de Petri. Durante o tempo de incubação, foram realizadas medições diárias do diâmetro das colônias, em sentidos diametralmente opostos com auxílio de um paquímetro digital, resultando em uma média de duas leituras. As leituras foram concluídas em três dias quando o crescimento da colônia de um dos isolados de *Trichoderma* spp. completou a placa.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial, através do programa estatístico Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2014). Os modelos linear, quadrático e cúbico foram testados e foi selecionado o modelo significativo de maior ordem para explicar os resultados.

2.3 Pareamento de culturas

Primeiramente, o isolado de *Fusarium oxysporum* e os isolados de *Trichoderma* spp. foram cultivados em câmara de incubação do tipo B.O.D., em meio de cultura BDA (sete dias a 25°C e fotoperíodo de 12 h). Posteriormente, foi depositado um disco de micélio de 8 mm de diâmetro de *F. oxysporum*, em placas de Petri (90 mm de diâmetro), a 0,5 cm da extremidade, contendo meio de cultura BDA. As placas foram vedadas e incubadas a 25°C durante 48 h. Após esse período, foram acrescentados discos (8 mm de diâmetro) de BDA contendo micélio de *Trichoderma* spp. na extremidade oposta da placa que continha o isolado de *F. oxysporum*, exceto no tratamento testemunha, que manteve-se apenas o patógeno em uma das extremidades da placa. Novamente, as placas foram vedadas e transferidas para câmara de incubação a 25°C com fotoperíodo de 12 h, por sete dias.

Foram conduzidos os seguintes tratamentos: T1 – *T. harzianum* (IST1) x *F. oxysporum*; T2 – *T. tomentosum* (T2S) x *F. oxysporum*; T3 – *T. asperellum* (IVCT1) x *F. oxysporum*; T4 – *T. koningiopsis* (IIOT1) x *F. oxysporum* e T5 – Testemunha (somente *F. oxysporum*). Para cada tratamento, foram utilizadas seis repetições, onde cada repetição foi composta por uma placa de Petri e durante o tempo de incubação, foram realizadas medições diárias do diâmetro das colônias de *F. oxysporum*, com auxílio de um paquímetro digital.

O cálculo da porcentagem de inibição do crescimento micelial foi determinado por meio da Equação (1).

$$\% \text{ inibição} = \frac{R1-R2}{R1} \times 100 \quad (1)$$

Em que: R1 = crescimento radial da testemunha; R2 = crescimento radial do tratamento.

A escala proposta por Bell *et al.* (1982) também foi usada para a avaliação do biocontrole, esta, por sua vez, atribui classes que variam de 1 a 5, dependendo do desempenho do antagonista: nota 1 = quando o antagonista cresce e ocupa toda a placa; nota 2 = quando o antagonista cresce sobre parte do patógeno (2/3 da placa); nota 3 = quando o antagonista e patógeno crescem até a metade da placa (nenhum domina o outro); nota 4 = o patógeno cresce e ocupa uma parte do antagonista (2/3 da placa); e nota 5 = o patógeno cresce e ocupa toda a placa.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, no programa estatístico Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2014).

2.4 Ação de metabólitos voláteis de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*

Para avaliação do potencial inibidor de metabólitos voláteis produzidos pelos isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*, realizaram-se ensaios baseados na metodologia descrita por Dennis e Webster (1971), com adaptações. Os tratamentos foram os mesmos utilizados no teste de pareamento de culturas.

Primeiramente, foi depositado um disco de micélio de 8 mm de diâmetro de *F. oxysporum*, no centro das placas de Petri (90 mm de diâmetro) contendo meio de cultura BDA. As placas foram vedadas e mantidas por 48 h em câmara de incubação a 25 °C com fotoperíodo de 12 h. Decorrido esse período inicial de incubação, fez-se a transferência de um disco de micélio dos isolados de *Trichoderma* spp. no centro de novas placas de Petri, com as mesmas dimensões e contendo meio de cultura BDA. Posteriormente, as bases das placas contendo antagonista e o patógeno foram sobrepostas e unidas com plástico Parafilm®. As placas foram transferidas para câmara de incubação sob as condições de temperatura e fotoperíodo controladas (sete dias a 25 °C e fotoperíodo de 12 h). Como testemunha, foi sobreposta uma base contendo o patógeno e outra contendo apenas meio BDA.

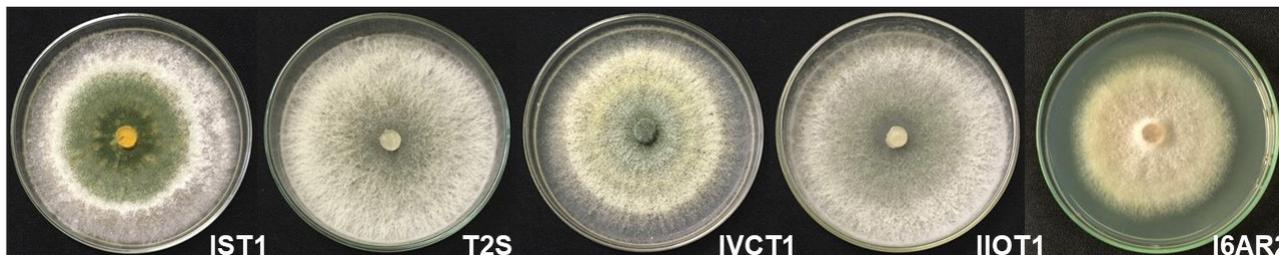
Seis repetições foram usadas para cada tratamento, onde cada repetição foi composta pela união de duas bases de placas de Petri. Medições diárias do diâmetro das colônias de *F. oxysporum* foram realizadas com auxílio de paquímetro digital durante os sete dias de incubação. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, no programa estatístico Sisvar versão 5.3 (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Crescimento micelial dos isolados

Observando o crescimento micelial dos diferentes isolados de *Trichoderma* spp. e do isolado de *Fusarium oxysporum* quando cultivados em meio BDA (Figura 1), ambos com três dias de avaliação, é possível verificar que há uniformidade no crescimento dos antagonistas, enquanto que o isolado do patógeno apresentou crescimento micelial inferior. O crescimento micelial maior do antagonista em relação ao patógeno é uma característica desejável, pois se os dois competirem por espaço, nutrientes ou qualquer outro fator, a tendência é do microrganismo que apresenta desenvolvimento mais rápido ter vantagem sobre o outro.

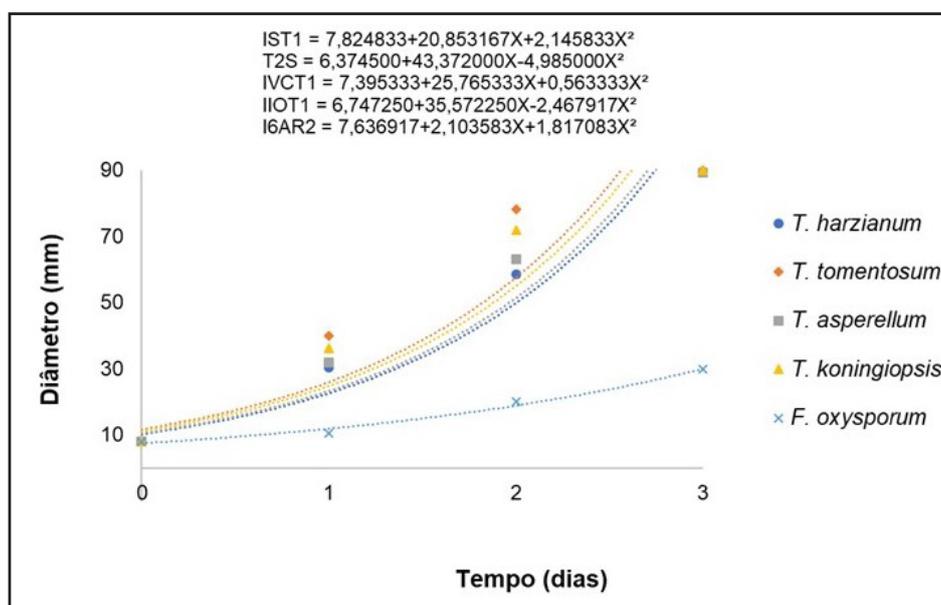
Figura 1 – Crescimento micelial de *Trichoderma harzianum* (IST1), *T. tomentosum* (T2S), *T. asperellum* (IVCT1), *T. koningiopsis* (IIOT1) e *Fusarium oxysporum* (I6AR2)



Fonte: Autores (2021)

Aos três dias de incubação, os isolados *Trichoderma tomentosum*, *T. koningiopsis*, *T. harzianum* e *T. asperellum* apresentaram diâmetro da colônia de 90,00, 90,00, 89,52 e 89,16 mm, respectivamente. No mesmo período de avaliação, o patógeno apresentou diâmetro de aproximadamente 29,94 mm (Figura 2). Assim, é possível observar que as espécies de *Trichoderma* spp. possuem velocidade de crescimento superior a *F. oxysporum*.

Figura 2 – Análise de regressão dos diâmetros das colônias dos isolados de *Trichoderma* spp. e do isolado de *Fusarium oxysporum* cultivados em meio de cultura BDA a 25 °C e fotoperíodo de 12h



Fonte: Autores (2021)

Corroborando com o presente estudo, Mezzomo *et al.* (2018), ao avaliarem o crescimento micelial de *Fusarium* spp. em diferentes meios de cultura e sob exposição a diferentes níveis de luz, observaram que o isolado I6AR2 apresentou bom crescimento micelial tanto nos diferentes meios de cultura como nos diferentes níveis de luminosidade. É possível observar diferenças no crescimento micelial dos isolados de *Trichoderma* comparado ao isolado de *F. oxysporum*, em que ao terceiro dia de incubação os isolados de *Trichoderma* apresentaram diâmetro da colônia aproximadamente três vezes maior ao da colônia do patógeno. Esses resultados podem ser justificados pelo fato de que espécies do gênero *Trichoderma* spp. apresentam como características esporulação abundante e rápido crescimento (HOWELL, 2003; MILANESI, 2009).

3.2 Teste de pareamento de culturas

Os quatro isolados de *Trichoderma* spp. mostraram-se eficientes para o controle de *Fusarium oxysporum* (Tabela 2). Observando o crescimento micelial, verificou-se que a utilização do agente antagonista (*Trichoderma* spp.) reduziu o crescimento micelial do patógeno. O crescimento micelial do patógeno confrontado com os isolados de *Trichoderma* spp. diferiram estatisticamente da testemunha, no entanto, sem diferenças entre si.

Utilizando a técnica de pareamento de culturas para avaliar a ação antagonista *in vitro* de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium* spp., Krahn (2017) verificou que todos os isolados de *Fusarium* spp. apresentaram redução no crescimento micelial variando de 18,84 a 29,92 mm. De Sá *et al.* (2019), utilizando a mesma técnica para avaliar a ação antagonista de bactérias do gênero *Bacillus* e do fungo *Trichoderma* sp. no controle de *Fusarium* sp. responsável por danos em plantas de feijão-caupi, obtiveram resultados satisfatórios de redução do crescimento micelial de *Fusarium* sp. em 56 mm quando pareado com *Trichoderma* sp. Esses resultados corroboram com os encontrados no presente estudo, tendo em vista que os isolados de *Trichoderma* spp. reduziram o crescimento micelial do patógeno (*F. oxysporum*).

Tabela 2 – Crescimento micelial, percentual de inibição e escala de notas (BELL *et al.*, 1982) do teste de pareamento de culturas *in vitro* de *Fusarium oxysporum* sobre *Trichoderma* spp. em meio BDA

Isolados	Crescimento micelial (mm)	Inibição (%)	Bell
IST1 - <i>T. harzianum</i>	47,24 a*	14,24 a	2 a
T2S - <i>T. tomentosum</i>	46,46 a	15,66 a	2 a
IVCT1 - <i>T. asperellum</i>	47,89 a	13,06 a	2 a
ILOT1 - <i>T. koningiopsis</i>	46,48 a	15,61 a	2 a
I6AR2 - <i>F. oxysporum</i>	55,08 b	-	-
Média Geral	48,63	14,64	2
CV (%)	1,84	12,7	0

Fonte: Autores (2021)

Em que: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; CV= Coeficiente de variação.

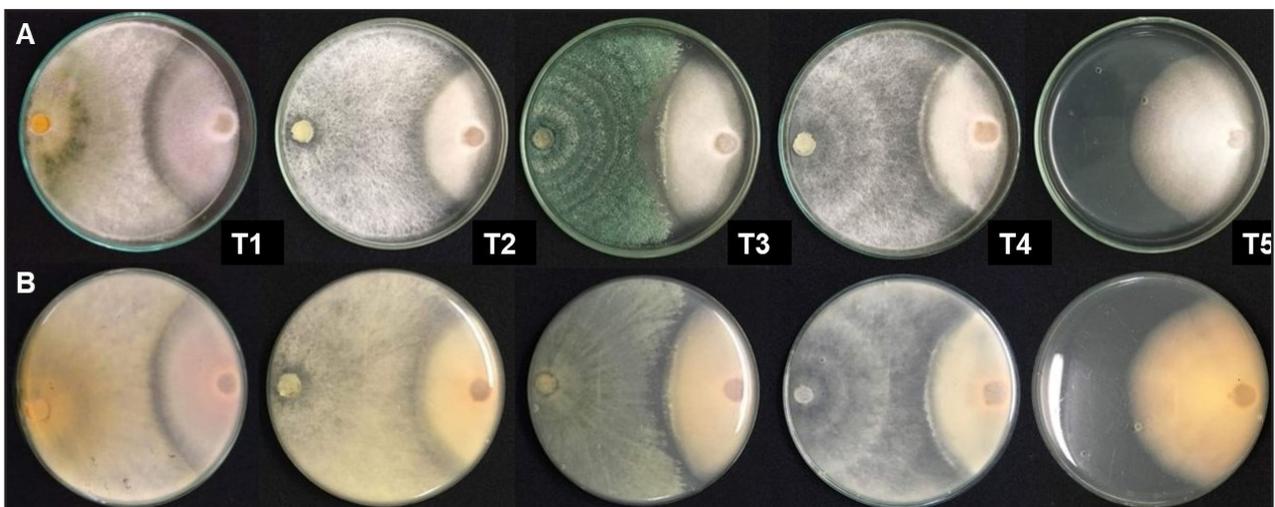
Através do cálculo de percentual de inibição (Tabela 3), pode-se perceber que os isolados de *Trichoderma* spp. inibiram o crescimento do patógeno em até 15,66% para o isolado de *T. tomentosum* (T2S), que não diferiu dos demais isolados.

Diversas espécies de *Trichoderma* são utilizadas no âmbito das pesquisas científicas que visam formas alternativas de controle de fitopatógenos, o controle pode ocorrer por diferentes mecanismos, como competição, antibiose ou micoparasitismo (RAJESH *et al.*, 2016). Alguns autores relatam a efetividade da utilização de *Trichoderma* spp. como antagonista, através da inibição do crescimento micelial de patógenos. Os estudos realizados por Medeiros *et al.* (2020), por exemplo, avaliaram o crescimento micelial de *T. viride*, *T. harzianum*, *T. asperellum* e *Trichoderma* spp. sobre *F. moniliforme*, obtendo como resultado 9,86, 26,48, 22,90 e 28,44 mm respectivamente.

Verificou-se no teste de pareamento de culturas que os isolados de *Trichoderma* spp. não se diferenciaram estatisticamente pela escala de notas proposta por Bell *et al.* (1982). Todos os tratamentos obtiveram notas médias próximas a 2,00, que de acordo com os autores é considerado como tendo um bom potencial antagonista

quando atingindo notas (valor médio) ≤ 2 , ou seja, o antagonista cresce e ocupa parte do patógeno (2/3 da placa). Apesar de não haver diferença estatística, conforme a escala de Bell, todos apresentaram potencial de biocontrole de *F. oxysporum* (Figura 3).

Figura 3 – Teste de pareamento de culturas utilizando isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum* em meio BDA



Fonte: Autores (2021)

Em que: A: Vista superior; B: Vista inferior; T1: *T. harzianum* (IST1) x *F. oxysporum*; T2: *T. tomentosum* (T2S) x *F. oxysporum*; T3: *T. asperellum* (IVCT1) x *F. oxysporum*; T4: *T. koningiopsis* (IIOT1) x *F. oxysporum*; T5: *F. oxysporum* (I6AR2).

Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os observados por Silva *et al.* (2019), em que os autores verificaram que, no geral, os isolados de *Trichoderma* spp. obtiveram notas iguais ou inferiores a 2, utilizando a escala de Bell *et al.* (1982), indicando o potencial de *Trichoderma* spp. em competir por espaço e nutrientes com *Fusarium subglutinans*. Os resultados também corroboram com os de Junior *et al.* (2018), que detectaram 22 isolados de *Trichoderma* spp., com potencial de biocontrole sobre *Rhizoctonia solani*.

3.3 Ação de metabólitos voláteis de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*

Quanto à produção de metabólitos voláteis, todos os isolados de *Trichoderma* spp. mostraram-se eficientes no controle de *Fusarium oxysporum* (Tabela 3). Os isolados T2S e IST1 obtiveram os melhores resultados na inibição do crescimento micelial de *F. oxysporum* (I6AR2), sendo 27,70% e 24,46%, respectivamente, diferindo estatisticamente de IIOT1 (16,46%) e IVCT1 (13,65%). Nesse teste o isolado de *Fusarium oxysporum* teve maior crescimento quando comparado ao teste de pareamento, e isso refletiu em uma maior inibição quando confrontado com os isolados de *Trichoderma* spp.

Tabela 3 – Crescimento micelial (mm) e percentual de inibição *in vitro* de *Fusarium oxysporum* no teste de metabólitos voláteis com *Trichoderma* spp. em meio BDA

Isolados	Crescimento micelial (mm)	Inibição (%)
IST1 - <i>T. harzianum</i>	66,91 ab*	24,46 a
T2S - <i>T. tomentosum</i>	64,04 a	27,70 a
IVCT1 - <i>T. asperellum</i>	76,48 c	13,65 b
IIOT1 - <i>T. koningiopsis</i>	73,99 bc	16,46 b
I6AR2 - <i>F. oxysporum</i>	88,57 d	-
Média Geral	74,00	20,57
CV (%)	3,07	15,54

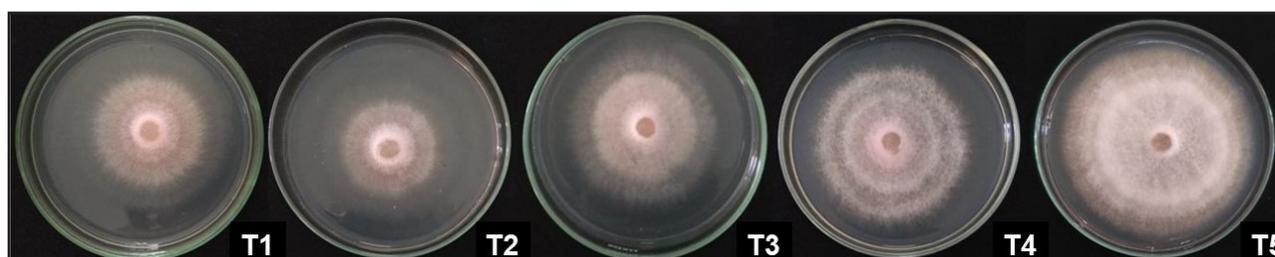
Fonte: Autores (2021)

Em que: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro; CV= Coeficiente de variação

Utilizando metodologia semelhante, Bezerra *et al.* (2019) obtiveram resultados de redução no crescimento micelial de *Fusarium guttiforme*, através de metabólitos voláteis liberados por *Trichoderma* spp. onde os percentuais de inibição de crescimento promovido pela ação antagônica de *Trichoderma* spp. variam de 67,30% a 71,66%, mostrando que os isolados dos antagonistas atuam diretamente na inibição de crescimento do agente patogênico por ação de metabólitos voláteis. Azevedo *et al.* (2020) testaram isolados de *Trichoderma* sp. como antagonista para *F. solani* e *F. oxysporum* e concluíram que os isolados de *Trichoderma* sp. foram eficientes competidores e produziram metabólitos capazes de inibir o crescimento micelial

das duas espécies de *Fusarium*, e que *Trichoderma* sp. demonstram uma grande versatilidade dos mecanismos de ação dos isolados, principalmente relacionados à produção de compostos orgânicos voláteis. Além disso, os resultados do presente estudo se justificam com a hipótese levantada por Dennis e Webster (1971), os quais atestam que espécies do gênero *Trichoderma* são eficazes na produção de metabólitos voláteis capazes de inibir o crescimento de muitos microrganismos em meio de cultura.

Figura 4 – Teste de metabólitos voláteis utilizando isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum* em meio BDA



Fonte: Autores (2021)

Em que: T1: *T. harzianum* (IST1) x *F. oxysporum*; T2: *T. tomentosum* (T2S) x *F. oxysporum*; T3: *T. asperellum* (IVCT1) x *F. oxysporum*; T4: *T. koningiopsis* (IIOT1) x *F. oxysporum*; T5: *F. oxysporum* (I6AR2).

4 CONCLUSÃO

Os isolados de *Trichoderma* spp. apresentam potencial antagonista no controle *in vitro* de *Fusarium oxysporum*, agente causal da podridão-de-raízes em erva-mate.

REFERÊNCIAS

AUER, C. G.; SANTOS, A. F. DOS. **Doenças da Erva-Mate**. In: AMORIN, L; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO L. E. A. Manual de Fitopatologia. Ouro Fino-MG: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, p. 343-349.

AZEVEDO, D. M. Q.; DA SILVA ROCHA, F.; FERNANDES, M. D. F. G.; DA COSTA, C. A.; MUNIZ, M. D. F. S.; BARROSO, P. D.; DO ROSÁRIO BARBOSA, D. M. C. Antagonistic effect of *Trichoderma* isolates and its metabolites against *Fusarium solani* and *F. oxysporum* in chickpea/Efeito antagonista de isolados de *Trichoderma* e seus metabólitos contra *Fusarium solani* e *F. oxysporum* em grão-de-bico. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36344-36361, 2020.

BARBOSA, E. L. DE A.; BEN, T. J.; PETRANSKI, P. H.; LENA, B. P.; LOMBARDI, K. C.; WATZLAWICK, L. F.; ÁVILA, F. W. Factors influencing the cutting rooting of yerba mate (*Ilex paraguariensis*): a review. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, p. e101963520-e101963520, 2020.

BERGOTTINI, V. M.; OTEGUI, M. B.; SOSA, D. A.; ZAPATA, P. D.; MULOT, M.; REBORD, M.; ZOPFI, J.; WISS, F.; BENREY, B.; JUNIER, P. Bioinoculação de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) com rizobactérias nativas que promovem o crescimento de plantas: uma alternativa sustentável para melhorar o rendimento das culturas. **Biologia e Fertilidade dos Solos**, v. 51, p. 749-755, 2015.

BEZERRA, G. A.; MUSSI-DIAS, V.; SANTOS, P. H. D.; AREDES, F. A. S.; SILVEIRA, S. F. Identificação e seleção de espécies de *Trichoderma* spp. endofíticos de bromélias de restingas como agentes de biocontrole da fusariose em frutos de abacaxi. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 2, p.172-178, 2019.

CARDOSO JUNIOR, E. L.; MORAND, C. Interest of mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) as a new natural functional food to preserve human cardiovascular health – a review. **Journal of Functional Foods**, v.1, p. 440-454. 2016.

BEDENDO, I. P. **Podridões de raiz e colo**. In: Manual de fitopatologia: princípios e conceitos, v. 1, 2018.

BELL, D. K; WELLS, H. D.; MARKHAM, C.R. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Ecology and Epidemiology**, Järfälla, v. 72, n. 4, p. 379 – 382, 1982.

CARMO, A. L. M. **Fusarium em sementes de pinus no Brasil**: distribuição, patogenicidade, identificação de espécies e controle biológico. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017. 89p. Tese Doutorado.

CARVALHO, D. D. C.; MELLO, S. C. M.; JÚNIOR, M. L.; SILVA, M. C. Controle de *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* *in vitro* e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1, p. 28-34, 2011.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species - groups of *Trichoderma*: III. Hyphal interactions. **Transactions British Mycological Society**, Manchester, v. 57, p. 363-369, 1971.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GEBAUER, J. T. **Ocorrência natural de *Trichoderma* em laranjeiras do Sul - PR e seu efeito na inibição do solo do feijoeiro**. 2020. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável) - Universidade Federal da Fronteira do Sul, Laranjeiras do Sul, 2020.

HOWELL, C. R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. **Plant Disease**, v. 87, n. 1, p. 4 - 10, 2003.

JUNIOR, A. F. C.; CHAGAS, L. F. B.; SANTOS, G. R. DOS; MARTINS, A. L. L.; FILHO, M. R. DE C.; MILLERELISTA, L. DE O. Ação de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. **Agri-environmental sciences**, v. 4, n. 2, p. 9-15, 2018.

KRAHN, J. R. T. **Microbiota do solo em três sistemas de cultivo de citros e patogenicidade de *Fusarium* spp.** 2017. 95 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

MEDEIROS, J. C. D.; MARTINS, W. S.; MIRANDA, F. F. R. DE. Antagonismo de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Fusarium moniliforme* na cultura do milho. **Revista Sítio Novo**, v. 4, n. 4, p. 169-178, 2020.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. DA. ***Trichoderma***: Uso na agricultura. Brasília: Embrapa, 2019. 538p.

MEZZOMO, R.; ROLIM, J. M.; POLETTO, T.; ROSENTHAL, V. C.; SAVIAN, L. G.; REINIGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B. Morphological and molecular characterization of *Fusarium* spp. pathogenic to *Ilex paraguariensis*. **Cerne**, v.24, n.3, p. 209-218, 2018

MEZZOMO, R.; ROLIM, J. M.; POLETTO, T.; OLIVEIRA, M. B. DE; LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M. F. B. Mycelial growth and sporulation of *Fusarium* spp. pathogenic to *Ilex paraguariensis* in different culture media and under exposure to different light levels. **Scientia agraria**, v. 19, n. 1, p. 14-19, 2018

MILANESI, P. M.; BLUME, E.; ANTONIOLI, Z. I.; MUNIZ, M. F. B.; SANTOS, R. F. DOS.; FINGER, G.; DURIGON, M. R. Biocontrole de *Fusarium* spp. com *Trichoderma* spp. e promoção de crescimento em plântulas de soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 347-356, 2013.

WAGHUNDE, R. R.; SHELAKI, R. M.; SABALPARA, A. N. *Trichoderma*: A significant fungus for agriculture and environment. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 22, p. 1952-1965, 2016.

SARAVANAKUMAR, K.; LI, Y.; YU, C.; WANG, Q.; WANG, M.; SUN, J.; GAO, J.; CHEN, J. Effect of *Trichoderma harzianum* on maize rhizosphere microbiome and biocontrol of *Fusarium* Stalk rot. **Scientific reports**, v.7, n.1, p. 1-13, 2017.

SILVA, T. W. R.; SANTOS, A. F. DOS; AUER, C. G.; TESSMANN, D. J. Pine Seeds Treatment with *Trichoderma* for *Fusarium* Control. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 2, p. 1-8, 2019.

THONAR, C.; LEKFELDT, J. D. S.; COZZOLINO, V.; KUNDEL, D.; KULHÁNEK, M.; MOSIMANN, C.; N, G.; PICCOLO, A.; REX, M.; SYMANCZIK, S.; WALDER, F.; WEINMANN, M.; NEERGAARD, A. DE; MADER, P. Potential of three microbial bio-effectors to promote maize growth and nutrient acquisition from alternative phosphorous fertilizers in contrasting soils. **Chem. Biol. Technol. Agric.** v. 4, n. 7, p. 1-16, 2017.

Contribuição de Autoria

1 Alexandra Cezimbra Quevedo

Engenheira Florestal, Ma., Pesquisadora

<https://orcid.org/0000-0002-2751-1068> • alequevedo1997@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 Marlove Fátima Brião Muniz

Engenheira Agrônoma, Dra., Professora

<https://orcid.org/0000-0001-7436-9589> • marlovemuniz@yahoo.com.br

Contribuição: Análise Formal, Administração do projeto, Recursos, Supervisão, Validação, Visualização de dados das tabelas e gráficos, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

3 Lucas Graciolli Savian

Engenheiro Florestal, Pesquisador

<https://orcid.org/0000-0002-4398-7998> • lucassavian17@gmail.com

Contribuição: Análise Formal, Metodologia, Escrita – revisão e edição

4 Janaina Silva Sarzi

Engenheira Agrônoma, Ma., Pesquisadora

<https://orcid.org/0000-0002-2447-3115> • janainasarzi@yahoo.com.br

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Escrita – revisão e edição

5 Mateus Alves Saldanha

Engenheiro Florestal, Me., Pesquisador

<https://orcid.org/0000-0002-1788-8179> • mtsmateusalves@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Análise Formal, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Quevedo, A. C.; Muniz, M. F. B.; Savian, L. G.; Sarzi, J. S.; Saldanha, M. A. Ação antagonista *in vitro* de *Trichoderma* spp. sobre *Fusarium oxysporum*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 4, p. 2288-2303, 2022. DOI 10.5902/1980509868437. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509868437>.