



INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS MORRINHOS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

MÁRCIO ANTÔNIO ARAÚJO SOUSA

**Biocontrole da rizoctoniose do tomateiro pelo uso de *Trichoderma orarium* e
*T. brevicompactum***

MORRINHOS-GO
2026

MÁRCIO ANTÔNIO ARAÚJO SOUSA

**Biocontrole da rizoctoniose do tomateiro pelo uso de *Trichoderma orarium* e
*T. brevicompactum***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia do Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes
Coorientador(a): Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/IF Goiano Campus Morrinhos

S725b Sousa, Márcio Antônio Araújo.

Biocontrole da rizoctoniose do tomateiro pelo uso de *Trichoderma orarium* e *T. brevicompactum*. / Márcio Antônio Araújo Sousa. – Morrinhos, GO: IF Goiano, 2026.

26 f. : il. color.

Orientador: Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Coorientador: Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, Bacharelado em Agronomia, 2026.

1. *Solanum lycopersicum*. 2. Pragas agrícolas - Controle biológico. 3. Micoparasitismo. I. Pontes, Nadson de Carvalho. II. Paz Filho, Erasmo Ribeiro da. III. Instituto Federal Goiano. IV. Título.

CDU 635.64

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /


O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Documento assinado digitalmente
 **MARCIO ANTONIO ARAUJO SOUSA**
Data: 10/06/2026 09:41:09-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

/ /
Data

Assina

Documento assinado digitalmente

s autorais



NADSON DE CARVALHO PONTES
Data: 10/06/2026 10:01:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 6/2026 - CCBA-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) vinte e oito dia(s) do mês de maio de 2026, às 13 horas, reuniu-se a banca examinadora composta por: Prof. Nadson de Carvalho Pontes (orientador), Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho (coorientador), Dr. Leonardo Cunha de Albuquerque (membro) e Prof. Rodrigo Vieira da Silva (membro), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado "**BIOCONTROLE DA RIZOCTONIOSE DO TOMATEIRO PELO USO DE *Trichoderma orarium* E *T. brevicompactum***" do estudante **MÁRCIO ANTÔNIO ARAÚJO SOUSA**, Matrícula nº 2022104220210343 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC e houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante com **NOTA 10**. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

Nadson de Carvalho Pontes
Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Erasmo Ribeiro da Paz Filho
Coorientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Leonardo Cunha de Albuquerque
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Rodrigo Vieira da Silva
Membro

Observação:

() O(a) estudante não compareceu à defesa do TC.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Nadson de Carvalho Pontes**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 28/05/2026 14:56:04.
- **Rodrigo Vieira da Silva**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 28/05/2026 14:58:50.
- **Leonardo Cunha de Albuquerque**, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 28/05/2026 16:16:55.
- **Erasmio Ribeiro da Paz Filho**, 2024104341340001 - Discente, em 28/05/2026 16:43:32.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/05/2026. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 824446

Código de Autenticação: b4f1906442



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Morrinhos
Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, SN, Zona Rural, MORRINHOS / GO, CEP 75650-000
(64) 3413-7900

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela saúde e por me conceder a força e a perseverança para superar cada desafio ao longo desta caminhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes, e ao meu coorientador, Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho, pela orientação, confiança e paciência. Sou grato pelos valiosos ensinamentos que foram pilares fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, em especial aos professores do curso de Agronomia, pela oportunidade de formação acadêmica e pelos conhecimentos compartilhados ao longo destes anos, fundamentais para a minha trajetória.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de pesquisa, que possibilitou o suporte necessário para o desenvolvimento deste estudo.

À minha família, pelo apoio incondicional, incentivo constante e por sempre acreditarem em mim. Vocês são a base de todas as minhas conquistas.

À minha namorada, July Hevelyn, pelo amor e companheirismo durante toda essa trajetória. Agradeço por acreditar no meu sonho como se fosse o seu e por ser o meu maior apoio nos momentos de incerteza; esta conquista também é sua.

Aos meus colegas de laboratório e amigos, pela convivência, troca de conhecimentos e pelo auxílio essencial no desenvolvimento das atividades experimentais, em especial à minha amiga Fernanda Negreiros, pela amizade leal e por todos os momentos compartilhados que tornaram essa jornada mais leve.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a concretização deste estudo, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A rizoctoniose, causada por *Rhizoctonia solani*, é uma das principais doenças que afetam o tomateiro, provocando prejuízos na produção. O controle biológico com fungos do gênero *Trichoderma* tem se destacado como uma alternativa sustentável no manejo de fitopatógenos de solo. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial antagonista de isolados de *Trichoderma* spp. nativos do Cerrado brasileiro no controle da rizoctoniose do tomateiro. Inicialmente, foi realizada a prospecção e identificação molecular dos isolados. Em seguida, avaliou-se o potencial antagônico por meio de testes *in vitro*, incluindo pareamento direto, produção de compostos orgânicos voláteis e não voláteis. Posteriormente, os isolados mais promissores foram selecionados para ensaio em casa de vegetação, visando avaliar a incidência e severidade da doença. Os resultados demonstraram que os isolados LAFIP 006 (*Trichoderma* sp.) e LAFIP 007 (*T. orarium*) apresentaram potencial antagonista, destacando-se na inibição do crescimento micelial de *R. solani*, incidência e severidade em plantas de tomate. A atuação desses isolados está associada à ação integrada de múltiplos mecanismos de controle, como antibiose, competição e possível indução de resistência. Dessa forma, conclui-se que os isolados avaliados apresentam potencial para aplicação no manejo biológico da rizoctoniose do tomateiro, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis na agricultura.

Palavra-chave: controle biológico, micoparasitismo, severidade, *Solanum lycopersicum*

ABSTRACT

Rhizoctonia blight, caused by *Rhizoctonia solani*, is one of the main diseases affecting tomato plants, causing significant production losses. Biological control using fungi of the genus *Trichoderma* has emerged as a sustainable alternative in the management of soil-borne phytopathogens. In this context, the present work aimed to evaluate the antagonistic potential of *Trichoderma* spp. isolates native to the Brazilian Cerrado in controlling tomato rhizoctonia. Initially, molecular prospecting and identification of the isolates was carried out. Subsequently, the antagonistic potential was evaluated through *in vitro* tests, including direct pairing, and the production of volatile and non-volatile organic compounds. Subsequently, the most promising isolates were selected for greenhouse testing, aiming to evaluate the reduction in the incidence and severity of the disease. The results demonstrated that the isolates LAFIP 006 (*Trichoderma* sp.) and LAFIP 007 (*T. orarium*) showed high antagonistic potential, standing out in the inhibition of mycelial growth of *R. solani* and in the significant reduction of the incidence and disease index in tomato plants. The behavior of these isolates is associated with the integrated action of multiple control mechanisms, such as antibiosis, competition, and possible induction of resistance. Therefore, it can be concluded that the isolates evaluated show potential for application in the biological management of tomato rhizoctonia, contributing to the development of more sustainable strategies in agriculture.

Keyword: biological control, mycoparasitism, severity, *Solanum lycopersicum*

Sumário

1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVOS	5
2.1	Objetivo geral.....	5
2.2	Objetivos específicos.....	5
3	REVISÃO DE LITERATURA	6
3.1	Tomate	6
3.2	Rizoctoniose (<i>Rhizoctonia solani</i>)	8
3.3	<i>Trichoderma</i>	9
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1	Local de pesquisa	13
4.2	Obtenção dos isolados de <i>Trichoderma</i> spp.	13
4.3	Obtenção do isolado de <i>Rhizoctonia solani</i>	14
4.3.1	Teste de patogenicidade.....	15
4.4	Antagonismo <i>in vitro</i> de <i>Trichoderma</i> spp. a <i>R. solani</i>	17
4.4.1	Isolados utilizados no trabalho e delineamento estatístico	17
4.4.2	Teste de culturas pareadas	17
4.4.3	Testes de Compostos Orgânicos Voláteis e Não-Voláteis.....	19
4.5	Teste <i>in vivo</i> do controle da rizoctoniose no tomateiro.....	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1	Identificação molecular dos isolados de <i>Trichoderma</i>	23
5.2	Teste de patogenicidade.....	24
5.3	Teste de pareamento	24
5.4	Testes de Compostos Orgânicos Voláteis e Não-Voláteis.....	27
5.5	Teste <i>in vivo</i> do controle da rizoctoniose no tomateiro.....	29
6	CONCLUSÃO.....	32
7	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) apresenta elevada importância econômica e social, sendo amplamente cultivada em diferentes regiões do mundo e do Brasil, tanto para consumo *in natura* quanto para a indústria (HORTIFRUTI/CEPEA, 2024). No entanto, a produtividade dessa cultura é frequentemente limitada pela ocorrência de doenças, destacando-se aquelas causadas por patógenos de solo, como *Rhizoctonia solani* (Kurozawa; Pavan, 2005). Esse fungo é responsável pela rizoctoniose, doença que provoca tombamento de plântulas, necrose no colo, escurecimento radicular e murcha vascular, podendo levar à morte das plantas e causar severas perdas na produção (Agarwal, 2010; Patil; Solanki, 2016).

A elevada agressividade de *R. solani*, aliada à sua capacidade de sobrevivência no solo por longos períodos e à ampla gama de hospedeiros, torna seu manejo um grande desafio (Cubeta; Vilgalys, 2000). Métodos tradicionais de controle, como o uso de fungicidas químicos, embora eficientes em determinados casos, apresentam limitações relacionadas ao custo, ao impacto ambiental e ao desenvolvimento de resistência por parte dos patógenos (Agarwal, 2010). Nesse contexto, o controle biológico surge como uma alternativa sustentável e promissora no manejo de doenças de plantas.

Entre os agentes de controle biológico, o gênero *Trichoderma* destaca-se por sua ampla distribuição no solo e pela capacidade de atuar por diferentes mecanismos no controle de fitopatógenos. Esses fungos são reconhecidos por seu rápido crescimento, elevada capacidade competitiva e produção de metabólitos com atividade antifúngica (Harman *et al.*, 2004). Além disso, podem atuar por meio de micoparasitismo, competição por espaço e nutrientes, antibiose e indução de resistência nas plantas, configurando uma atuação integrada no controle de doenças (Harman, 2006).

Diversos estudos têm demonstrado a eficiência de espécies de *Trichoderma* no controle de patógenos de solo, incluindo *R. solani* (Brunner, *et al.*, 2005; Rodrigues, *et al.*, 2025; Sales, 2011). Entretanto, a eficiência desses microrganismos pode variar em função do isolado, das condições ambientais e da interação com o hospedeiro, o que reforça a necessidade de prospecção e avaliação de isolados nativos com potencial biocontrolador. Essa abordagem é fundamental para viabilizar o uso do controle biológico como estratégia no manejo sustentável da tomaticultura, contribuindo para a redução do uso de insumos químicos e para a melhoria da qualidade de vida de produtores e consumidores.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial dos isolados de *Trichoderma* spp. nativos do Cerrado brasileiro no controle da rizoctoniose do tomateiro.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar a bioprospecção de isolados de *Trichoderma* spp. de diferentes localidades do Cerrado brasileiro;
- Avaliar o potencial antagônico e os mecanismos de ação de isolados de *Trichoderma* spp. sobre *R. solani* em testes *in vitro*;
- Selecionar isolados de *Trichoderma* spp. capazes de reduzir a incidência e severidade da rizoctoniose em plantas de tomate.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Tomate

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), ainda referido em muitos textos clássicos como *Lycopersicon esculentum* Mill., é uma dicotiledônea, que pertence à ordem Solanales, família Solanaceae e gênero *Solanum*, esta família também abrange várias culturas de elevada importância econômica, como a batata (*Solanum tuberosum* L.), a berinjela (*Solanum melongena* L.) e o pimentão (*Capsicum annuum* L.) (Peralta; Spooner, 2005).

O centro de origem do tomateiro localiza-se na região andina da América do Sul, abrangendo países como Peru, Equador, Colômbia e Bolívia (Alvarenga, 2013). Embora as formas ancestrais da espécie sejam encontradas nessa região, a ampla domesticação do tomate ocorreu no México, considerado o centro de origem secundário da cultura (Peralta; Spooner, 2005).

Segundo Fontes e Silva, (2002) é uma planta herbácea e com sistema radicular pivotante. O caule é piloso e flexível, incapaz de suportar o peso dos frutos, no caso da produção de frutos para mesa, é necessário o uso de um tutor para apoiar a planta e os frutos, mantendo-a na posição vertical, cuja arquitetura lembra uma moita, com abundante ramificação lateral (Fontes; Silva, 2002). As folhas são alternas, e compostas, com número ímpar de folíolos (Filgueira, 2012). Apresenta inflorescência do tipo cimeira, com flores de coloração amarela e corola formada por seis pétalas, são hermafroditas e predominantemente autógamias (Filgueira, 2012). Os frutos são bagas carnosas e suculentas, com dois ou mais lóculos, apresentando coloração esverdeada e conforme amadurece, tons variando do amarelo até o vermelho (Filgueira, 2012).

Em média, o ciclo compreendido entre o transplante das mudas e o início da colheita varia de 90 a 120 dias, podendo apresentar alterações em função das características genéticas das cultivares, das condições climáticas e do sistema de cultivo adotado (Filgueira, 2012). Embora botanicamente seja uma planta perene, o tomateiro comporta-se como anual sob condições de cultivo comercial (Guimarães, 2022). A cultura pode apresentar crescimento rasteiro ou ereto, dependendo do manejo e da condução dos ramos, sendo classificada em dois hábitos de crescimento: determinado e indeterminado, os quais influenciam diretamente o sistema de condução, o manejo cultural e o ciclo produtivo da planta (Guimarães, 2022).

O tomate é a hortaliça mais consumida no Brasil, destacando-se pela sua expressiva importância econômica tanto no mercado de consumo *in natura* quanto no processamento industrial (HORTIFRUTI/CEPEA, 2024). No país, a cultura apresenta ampla distribuição

geográfica, atendendo simultaneamente ao mercado fresco e às indústrias de conservas, molhos, extratos e outros produtos derivados.

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), o Brasil ocupa a 10ª posição no ranking mundial de produção de tomate. Em 2024, a produção foi estimada em aproximadamente 4,4 milhões de toneladas, cultivadas em uma área de 60.576 hectares, gerando uma receita superior a R\$ 9,9 bilhões. Esses números evidenciam o crescimento expressivo da cultura nos últimos anos e reforçam sua relevância no agronegócio nacional.

Nesse contexto, o estado de Goiás destaca-se como o principal produtor brasileiro de tomate, respondendo 33,25% da produção nacional. Nesse cenário, Cristalina destaca-se como o maior produtor estadual, enquanto Morrinhos ocupa a segunda posição entre os municípios goianos produtores de tomate, reforçando a importância econômica e agrícola da cultura para o sul do estado (IBGE, 2025).

No âmbito internacional, o tomate figura entre as hortaliças de maior produção global. De acordo com dados estatísticos da FAO (FAOSTAT), em 2024 a produção mundial de tomate ultrapassou 188 milhões de toneladas, cultivadas em mais de 5 milhões de hectares, sendo a China o maior produtor mundial, à frente de países como Índia e Turquia (FAOSTAT, 2024).

A cultura do tomate apresenta fácil adaptação a diferentes condições climáticas, sendo favorecido, por condições de ambiente com predomínio de alta luminosidade, temperaturas amenas (13 a 25°C) e baixa umidade, sendo que a alta umidade pode afetar o amadurecimento dos frutos e favorecer o desenvolvimento de algumas doenças (Alvarenga, 2013). O tomateiro se desenvolve bem em diferentes tipos de solo, sendo mais adequados, aqueles que apresentam bons níveis de matéria orgânica, boa drenagem, pH variando entre 5,5 a 7,5, e elevada fertilidade.

O sistema produtivo do tomateiro é considerado uma atividade agrícola de elevado risco econômico, em função da elevada demanda por insumos, mão de obra intensiva e da alta suscetibilidade da cultura a estresses bióticos e abióticos, apresentando frequentes oscilações de produtividade e instabilidade nos preços de comercialização (Filgueira, 2008). Entre os fatores bióticos que limitam a produção, destacam-se as doenças de etiologia fúngica, consideradas um dos principais entraves da tomaticultura, uma vez que comprometem de forma significativa o desenvolvimento das plantas em campo, provocando reduções expressivas na produtividade e na qualidade dos frutos e, em situações mais severas, podendo inviabilizar economicamente o cultivo (Kurozawa; Pavan, 2005).

3.2 Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*)

O gênero *Rhizoctonia* (Basidiomycota, Agaricomycetes, Cantharellales, Ceratobasidiaceae) foi inicialmente descrito por De Candolle em 1815, tendo como espécie-tipo *R. crocorum*, isolada de açafrão (*Crocus sativus*) (Ajayi-Oyetunde; Bradley, 2018). Estima-se que mais de 500 espécies de plantas sejam suscetíveis a diferentes espécies de *Rhizoctonia*, abrangendo famílias de importância agrícola como Asteraceae, Brassicaceae, Fabaceae, Poaceae e Solanaceae, além de plantas florestais e ornamentais (Patil; Solanki, 2016; Yang; Li, 2012).

A sobrevivência do patógeno no solo ocorre por meio de hifas espessas associadas a restos culturais ou pela formação de escleródios, estruturas de resistência que permanecem viáveis por longos períodos, especialmente nas camadas superficiais do solo (Pereira; Soares, 2012). Embora seja um patógeno predominantemente radicular, condições ambientais como elevada umidade podem favorecer infecções em partes aéreas. Dependendo do hospedeiro e do órgão afetado, a infecção por *Rhizoctonia* pode causar uma ampla gama de sintomas, incluindo podridões e cancos em raízes e hastes, tombamentos pré e pós-emergência, murcha, queima de brotações, lesões foliares e podridões de tubérculos e frutos (Agarwal, 2010; Patil; Solanki, 2016).

O controle da rizoctoniose é particularmente desafiador, em virtude da ampla distribuição em ecossistemas agrícolas e naturais e da elevada agressividade do patógeno, combinada com sua eficiência saprofítica, ampla gama de hospedeiros, capacidade de sobreviver no solo na ausência da planta e possibilidade de transmissão via sementes (Cubeta; Vilgalys, 2000). A resistência genética é limitada, a rotação de culturas é pouco eficiente e o controle químico, além de pouco eficiente, é inviável economicamente e de elevado impacto ambiental (Agarwal, 2010).

Embora *R. crocorum* tenha sido o primeiro representante descrito, *R. solani*, descrita posteriormente por Kühn em 1858, constitui a espécie de maior relevância fitopatológica (Barraque, 2025). Morfologicamente, o gênero apresenta características típicas, como ramificações hifais em ângulo reto próximas ao septo distal, presença de septos tipo doliporo, ausência de conídios e de grampos de conexão (Pereira; Soares, 2012).

A diferenciação entre espécies de *Rhizoctonia* pode ser realizada por múltiplos critérios, incluindo número de núcleos por célula, características bioquímicas e análises moleculares (Agarwal, 2010; Conceição *et al.*, 2023). A contagem do número de núcleos é uma característica fundamental, destacando a existência de espécies binucleadas e multinucleadas.

O gênero *Rhizoctonia* também se organiza em grupos de anastomose (AGs), que reúnem isolados compatíveis entre si e incapazes de se fundirem com isolados pertencentes a outros grupos. Esse sistema, baseado na compatibilidade vegetativa, constitui um dos pilares taxonômicos e epidemiológicos para o estudo do gênero (Töfoli; Domingues, 2022). A determinação dos AGs é essencial, pois cada grupo representa populações geneticamente isoladas com respostas potencialmente distintas às estratégias de manejo (Silva-Barreto *et al.*, 2010).

No tomateiro, a importância dessa doença está relacionada, sobretudo, ao tombamento de mudas (*damping-off*), que compromete o estabelecimento das plantas tanto em viveiros quanto no campo (Oliveira *et al.*, 2008). Esse problema pode ocorrer antes da emergência, quando há morte das sementes é acompanhada de necrose, perda de rigidez, apodrecimento e liberação de odor fétido. Em outros casos, os tecidos começam a encharcar e escurecer logo após o início da germinação, levando à destruição completa da semente (Bedendo, 2018).

Quando a infecção acontece depois da emergência, as plântulas podem morrer devido ao estrangulamento da região do colo, que perde sustentação e faz com que o caule não consiga manter a planta ereta, resultando em seu tombamento. Fatores como umidade, temperatura, quantidade de inóculo, características do solo e vigor das plântulas influenciam diretamente a ocorrência e a severidade da doença (Lopes, 2005; Oliveira *et al.*, 2008).

Devido à sua elevada agressividade, ampla capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e notável complexidade taxonômica, *R. solani* permanece entre os patógenos de solo mais relevantes e difíceis de manejar na tomaticultura. Sua habilidade de sobreviver por longos períodos na ausência do hospedeiro, associada ao amplo espectro de plantas suscetíveis e à eficiência na colonização de tecidos radiculares, contribui para a persistência do patógeno nos sistemas de cultivo (Bedendo, 2018). Além disso, a variabilidade genética entre populações e a formação de grupos de anastomose com distintos níveis de virulência tornam o seu controle ainda mais desafiador, exigindo estratégias integradas e contínuas para mitigar os impactos sobre a produção.

3.3 *Trichoderma*

O gênero *Trichoderma* (Ascomycota, Hypocreales, Hypocreaceae) foi descrito por Persoon em 1794, cuja espécie-tipo é *T. viride*. Atualmente, cerca de 550 espécies são reconhecidas e taxonomicamente aceitas, conforme registros do *Mycobank* (<https://www.mycobank.org>). Esse gênero é caracterizado pelo rápido crescimento micelial em diferentes substratos e meios de cultura, frequentemente cobrindo toda a superfície do meio de

cultura em poucos dias. Inicialmente, as colônias apresentam micélio hialino e textura flocosa. Com o início da conidiogênese, passam a exibir após alguns dias a pigmentação que varia do verde-escuro ao amarelo, característica fenotípica marcante tanto *in vitro* quanto em substratos naturais (Abreu; Pfenning, 2019). A elevada capacidade adaptativa dessas espécies favorece sua ampla distribuição geográfica, possibilitando a colonização de ambientes com diversas condições climáticas (Harman *et al.*, 2004).

A taxa de crescimento constitui um parâmetro importante na caracterização morfofisiológica de *Trichoderma*, auxiliando na distinção entre isolados intra e interespecíficos (Sales *et al.*, 2020). De modo geral, a faixa de temperatura ótima para o crescimento do gênero varia entre 15 e 35 °C, frequentemente sob fotoperíodo de aproximadamente 12 horas (Chaverri *et al.*, 2003). A caracterização microscópica é realizada após a esporulação, permitindo a quantificação morfométrica de fiálides, conídios e clamidósporos (quando presentes), bem como a análise da formação de pústulas.

O gênero *Trichoderma* destaca-se por seu papel ecológico e biotecnológico, abrigo espécies decompositoras de matéria orgânica vegetal, micoparasitas, endofíticas e com reconhecida capacidade de promoção de crescimento vegetal e supressão de doenças (Mukherjee *et al.*, 2013). Essas propriedades fundamentam seu uso em processos de biorremediação, incluindo a degradação de compostos poluentes e a imobilização/transformação de metais pesados no ambiente (Harman, 2006; Schuster; Schmoll, 2010). Paralelamente, espécies do gênero produzem diversas enzimas de interesse industrial, como quitinases, celulasas e proteases (De Marco *et al.*, 2000).

Na agricultura, *Trichoderma* é amplamente empregado como agente de biocontrole de fitopatógenos (El-Komy *et al.*, 2015; Loguercio *et al.*, 2009; Sahebani; Hadavi, 2008), como promotor de crescimento vegetal (Salas-Marina *et al.*, 2011) e como indutor de maior tolerância a estresses abióticos (Woo *et al.*, 2014). Além disso, contribui para a disponibilização de nutrientes no solo e pode modular respostas de defesa vegetal (Harman, 2006; Salas-Marina *et al.*, 2011). A versatilidade funcional associada a esse gênero decorre de múltiplos mecanismos de ação, incluindo competição, antibiose, hiperparasitismo, micoparasitismo, promoção de crescimento de plantas e indução de resistência sistêmica (Harman, 2006).

Entre os mecanismos de biocontrole, o micoparasitismo é um dos mais estudados. Esse processo envolve a capacidade de *Trichoderma* parasitar fungos fitopatogênicos e oomicetos, fenômeno registrado em praticamente todas as espécies do gênero, em diferentes intensidades (Druzhinina *et al.*, 2018). Durante o micoparasitismo, *Trichoderma* produz enzimas capaz de degradar a parede celular do patógeno, e têm demonstrado sua eficácia inibindo a germinação

de esporos, o crescimento micelial e o desenvolvimento de estruturas de resistência, como escleródios e clamidósporos de uma ampla gama de fitopatógenos como *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Diaporthe*, *Fusarium*, *Macrophomina*, *Phoma*, *Phytophthora*, *Plasmopara*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium* e *Verticillium* (Monte, 2001).

Outro mecanismo amplamente documentado é a antibiose, resultante da produção e liberação de metabólitos secundários por diferentes cepas de *Trichoderma*. A diversidade química desses compostos é notável, abrangendo milhares de moléculas distribuídas em mais de 120 estruturas químicas diferentes, formando um dos mais complexos conjuntos de metabólitos no Reino Fungi (Hermosa *et al.*, 2014). Muitos desses metabólitos produzidos por *Trichoderma* apresentam comprovada atividade antifúngica *in vitro* contra agentes fitopatogênicos como *Botrytis*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Colletotrichum*, *Penicillium*, *Aspergillus*, além de oomicetos como *Phytophthora* e *Pythium* (Hermosa *et al.*, 2014).

A competição é outro comportamento essencial na ecologia do gênero. Trata-se de uma interação em que dois organismos disputam recursos limitados, como nutrientes, oxigênio, espaço e luz. A ampla distribuição de *Trichoderma* em solos de diferentes regiões do mundo reflete sua habilidade competitiva e sua aptidão para colonizar ambientes ricos em matéria orgânica, atuando como decompositor eficiente. Além de sua versatilidade metabólica para utilizar diferentes fontes de carbono e nitrogênio, destaca-se a capacidade de colonizar a rizosfera, atributo indispensável para agentes eficazes de biocontrole. Nesse ambiente, *Trichoderma* pode modular o estado fisiológico da planta, reduzindo os níveis de espécies reativas de oxigênio (EROs) e aumentando a tolerância a estresses abióticos (Mastouri *et al.*, 2012). Alguns isolados sintetizam sideróforos que aumentam a disponibilidade de ferro em condições limitantes, além de solubilizarem fosfatos por mecanismos de acidificação, reações redox, quelação e hidrólise (Li *et al.*, 2015; Mukherjee *et al.*, 2012). Apesar de a competição ser reconhecida como um mecanismo antagônico relevante, sua contribuição isolada é de difícil determinação, pois frequentemente atua de forma complementar à antibiose ou ao micoparasitismo (Selin *et al.*, 2016).

O desempenho eficiente desses microrganismos em sistemas agrícolas tem impulsionado o desenvolvimento e a disponibilidade de diversos produtos comerciais à base de *Trichoderma* no mercado, incluindo biofungicidas, biopesticidas e biofertilizantes (Gupta; Dikshit, 2010; Woo *et al.*, 2014). Entre eles, *Trichoderma harzianum* é a espécie mais comercializada mundialmente, seguida por *T. viride*, *T. atroviride* e *T. asperellum*, disponíveis

tanto de forma isolada quanto em formulações combinadas com outros microrganismos (Bettiol; Silva; Castro, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de pesquisa

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia (LAFIP) e em casa de vegetação do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, localizado na Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, Morrinhos – GO (17°48'58" S; 49°12'13" W; 907 m).

O clima da região é caracterizado por ser do tipo AW, semi-úmido tropical, com temperatura média anual de 22,5°C, precipitação média anual de 1488 mm, de acordo com classificação de Koppen (Cardoso; Marcuzzo; Barros, 2014).

4.2 Obtenção dos isolados de *Trichoderma* spp.

Os isolados de *Trichoderma* spp. avaliados neste estudo são nativos do Cerrado brasileiro, coletados em solos rizosféricos de batata (*Solanum tuberosum* L.) e em áreas de mata nativa localizadas nos estados de Goiás, São Paulo e Paraná. As amostras foram coletadas na camada superficial (0–10 cm), acondicionadas em sacos plásticos estéreis e encaminhadas ao LAFIP.

Para a obtenção dos isolados, uma massa correspondente a 10 g de solo de cada amostra foi transferida para frascos Erlenmeyer de 250 mL, contendo 90 mL de água destilada esterilizada (ADE), obtendo-se uma suspensão inicial. As suspensões foram submetidas à agitação em agitador orbital por 30 minutos, a 170 rpm. Em seguida, alíquotas de 1 mL foram transferidas para tubos contendo 9 mL de ADE, procedendo-se às diluições seriadas sucessivas.

Para o isolamento fúngico, alíquotas de 0,1µL das diluições de 10⁻² e 10⁻³ gramas de solo mL⁻¹ de água foram depositadas em placas de Petri contendo meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA) suplementado com cloranfenicol e espalhadas com o auxílio de alça de Drigalski, previamente esterilizada. As placas foram incubadas em câmara de crescimento do tipo B.O.D., mantidas à temperatura de 25 ± 1 °C e com fotoperíodo de 12 horas.

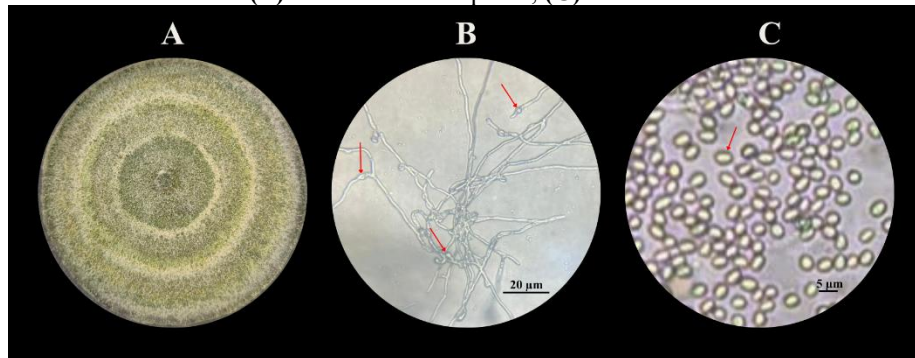
Após sete dias de incubação, colônias com características morfológicas típicas do gênero *Trichoderma* foram selecionadas e repicadas para novas placas contendo meio BDA, sendo mantidas à temperatura de 25 ± 1 °C, sob fotoperíodo de 12 horas, visando à obtenção de culturas puras.

A identificação preliminar dos isolados foi realizada com base nas características macroscópicas das colônias, como coloração do micélio, pigmentação do meio e intensidade de esporulação, bem como em características microscópicas, incluindo a morfologia das fiáides e dos conídios, avaliadas após cinco dias de crescimento do meio de cultura, conforme descrito (Figura 1).

Para a preservação dos isolados obtidos, as culturas puras foram armazenadas em ADE, utilizando-se o método de Castellani (1967), permanecendo à temperatura de 25 ± 1 °C até a realização dos ensaios subsequentes.

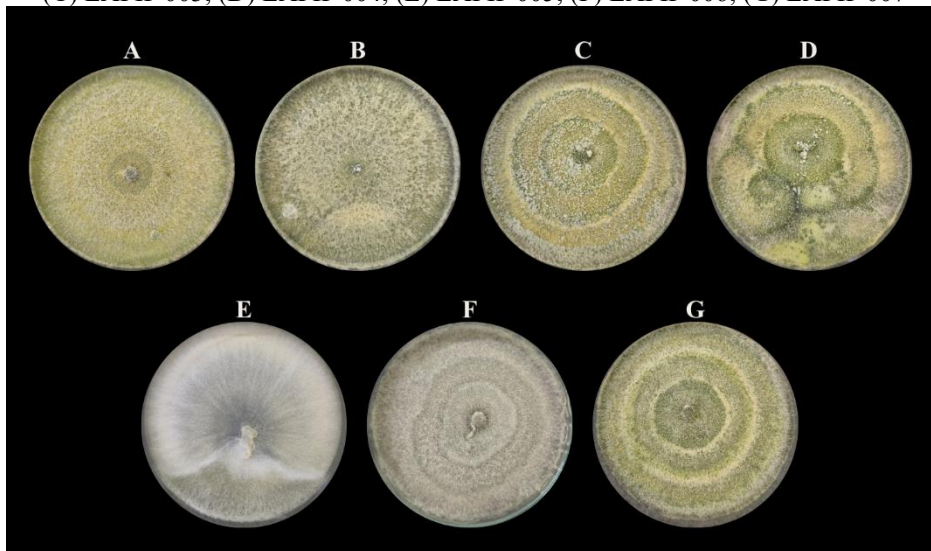
Os isolados de *Trichoderma* obtidos após a prospecção foram submetidos a identificação molecular, com a utilização da região gênica TEF1- α (*Translation Elongation Factor 1-alpha*). (Figura 2).

Figura 1 - Características morfológicas de *Trichoderma*. (A) *Trichoderma* cultivado em meio BDA por 5 dias; (B) Hifas e clamidósporos; (C) Conídios



Fonte: Autor (2026).

Figura 2 - Caracterização cultural dos isolados utilizados no presente trabalho. (A) LAFIP 001; (B) LAFIP 002; (C) LAFIP 003; (D) LAFIP 004; (E) LAFIP 005; (F) LAFIP 006; (G) LAFIP 007



Fonte: Autor (2026).

4.3 Obtenção do isolado de *Rhizoctonia solani*

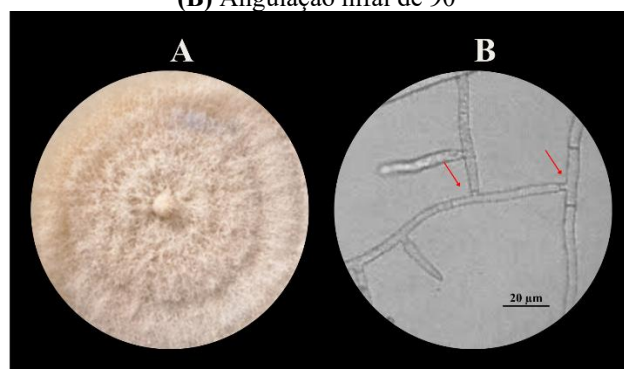
O isolado de *R. solani* foi obtido a partir de plantas de tomate com sintomas típicos de tombamento, caracterizados por lesões necróticas na região do colo. As amostras foram coletadas em área de produção localizada no município de Pontalina-GO ($17^{\circ}31'30''$ S; $49^{\circ}26'50''$ W; 610 m), acondicionadas em sacos plásticos estéreis e encaminhadas ao LAFIP.

Em condições assépticas, fragmentos de tecidos do caule necrosado foram cortados e submetidos à desinfestação superficial por imersão em álcool etílico a 70% por um minuto, transferidos para uma solução de hipoclorito de sódio a 2% por 30 segundos, posteriormente os fragmentos foram submetidos a duas lavagens consecutivas em ADE, permanecendo por 1 minuto em cada lavagem, com o objetivo de remover resíduos dos agentes sanitizantes. Após o processo de assepsia, os fragmentos foram transferidos para placas de Petri contendo meio de cultura BDA. As placas foram incubadas em câmara de crescimento do tipo B.O.D., mantidas à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas, por um período de sete dias, para o desenvolvimento fúngico. Após o desenvolvimento micelial, o fungo foi repicado por meio da transferência de um disco de 5 mm de diâmetro, retirado da região de crescimento ativo da colônia, para novas placas de Petri contendo meio de cultura BDA, as quais foram mantidas em câmara de crescimento do tipo B.O.D., sob as mesmas condições anteriores descritas.

A identificação do isolado foi realizada com base em características morfológicas, por meio da preparação de lâminas para observação em microscópio de luz no aumento de 100 vezes, avaliando-se aspectos típicos de *R. solani*, como hifas septadas, com ramificações em ângulo reto (90°) e ausência de conídios (**Figura 3**).

O isolado de *R. solani* foi armazenado em ADE, utilizando-se o método de Castellani (1967) e depositado na Coleção de Microrganismos do LAFIP, para fins de preservação e referência.

Figura 3 - Características morfoculturais de *R. solani*. (A) *R. solani* cultivado em meio BDA por 7 dias; (B) Angulação hifal de 90°



Fonte: Autor (2026).

4.3.1 Teste de patogenicidade

O teste de patogenicidade foi conduzido utilizando o método de inoculação por disco de micélio. A inoculação foi realizada em casa de vegetação, utilizando mudas de tomateiro da variedade HMX 7885 F1, cultivadas em vasos de 3,5 L, contendo substrato autoclavado ($121^\circ\text{C}/1$ hora) na proporção de 1:1:1 (terra, substrato, areia).

Após sete dias de crescimento de *R. solani* em meio de cultura BDA, foram retirados discos de micélio com 5 mm de diâmetro, provenientes da região de crescimento ativo da colônia (**Figura 4-a**). Para a inoculação, procedeu-se à perfuração da região do colo das plantas com o auxílio de uma seringa previamente esterilizada, de modo a provocar uma lesão que permitisse o contato direto do patógeno com o tecido vegetal. Imediatamente após a perfuração, os discos contendo o micélio de *R. solani* foram posicionados sobre a lesão.

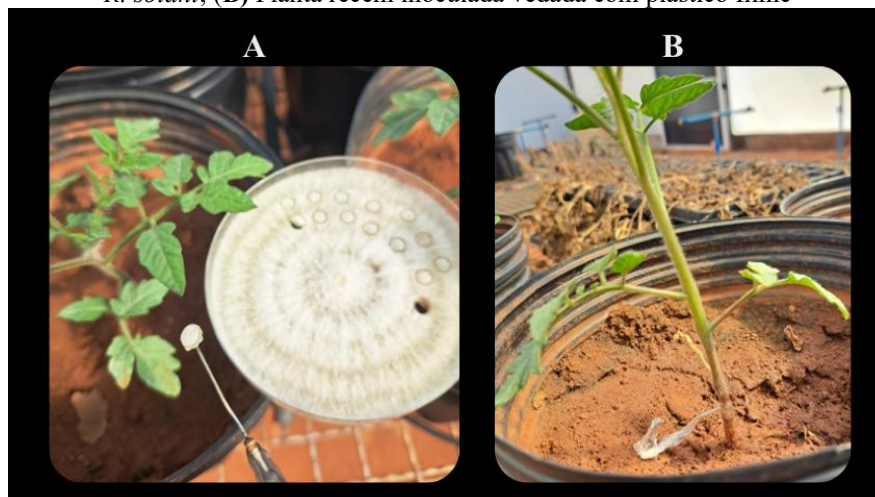
Com o objetivo de garantir proteção e fixação da área inoculada contra fatores externos, como excesso de umidade, vento e possíveis contaminantes, utilizou-se plástico filme, envolvendo cuidadosamente o colo da planta e assegurando o contato contínuo entre o micélio fúngico e o tecido vegetal (**Figura 4-b**).

Para favorecer o processo de infecção, foi induzido estresse hídrico nas plantas dois dias antes da inoculação, o qual foi mantido por mais dois dias após a inoculação do patógeno, visando aumentar a suscetibilidade das plantas ao fungo. Após esse período, a irrigação diária foi restabelecida, mantendo-se condições adequadas para o desenvolvimento das plantas e avaliação dos sintomas.

Ao todo, 10 mudas de tomateiros foram utilizadas, sendo que 5 foram inoculadas com discos de micélios de *R. solani* e 5 mudas sem inoculação, que constituíram a testemunha. A avaliação consistiu no monitoramento diário após a inoculação, registrando o número de mudas com aparecimento de sintomas de tombamento.

Após o teste de patogenicidade, realizou-se o reisolamento *in vitro* de *R. solani* a partir das plantas que apresentaram sintomas de tombamento, comparando-se as características das colônias obtidas com as originais, confirmando, assim, os postulados de Koch.

Figura 4 - Teste de patogenicidade de *R. solani* em casa de vegetação. **(A)** Disco de 5mm de diâmetro de *R. solani*; **(B)** Planta recém inoculada vedada com plástico filme



Fonte: Autor (2026).

4.4 Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. a *R. solani*

4.4.1 Isolados utilizados no trabalho e delineamento estatístico

Para avaliar o potencial antagonico de *Trichoderma* spp. frente a *R. solani in vitro* foram utilizados os isolados presentes na (Tabela 1) nos testes de Culturas Pareadas em placa de Petri (Melo *et al.*, 2007), Composto Orgânico Volátil e Composto Orgânico não-Volátil (Silva; Marques; Cunha, 2024).

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos utilizados nos testes *in vitro*

Tratamentos	Descrição
LAFIP 001	LAFIP 001 x <i>R. solani</i>
LAFIP 002	LAFIP 002 x <i>R. solani</i>
LAFIP 003	LAFIP 003 x <i>R. solani</i>
LAFIP 004	LAFIP 004 x <i>R. solani</i>
LAFIP 005	LAFIP 005 x <i>R. solani</i>
LAFIP 006	LAFIP 006 x <i>R. solani</i>
LAFIP 007	LAFIP 007 x <i>R. solani</i>
Controle + Testemunha	<i>T. harzianum</i> cepa ESALQ 1306 x <i>R. solani</i> <i>R. solani</i>

O delineamento estatístico utilizado nos presentes ensaios foi inteiramente casualizado, composto por nove tratamentos e cinco repetições. Cada placa de Petri constituiu uma unidade experimental.

A análise estatística de variância foi feita pelo teste F ($p\text{-valor} \leq 0.05$) e as médias de crescimento foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p\text{-valor} \leq 0.05$). O programa utilizado para as análises foi o SISVAR 5.2 (Ferreira, 2011).

4.4.2 Teste de culturas pareadas

Para o teste de culturas pareadas, a multiplicação prévia de todos os isolados, tanto dos antagonistas quanto do patógeno, foi realizada em placas de Petri contendo meio BDA, incubadas em B.O.D., mantidas a 25 ± 1 °C e fotoperíodo de 12 horas. Discos de 5 mm de diâmetro foram retirados das regiões de crescimento ativo das culturas de *Trichoderma* spp. e de *R. solani*, sendo depositados em posições opostas, a 1,0 cm da borda, em placas contendo meio BDA.

Como testemunha, utilizou-se placas contendo apenas o fungo fitopatogênico (*R. solani*), posicionado igualmente a 1,0 cm da borda da placa. Todas as placas foram incubadas em B.O.D. nas mesmas condições descritas anteriormente.

As avaliações foram realizadas diariamente por meio da medição do crescimento micelial do raio da colônia de *R. solani*, utilizando um paquímetro digital, até o momento em que os isolados se encontraram. Com esses dados, calculou-se o Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM), cuja fórmula é descrita por Oliveira (1991):

$$IVCM = \sum \frac{(D - Da)}{N}$$

Onde:

IVCM = Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (mm/dia);

D = Diâmetro médio atual da colônia (mm);

Da = Diâmetro médio da colônia no dia anterior (mm);

N = Número de dias após o semeio do micélio fúngico sobre o BDA.

O cálculo da Porcentagem de Inibição de Crescimento Radial (PICR) foi realizado conforme a equação proposta por Ezziyyani *et al.* (2004):

$$PICR = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100$$

Onde:

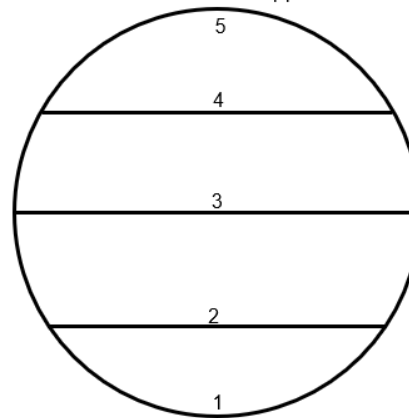
PICR = Porcentagem de Inibição de Crescimento Radial (%);

R1 = Raio da testemunha (mm);

R2 = Raio do tratamento (mm).

A avaliação final do pareamento foi conduzida após cinco dias, utilizando a escala proposta por Bell *et al.* (1982) (**Figura 5**), na qual são atribuídas notas de 1 a 5 (**Tabela 2**).

Figura 5 - Escala de Bell *et al.*, 1982
Trichoderma spp.



Rhizoctonia solani
Fonte: Autor (2026).

Tabela 2 - Escala de notas para avaliação do crescimento do patógeno e do antagonista em cultura pareada segundo Bell *et al.* (1982), com modificações

Notas	Descrição
1	<i>Trichoderma</i> spp. coloniza toda a superfície do meio, sobrepondo-se a <i>R. solani</i>
2	<i>Trichoderma</i> spp. coloniza $\geq 2/3$ do meio e reduz o crescimento de <i>R. solani</i>
3	Ambos os fungos colonizam entre $1/3$ e $2/3$ da superfície, sem predominância
4	<i>R. solani</i> coloniza $\geq 2/3$ do meio e reduz o crescimento de <i>Trichoderma</i> spp.
5	<i>R. solani</i> coloniza toda a superfície do meio, sobrepondo-se ao antagonista

4.4.3 Testes de Compostos Orgânicos Voláteis e Não-Voláteis

Os testes de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e Não-Voláteis (CONV) produzidos por *Trichoderma* spp. no controle de *R. solani*, foi realizado com a multiplicação prévia de todos os isolados, tanto dos antagonistas quanto do patógeno em placas de Petri, contendo meio BDA, incubadas em B.O.D. a 25 ± 1 °C, sob fotoperíodo de 12 horas.

Para o teste de COV, utilizaram-se placas de Petri com divisória, as quais possuem uma barreira física que impede o contato direto entre os isolados, permitindo apenas a atuação dos compostos voláteis sobre o patógeno. Em um compartimento foi depositado um disco de *Trichoderma* spp. e, no outro, um disco de *R. solani*, ambos com 5 mm de diâmetro e posicionados simultaneamente. O tratamento testemunha foi constituído apenas pelo crescimento de *R. solani*. As placas foram incubadas em B.O.D. nas mesmas condições previamente descritas.

Para o teste de CONV, foi preparado um filtrado para cada um dos oito tratamentos de *Trichoderma*. Para isso, cerca de dez discos de 5 mm de diâmetro foram repicados para frascos

de borossilicato autoclavados (250 mL), contendo 150 mL de meio BD líquido (200 g de batata e 10 g de dextrose). Os frascos foram envolvidos em papel-alumínio e incubados em B.O.D. a 25 ± 1 °C, sob fotoperíodo de 12 horas. Durante o período de incubação, os frascos foram agitados manualmente por aproximadamente dez segundos, quatro vezes ao dia, durante sete dias.

Após esse período, o conteúdo líquido foi inicialmente filtrado em papel de filtro autoclavado e, posteriormente, submetido a uma segunda filtração utilizando membrana de 0,22 µm para garantir a remoção completa de estruturas fúngicas (Obici *et al.*, 2024). Para a montagem do teste, 20 µL do filtrado de *Trichoderma* foi aplicado no centro da placa de Petri contendo meio BDA e distribuído uniformemente com auxílio de uma alça de Drigalski. Após o meio absorver todo o filtrado (cerca de cinco minutos), foi depositado um disco de 5 mm de *R. solani* no centro da placa. No tratamento testemunha não houve aplicação do filtrado. As placas foram incubadas em B.O.D. nas mesmas condições anteriormente descritas.

As avaliações dos testes de COV e CONV foram realizadas por meio da Porcentagem de Inibição do Crescimento Radial (PICR) do patógeno. Para isso, mensurou-se o raio de crescimento de *R. solani* em todos os tratamentos, no momento em que o tratamento testemunha atingiu o fechamento completo da placa de Petri, utilizando-se um paquímetro digital.

O cálculo da Porcentagem de Inibição de Crescimento Radial foi realizado conforme a equação proposta por Ezziyyani *et al.* (2004):

$$\text{PICR} = \frac{(R1 - R2)}{R1} \times 100$$

Onde:

PICR = Porcentagem de Inibição de Crescimento Radial (%);

R1 = Raio da testemunha (mm);

R2 = Raio do tratamento (mm).

4.5 Teste *in vivo* do controle da rizoctoniose no tomateiro

O experimento *in vivo* foi conduzido em casa de vegetação e os inóculos utilizados foram previamente preparados em laboratório. Para a produção de micélio do isolado de *R. solani*, foram utilizados sacos de polipropileno com capacidade de 2 kg, nos quais foram adicionados 200 g de grãos de arroz parboilizado e 40 mL de água destilada. Em seguida, o material foi autoclavado a 120 °C por 20 minutos para esterilização do substrato.

Após o resfriamento do arroz, foram transferidos dez discos de micélio do fungo, com 5 mm de diâmetro, retirados de colônias ativas de *R. solani*. Os sacos foram fechados com fita crepe, sendo posteriormente incubados por 15 dias em temperatura de 25 °C. Durante o período de incubação, a cada dois dias os substratos foram revolvidos manualmente, a fim de promover a troca gasosa, fragmentação do micélio e aumento da superfície de contato entre o fungo e o substrato, favorecendo o crescimento vegetativo.

Para a produção do inóculo de *Trichoderma*, adicionou-se 10 ml de água destilada em placa de Petri contendo o fungo, com o auxílio de alça de Drigalsky espalhou-se por toda a suspensão, a fim de desprender os esporos. Após isso a suspensão foi filtrada em papel filtro, com o intuito de coletar apenas os esporos na suspensão final. Esta suspensão de esporos foi ajustada com auxílio de câmara de Neubauer, sendo padronizada a concentração de 2×10^7 conídios por mL para todos os isolados.

Foi transplantado mudas de tomate da cultivar HMX7885 F1 com aproximadamente 15 dias de idade, para vasos de 1 L previamente sanitizado com água sanitária contendo substrato autoclavado (121°C/1 hora) na proporção de 1:1:1 (terra, substrato, areia), sendo utilizada uma planta por vaso e mantidas sob irrigação diária ao longo do experimento.

Após o transplantio foi realizado a inoculação do patógeno (*R. solani*), no qual foi depositado ao solo 4 g de arroz colonizado na zona rizosférica das plântulas. Posteriormente, foi aplicado 1 mL da suspensão de *Trichoderma* em cada vaso.

Para a avaliação da incidência da doença, as observações foram realizadas aos 30 dias após o início do ensaio *in vivo*. A incidência foi determinada com base na proporção de plantas sintomáticas em relação ao número total de plantas avaliadas, sendo expressa em porcentagem. Para o cálculo, utilizou-se a fórmula proposta por Gondal & Naz (2019), conforme descrito na equação:

$$\text{INCIDÊNCIA} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas doentes}}{\text{N}^\circ \text{ de plantas totais}} \times 100$$

Para a avaliação da intensidade da doença, realizou-se a determinação do Índice de Doença (ID) aos 30 dias após o transplantio das mudas. A severidade da rizoctoniose em plantas de tomate foi estimada por meio de uma escala de notas variando de 0 a 5, adaptada para a avaliação de lesões radiculares, em que: 0 = planta assintomática; 1 = 0 a 25% de lesões nas raízes; 2 = 26 a 50% de lesões nas raízes; 3 = 51 a 75% de escurecimento radicular; 4 = 76 a 100% de escurecimento das raízes; e 5 = planta totalmente necrosada/morta.

Após a avaliação individual das plantas, os dados de severidade foram utilizados para o cálculo do Índice de Doença (ID), utilizando a fórmula proposto por Abdeljalil *et al.* (2016), conforme a equação a seguir:

$$ID (\%) = \frac{\text{(Nota de severidade)}}{\text{(Nota máxima de severidade} \times \text{Número de plantas avaliadas)}} \times 100$$

Para o teste *in vivo* do biocontrole de *Trichoderma* sobre a rizoctoniose em plântulas de tomateiro foi realizado um *screening* dos melhores resultados *in vitro* e os isolados que foram utilizados estão listados na (Tabela 3)

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos utilizados no teste *in vivo*

Tratamentos	Descrição
LAFIP 006	LAFIP 006 x <i>R. solani</i>
LAFIP 007	LAFIP 007 x <i>R. solani</i>
Controle + Testemunha	<i>T. harzianum</i> CEPA ESALQ 1306 x <i>R. solani</i> <i>R. solani</i>

O delineamento estatístico utilizado nos presentes ensaios foi inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e sete repetições. Cada planta constituiu uma unidade experimental.

Os resultados da variável incidência foram expressos na forma de média. Para a variável Índice de Doença (ID), os dados foram submetidos a análise estatística de variância pelo teste F (p-valor ≤ 0.05) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (p-valor ≤ 0.05). O programa utilizado para as análises foi o SISVAR 5.2 (Ferreira, 2011).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação molecular dos isolados de *Trichoderma*

Dos sete isolados de *Trichoderma* prospectados, cinco foram identificados por meio de caracterização molecular. Os isolados LAFIP 001, LAFIP 004, LAFIP 005 e LAFIP 007 foram identificados como *Trichoderma orarium*, enquanto o isolado LAFIP 003 foi identificado como *T. brevicompactum*. Os isolados LAFIP 002 e LAFIP 006 ainda não foram submetidos à caracterização molecular e, portanto, permanecem sem identificação específica até o momento (Tabela 4).

A espécie *T. orarium* foi descrita recentemente por Wei *et al.* (2023), a partir de isolados obtidos de solos costeiros na região nordeste de Taiwan, China. Até o momento, não há registros dessa espécie no Brasil, de modo que os resultados obtidos neste estudo representam o primeiro relato de *T. orarium* no país, ampliando o conhecimento sobre a distribuição geográfica e diversidade do gênero *Trichoderma*.

Por sua vez, *T. brevicompactum* já foi relatado no Brasil, sendo descrito como endófito em tecidos saudáveis de *Theobroma cacao* (Bastos, 2012). Essa espécie é conhecida pela produção de metabólitos secundários com atividade biológica, o que pode estar relacionado ao seu potencial antagonista observado nos ensaios realizados.

A presença de diferentes espécies, incluindo uma recentemente descrita e ainda não reportada no Brasil, evidencia a diversidade genética dos isolados avaliados e reforça a importância da prospecção de microrganismos nativos.

Tabela 4 - Código, origem, substrato encontrado e identificação molecular com base na identidade de nucleotídeos da região TEF1- α de isolados de *Trichoderma* obtidos de área de produção de batata e em áreas nativas do Cerrado brasileiro, no ano de 2024

Código	Espécie	Origem	Substrato	Identidade de nucleotídeos	Cobertura	Nº de acesso no GenBank TEF1- α
LAFIP 001	<i>T. orarium</i> ^T	Cristalina-GO	Mata Nativa	99,38%	100%	OR513046*
LAFIP 002	<i>Trichoderma</i> sp.	Cristalina-GO	Solo de batata	-	-	-
LAFIP 003	<i>T. brevicompactum</i> ^T	Paranapanema-SP	Solo de batata	98,49%	100%	AY857297*
LAFIP 004	<i>T. orarium</i> ^T	Vargem Grande-SP	Solo de batata	99,52%	100%	OR513046
LAFIP 005	<i>T. orarium</i> ^T	Vargem Grande-SP	Solo de batata	99,15%	100%	OR513046
LAFIP 006	<i>Trichoderma</i> sp.	Vargem Grande-SP	Solo de batata	-	-	-
LAFIP 007	<i>T. orarium</i> ^T	Guarapuava-PR	Mata Nativa	99,52%	100%	OR513046

^T = Isolado-tipo

Critério para definição da espécie: (Identidade de nucleotídeos >95%)

*Sequências obtidas no *National Center for Biotechnology Information* (NCBI/GenBank)

5.2 Teste de patogenicidade

A inoculação das mudas de tomate com o isolado de *Rhizoctonia solani* resultou na manifestação de sintomas em 100% das plantas inoculadas, aos 15 dias após a inoculação. Os principais sintomas observados incluíram clorose foliar (amarelecimento), murcha vascular e necrose na região do colo, característicos da rizoctoniose em tomateiro. Em contraste, as plantas do tratamento testemunha (não inoculadas) permaneceram assintomáticas durante todo o período experimental.

A necrose na base do caule, em especial, é um sintoma típico da ação de *R. solani*, associada à degradação de tecidos e comprometimento do sistema vascular, o que culmina na murcha das plantas (Kurozawa, Pavan, 2005).

A confirmação da patogenicidade do isolado foi estabelecida com base nos postulados de Koch. Dessa forma, assegura-se que o agente causal da doença observada foi efetivamente o isolado de *R. solani* utilizado no experimento.

Esses resultados estão em consonância com a literatura, que descreve *R. solani* como um dos principais fitopatógenos de solo associados ao tombamento e à podridão do colo em solanáceas (Bedendo, 2018).

5.3 Teste de pareamento

Com base na análise de variância para a variável Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM), verificou-se efeito significativo dos tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott, indicando comportamento diferencial entre os isolados avaliados. Os isolados LAFIP 007, LAFIP 003, LAFIP 004 e LAFIP 006 destacaram-se por apresentarem os maiores valores de IVCM (20,40; 20,40; 20,80; e 21,32, respectivamente), conforme apresentado na (Tabela 5).

Esses isolados diferiram estatisticamente dos demais, incluindo o controle + (*Trichoderma harzianum* cepa ESALQ 1306), bem como dos isolados LAFIP 002 e LAFIP 001, os quais não apresentaram diferença significativa entre si. De maneira geral, todos os tratamentos promoveram redução no crescimento micelial de *R. solani* em relação à testemunha, com exceção do isolado LAFIP 005, que não diferiu estatisticamente da testemunha.

O maior IVCM observado para determinados isolados de *Trichoderma* sugere elevada capacidade competitiva por espaço e nutrientes, um dos principais mecanismos envolvidos no antagonismo contra fitopatógenos de solo (Ruocco *et al.*, 2009). Esse rápido crescimento

micelial permite a colonização antecipada do substrato, dificultando o estabelecimento de *R. solani*.

Para a variável Porcentagem de Inibição do Crescimento Radial (PICR), os valores médios variaram de 19,62% (observados nos isolados LAFIP 007 e LAFIP 003) a 5,63% (LAFIP 005), conforme apresentado na **(Tabela 5)**. Os maiores valores de PICR reforçam o potencial antagonista desses isolados, indicando maior eficiência na restrição do crescimento do fitopatógeno em condições *in vitro*.

A variação observada entre os isolados evidencia a diversidade funcional dentro do gênero *Trichoderma*, uma vez que diferentes isolados podem apresentar distintos níveis de antagonismo, de acordo com os mecanismos de ação envolvidos na interação.

Tabela 5 - Índice de Velocidade de Crescimento Micelial (IVCM) e Porcentagem de Inibição do Crescimento Radial (PICR) de *Rhizoctonia solani* frente aos diferentes isolados de *Trichoderma* no teste de culturas pareadas

Tratamentos	IVCM (mm/dia)	PICR (%)
LAFIP 007	20,40 a	19,62
LAFIP 003	20,40 a	19,62
LAFIP 004	20,80 a	18,05
LAFIP 006	21,32 a	16,00
Controle +	21,63 b	14,78
LAFIP 002	22,22 b	12,45
LAFIP 001	22,63 b	10,84
LAFIP 005	23,95 c	5,63
Testemunha	25,38 c	-

CV = 5,53 %

CV = Coeficiente de Variação

Médias seguidas da mesma letra no sentido da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

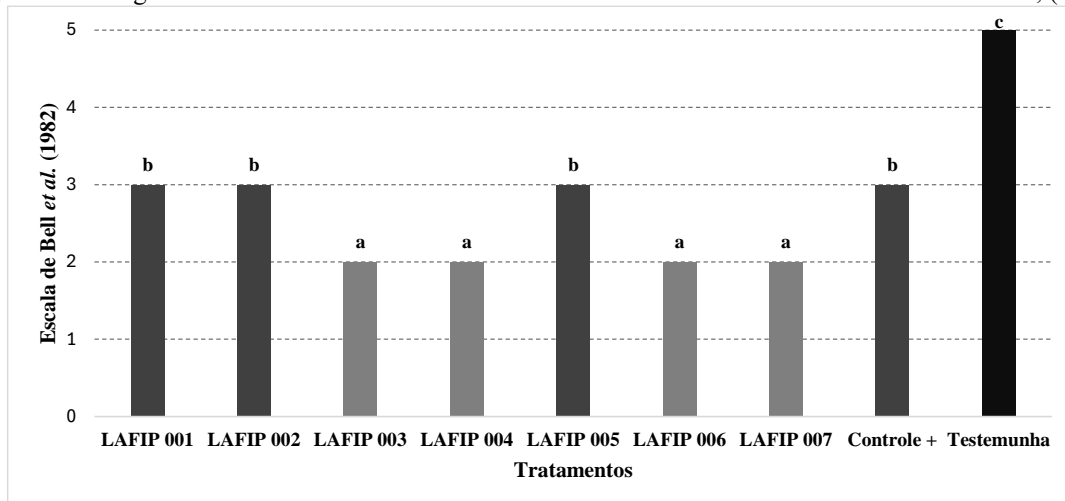
Dando continuidade à avaliação do potencial antagônico, os isolados LAFIP 003, LAFIP 004, LAFIP 006 e LAFIP 007 de *Trichoderma* spp. apresentaram nota 2 na escala de Bell, indicando colonização igual ou superior a 2/3 da superfície do meio de cultivo e consequente restrição ao crescimento de *R. solani*, conforme ilustrado na **(Figura 6/Figura7)**. Esse resultado evidencia a expressiva capacidade desses isolados em dominar o espaço disponível e suprimir o desenvolvimento do fitopatógeno em condições de cultivo pareado (Brunner *et al.*, 2005).

A classificação obtida na escala de Bell reforça os resultados previamente observados para IVCM e PICR, consolidando o desempenho superior desses isolados. A rápida colonização do meio por *Trichoderma* é um indicativo direto da sua eficiência competitiva, sugerindo que a competição por espaço e nutrientes constitui um dos principais mecanismos envolvidos na inibição de *R. solani* (Al-Mekhlafi *et al.*, 2019).

Entretanto, a atividade antagônica de *Trichoderma* spp. não se limita à competição. Estudos clássicos relatam que o efeito de biocontrole desse gênero resulta da ação sinérgica de múltiplos mecanismos, incluindo a produção de metabólitos antifúngicos (antibiose), secreção de enzimas hidrolíticas, como quitinases e β -1,3-glucanases, responsáveis pela degradação da parede celular de fungos fitopatogênicos, além do micoparasitismo direto (Brunner *et al.*, 2005; Rodrigues, *et al.*, 2025).

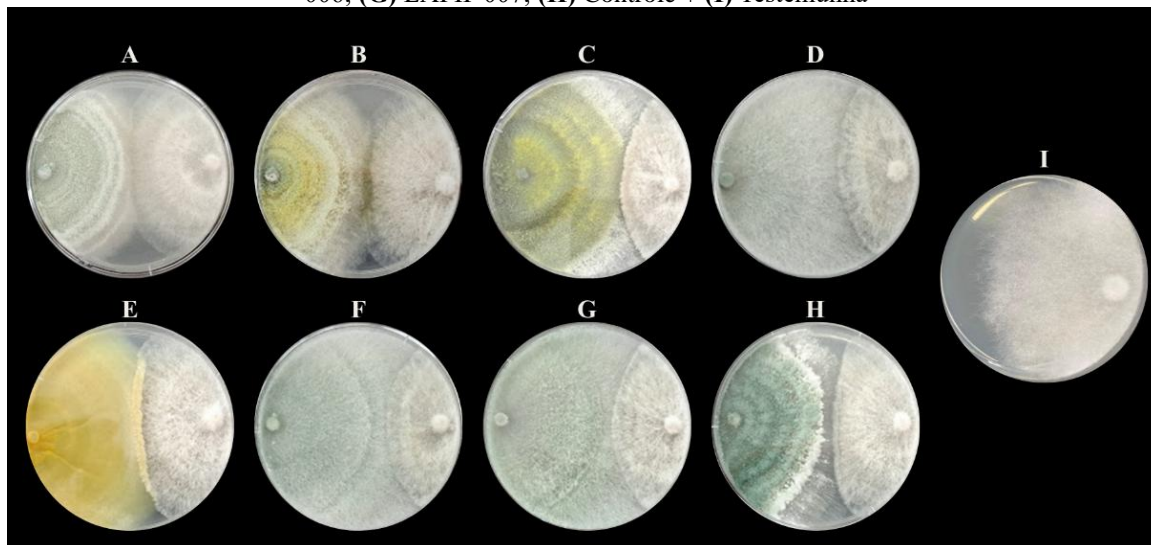
Dessa forma, a superioridade observada entre os isolados pode estar relacionada à variabilidade genética e fisiológica intrínseca ao gênero, refletindo diferenças na capacidade de produção desses compostos e na eficiência dos mecanismos de antagonismo (Ávila-Oviedo; Chávez-Avilés, 2026). Esse comportamento reforça a importância da seleção criteriosa de isolados com maior potencial biocontrolador, visando sua aplicação em programas de manejo integrado de doenças.

Figura 6 - Antagonismo de isolados de *Trichoderma* sobre a *R. solani* conforme escala de Bell *et al.*, (1982)



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Figura 7 - Efeito antagonístico de diferentes isolados de *Trichoderma* no biocontrole de *R. solani* por análise de cultura pareada. (A) LAFIP 001; (B) LAFIP 002; (C) LAFIP 003; (D) LAFIP 004; (E) LAFIP 005; (F) LAFIP 006; (G) LAFIP 007; (H) Controle + (I) Testemunha



Fonte: Autor (2026).

5.4 Testes de Compostos Orgânicos Voláteis e Não-Voláteis

Com base na análise de variância, verificou-se efeito significativo dos tratamentos no ensaio *in vitro* de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott, evidenciando comportamento diferencial entre os isolados de *Trichoderma* spp. avaliados.

O isolado LAFIP 007 destacou-se por apresentar o maior valor de Porcentagem de Inibição do Crescimento Radial (PICR), com média de 17,55%. Outros isolados, como LAFIP 004, LAFIP 003 e LAFIP 006, também apresentaram resultados expressivos, com médias de 15,21%, 14,57% e 13,39%, respectivamente, conforme apresentado na (Tabela 6/Figura 8). Esses resultados indicam que tais isolados possuem maior capacidade de produção de metabólitos voláteis com efeito inibitório sobre o crescimento de *R. solani*.

A inibição do crescimento do fitopatógeno por meio de COVs sugere a atuação de mecanismos indiretos de antagonismo, nos quais não há necessidade de contato físico entre os microrganismos. Espécies de *Trichoderma* são reconhecidas pela produção de numerosos metabólitos secundários, com mais de 300 compostos já descritos pertencentes a diferentes classes químicas (Blaszczyk et al., 2014; Ghorbanpour et al., 2018).

Dentre esses compostos, destacam-se álcoois, cetonas, terpenos e outros metabólitos voláteis capazes de interferir no crescimento micelial, na respiração celular e na integridade das membranas de fungos fitopatogênicos (Sood et al., 2020). Esses compostos atuam promovendo alterações fisiológicas e estruturais no patógeno, resultando na inibição do seu desenvolvimento.

Para o ensaio com Compostos Orgânicos Não-Voláteis (CONVs), também foi observado efeito significativo dos tratamentos a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott, indicando variabilidade entre os isolados quanto ao potencial antagonista.

O isolado LAFIP 006 destacou-se por apresentar o maior valor de PICR (19,96%), seguido pelos isolados LAFIP 004, LAFIP 007 e LAFIP 003, com médias de 17,33%, 17,20% e 17,12%, respectivamente (**Tabela 6/Figura 9**). Esses resultados demonstram que determinados isolados possuem maior capacidade de produção de metabólitos difusíveis no meio de cultivo, os quais atuam diretamente sobre o crescimento do fitopatógeno.

Os compostos não voláteis produzidos por *Trichoderma* spp. apresentam diferentes modos de ação sobre fitopatógenos, incluindo a inibição da síntese da parede celular (Lorito *et al.*, 1996), alterações na permeabilidade da membrana plasmática, interferência em processos enzimáticos essenciais (Cardoza *et al.*, 2005) e indução de estresse oxidativo (Phoka *et al.*, 2020).

De forma integrada, os resultados obtidos nos ensaios com COVs e CONVs evidenciam que os isolados de *Trichoderma* spp. apresentam múltiplos mecanismos de antagonismo contra *R. solani*. Enquanto os COVs atuam de maneira indireta e à distância, os CONVs exercem efeito direto sobre o fitopatógeno (Silva; Marques; Cunha, 2024). A combinação desses mecanismos pode explicar o potencial biocontrolador observado, especialmente para os isolados LAFIP 007 e LAFIP 006, que se destacaram em ambos os ensaios.

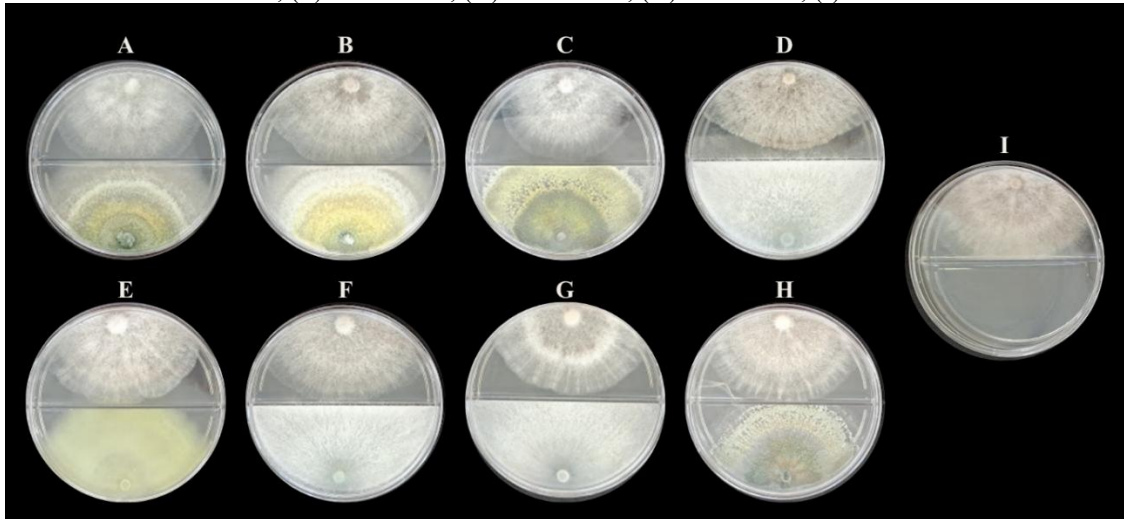
Tabela 6 - Porcentagem de Inibição do Crescimento Radial (PICR) de *R. solani* frente aos diferentes isolados de *Trichoderma* no teste de Composto Orgânico Volátil (COVs) e Composto Orgânico Não-Volátil (CONVs)

Tratamentos	COVs	CONVs
	PICR (%)	PICR (%)
LAFIP 007	17,55 a	17,20 b
LAFIP 004	15,21 b	17,33 b
LAFIP 003	14,57 b	17,12 b
LAFIP 006	13,39 b	19,96 a
LAFIP 002	8,77 c	9,75 c
Controle +	7,33 d	7,01 d
LAFIP 005	7,23 d	9,43 c
LAFIP 001	6,54 d	4,66 e
	CV = 10,85 %	CV = 5,84 %

CV = Coeficiente de Variação

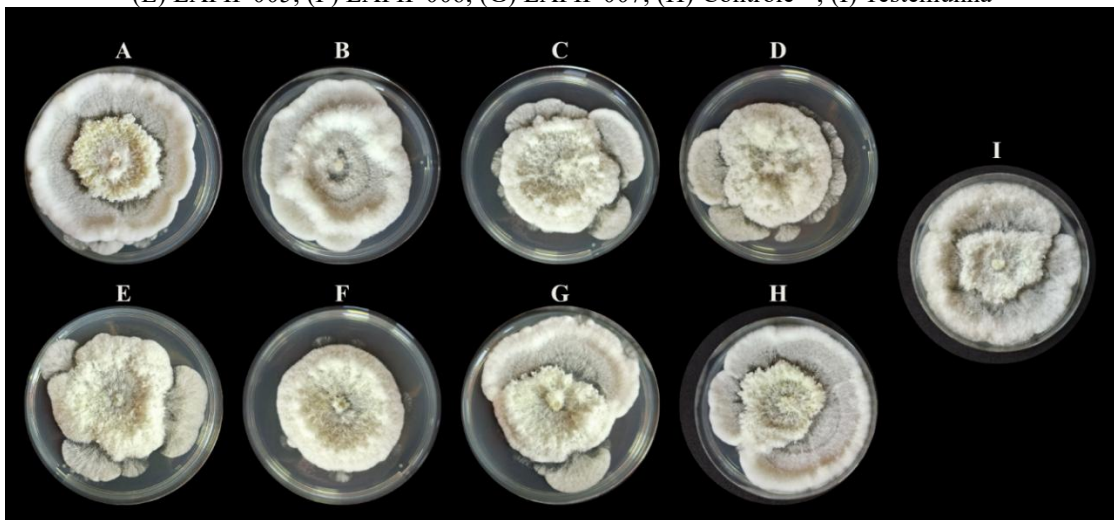
Médias seguidas da mesma letra no sentido da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Figura 8 - Efeito antagonístico de diferentes isolados de *Trichoderma* no biocontrole de *R. solani* por meio do Teste de Composto Orgânico Volátil. (A) LAFIP 001; (B) LAFIP 002; (C) LAFIP 003; (D) LAFIP 004; (E) LAFIP 005; (F) LAFIP 006; (G) LAFIP 007; (H) Controle +; (I) Testemunha



Fonte: Autor (2026).

Figura 9 - Efeito antagonístico de diferentes isolados de *Trichoderma* no biocontrole de *R. solani* por meio do Teste de Composto Orgânico Não-Volátil. (A) LAFIP 001; (B) LAFIP 002; (C) LAFIP 003; (D) LAFIP 004; (E) LAFIP 005; (F) LAFIP 006; (G) LAFIP 007; (H) Controle +; (I) Testemunha



Fonte: Autor (2026).

5.5 Teste *in vivo* do controle da rizoctoniose no tomateiro

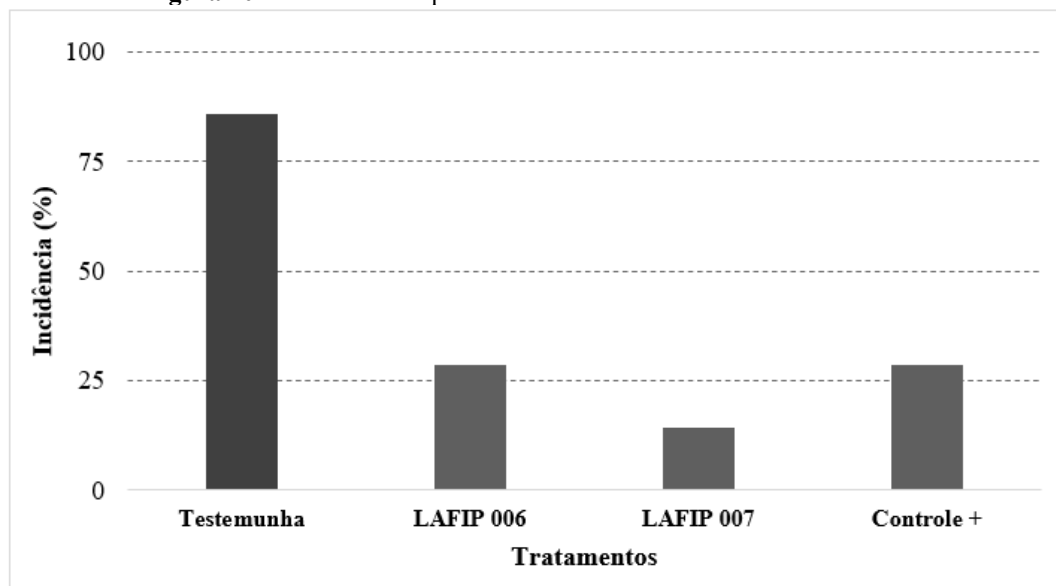
Com base nos resultados de incidência da doença, verificou-se que o tratamento testemunha inoculado apenas com *R. solani* apresentou média de 85,71%, evidenciando a alta capacidade patogênica do isolado em plantas de tomate. Nesse tratamento, foram observados sintomas típicos da rizoctoniose, como murcha vascular, escurecimento radicular, clorose foliar e necrose na região do colo.

Por outro lado, os tratamentos que utilizaram isolados de biocontrole apresentaram redução expressiva na incidência da doença. Os isolados LAFIP 006 (*Trichoderma* sp.), LAFIP 007 (*Trichoderma orarium*) e o controle + (*Trichoderma harzianum* cepa ESALQ 1306)

apresentaram médias de incidência de 28,57%, 14,29% e 28,57%, respectivamente (**Figura 10/Figura 11**). Esses resultados demonstram a eficiência dos isolados de *Trichoderma* na supressão da rizoctoniose em condições de casa de vegetação.

A menor incidência observada no tratamento com o isolado LAFIP 007 indica maior potencial de controle biológico, possivelmente associado à sua atuação integrada de múltiplos mecanismos, já evidenciada nos ensaios *in vitro*. Esse comportamento pode estar relacionado à combinação de mecanismos como competição por espaço e nutrientes, produção de metabólitos antifúngicos e indução de resistência nas plantas hospedeiras (Ghorbanpour *et al.*, 2018).

Figura 10 – Incidência de plantas de tomate com sintoma de rizoctoniose



Fonte: Autor (2026).

Com base na análise de variância, verificou-se efeito significativo dos tratamentos no ensaio *in vivo* para o Índice de Doença (ID), a 5% de probabilidade, pelo teste de Scott-Knott, evidenciando comportamento diferencial entre os tratamentos avaliados.

Os tratamentos que utilizaram isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram redução significativa na severidade da doença, diferindo estatisticamente da testemunha inoculada apenas com *R. solani*. Destacaram-se os tratamentos LAFIP 007, LAFIP 006 e o controle + (*Trichoderma harzianum* cepa ESALQ 1306), com médias de ID de 5,71%, 8,57% e 11,43%, respectivamente (**Tabela 7/Figura 11**).

A menor severidade observada nos tratamentos com *Trichoderma* reforça o potencial desses isolados na redução dos danos causados por *R. solani*, indicando não apenas diminuição da incidência, mas também da intensidade dos sintomas nas plantas infectadas. O desempenho

superior do isolado LAFIP 007 sugere maior eficiência na interação com o patógeno e/ou na promoção de mecanismos de defesa da planta.

Esses resultados corroboram os ensaios *in vitro*, nos quais os mesmos isolados apresentaram elevado potencial antagonista, indicando que sua eficiência é mantida em condições mais próximas à realidade de cultivo. Tal comportamento pode estar associado à atuação combinada de mecanismos como antibiose, competição por nutrientes e espaço, micoparasitismo e possível indução de resistência sistêmica nas plantas (Ávila-Oviedo; Chávez-Avilés, 2026), reforçando o potencial dos isolados de *Trichoderma* spp. como agentes promissores no manejo biológico de *R. solani* em tomateiro.

Tabela 7 – Índice da doença (ID) de plantas de tomate com sintoma de rizoctoniose

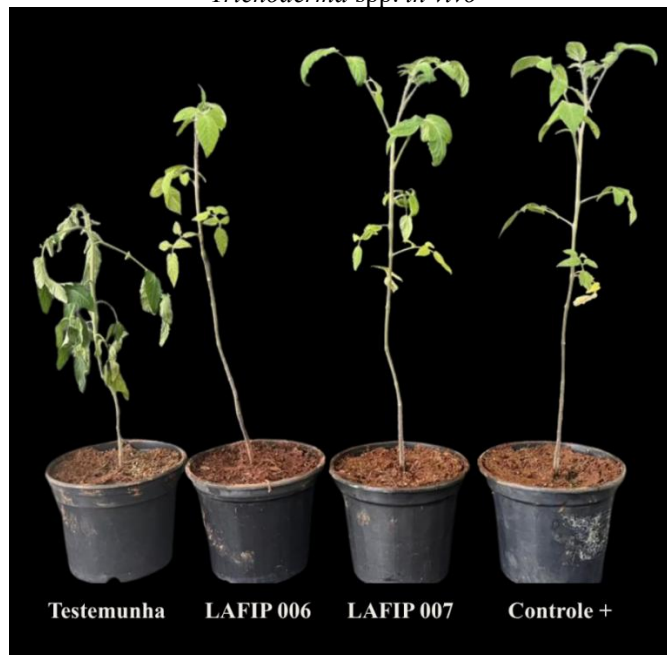
Tratamentos	ID (%)
LAFIP 007	5,71 a
LAFIP 006	8,57 a
Controle +	11,43 a
Testemunha	74,29 b

CV = 92,79 %

CV = Coeficiente de Variação

Médias seguidas da mesma letra no sentido da coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Figura 11 – Plantas de tomate após 30 dias da inoculação de *R. solani* com aplicação dos tratamentos com *Trichoderma* spp. *in vivo*



Fonte: Autor (2026).

6 CONCLUSÃO

A caracterização molecular dos isolados de *Trichoderma* permitiu a identificação de quatro isolados como *Trichoderma orarium*, representando o primeiro registro dessa espécie no Brasil, um isolado como *Trichoderma brevicompactum* e dois isolados não identificados em nível de espécie, evidenciando a diversidade genética dos microrganismos avaliados.

Os isolados LAFIP 006 (*Trichoderma* sp.) e LAFIP 007 (*T. orarium*) apresentaram elevado potencial antagonista contra *Rhizoctonia solani*, tanto em ensaios *in vitro* quanto em condições de casa de vegetação, reduzindo a incidência e a severidade da rizoctoniose em plantas de tomate.

Dessa forma, esses isolados demonstram potencial para utilização no manejo biológico de doenças do tomateiro.

7 REFERÊNCIAS

- ABDELJALIL, N. O.B.; VALLANCE, J.; GERBORE, J., *et al.* Biocontrol of *Rhizoctonia* root rot in tomato and enhancement of plant growth using rhizobacteria naturally associated to tomato. **Journal of Plant Pathology & Microbiology**, v. 7, n. 6, p. 356, 2016.
- ABREU, L. M.; PEFENNING, L. H. O gênero *Trichoderma*. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: Uso na Agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 1º ed. p. 163-179.
- AGARWAL, D. K. *Rhizoctonia* D.C.: taxonomy, ecology and management. In: MUKERJI, K. G.; MANOHARACHARY, C. (Eds.). **Taxonomy and ecology of Indian fungi**. New Delhi: I. K. International Publishing House, 2010. p. 19-50.
- AJAYI-OYETUNDE, O. O.; BRADLEY, C. A. *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of *Rhizoctonia* seedling disease of soybean. **Plant pathology**, 2018. v. 67, n. 1, p. 3-17.
- AL-MEKHLAFI, N. A. *et al.* Antagonistic Potential of Native *Trichoderma* species against Tomato Fungal Pathogens in Yemen. **International Journal of Molecular Microbiology**, v.2, n.1, p.1-10, 2019.
- ALVARENGA, M. A. R. Origem, botânica e descrição da planta. In: ALVARENGA, M. A. R. **TOMATE: produção em campo**, casa de vegetação e em hidroponia. 2. ed. rev. e ampl. Lavras, MG: Ed. Univ. de Lavras, 2013. p. 11-21.
- ÁVILA-OVIEDO, J.L.; CHÁVEZ-AVILÉS, M. N. Ecological versatility and biocontrol mechanisms of *Trichoderma* spp.: toward sustainable agriculture. **Discover Applied Sciences**, v. 8, p. 230, 2026.
- BARRAQUE, M. J. M. Controle biológico de *Rhizoctonia solani* em tomate industrial pelo uso de microrganismos eficientes (EM). **Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 8, p. 157, 2025.
- BASTOS, C. N. Isolate of *Trichoderma brevicompactum* for the control of *cocoa witches* broom disease: preliminary results. **Agrotrópica**, v. 24, n. 1, p. 5-10, 2012.
- BEDENDO, I. P. *Damping off*. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. N.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**, v. 1: Princípios e Conceitos, 5ºed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2018, p.435-441.
- BELL, D. K. *et al.* *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Phytopathology**, v. 72, p. 379-382, 1982.
- BETTIOL, W.; SILVA, J. C., CASTRO, M. L. M. P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: Uso na Agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 1º ed. p. 21-43.

BRUNNER, K.; ZEILINGER, S.; CILIENTO, R. *et al.* Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 71, p.3959-3965, 2005.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, v.8, p.40-55, 2014.

CARDOZA, R. E; HERMOSA, M. R.; VIZCAÍNO, J. A.; SANZ, L.; ENRIQUE MONTE, E.; GUTIÉRREZ, S. Secondary metabolites produced by *Trichoderma* and their importance in the biocontrol process. **Microorganism for Industrial Enzymes and Biocontrol**, v. 1, p. 22, 2005.

CASTELLANI, A. Maintenance and cultivation of common pathogenic fungi of man in sterile water. **Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, Cleveland, v. 70, n. 8, p. 181-184, 1967.

CHAVERRI, P. *et al.* *Hypocrea/Trichoderma*: species with conidiophore elongations and green conidia. **Mycologia**, v. 95, n. 6, p. 1100-1140, 2003.

CONCEIÇÃO, L. B. Potencial de bactérias endofíticas no controle biológico de *Rhizoctonia solani* em cultura de interesse agrícola. *Anais (Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UFSC)*, 2023.

CUBETA, M. A.; VILGALYS, R. *Rhizoctonia*. In: LEDERBERG J. J. (Ed.). **Encyclopedia of Microbiology**. San Diego: Academic Press, 2000. v. 4, p. 109-116.

DE CANDOLLE, A. P. Mémoire sur les rhizoctones, nouveau genre de champignons qui attaque les racines, de plantes et en particulier celle de la luzerne cultivée. **Memoires du Museum National**, v. 2, p. 209-216, 1815.

DE MARCO, J. L. *et al.* A *Trichoderma harzianum* chitinase destroys the cell wall of the phytopathogen *Crinipellis pernicioso*, the causal agent of witches' broom disease of cocoa. **World journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 383-386, 2000.

DRUZHININA, I. S. *et al.* Massive lateral transfer of genes encoding plant cell wall-degrading enzymes to the mycoparasitic fungus *Trichoderma* from its plant-associated hosts. *Plos Genetics*, v. 14, n. 4, e1007322, 2018.

EL KOMY, M. H. *et al.* Characterization of novel *Trichoderma asperellum* isolates to select effective biocontrol agents against tomato Fusarium wilt. **The Plant Pathology Journal**, v. 31, n. 1, p. 50, 2015.

EZZIYYANI, M. *et al.* Biocontrol por *Streptomyces rochei* (Ziyani), de la podre dumbre del pimiento (*Capsicum annum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. **Anales de Biología**, n.26, p.69-78, 2004.

FAOSTAT. Tomato production – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2024. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 08 jan. 2026.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa (UFV), 2012. 421 p.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. **Produção de tomate de mesa**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2002. 193 p.

GHORBANPOUR *et al.* Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. **Biological Control**. v.117, p.147-157, 2018.

GONDAL, A. S.; RAUF, A.; NAZ, F. Anastomosis Groups of *Rhizoctonia solani* associated with tomato foot rot in Pothohar Region of Pakistan. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 3910, 2019.

GUIMARÃES, P. L. Z. **Cultura do tomate no Brasil: As principais pragas encontradas no tomateiro**. 2022. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso – UNIC, Rondonópolis, 2022.

GUPTA, S.; DIKSHIT, A. K. Biopesticides: An ecofriendly approach for pest control. **Journal of Biopesticides**, v. 3, n. Special Issue, p. 186, 2010.

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

HARMAN, G. E. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. **Phytopathology**, v. 96, n. 2, p. 190-194, 2006.

HERMOSA, R. *et al.* Secondary metabolism and antimicrobial metabolites of *Trichoderma*. In: GUPTA, V. K. *et al.* (Ed.). **Biotechnology and biology of Trichoderma**. Amsterdam: Elsevier, 2014. p. 125-137.

HORTIFRUTI/CEPEA. Quais são as frutas e hortaliças mais consumidas pelos brasileiros? HF Brasil, 2024. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/hortifruti-cepea-quais-sao-as-frutas-e-hortalicas-mais-consumidas-pelos-brasileiros.aspx>. Acesso em: 08 jan. 2026.

IBGE. Tomate – Produção Agropecuária. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>. Acesso em: 08 jan. 2026.

KÜHN, J. **Krankheiten der Kulturgewächse, ihre Ursachen und ihre Verhütung**. p. 222–249. f. 3–22. 1858.

KUROZAWA, C.; PAVAN, M. A. Doenças do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). In: KIMATI, H. *et al.* **Manual de fitopatologia**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 607–626.

- LI, R. X. et al. Solubilisation of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. **Plos One**, v. 10, n. 6, e0130081, 2015.
- LOGUERCIO, L. L. et al. Selection of *Trichoderma stromaticum* isolates for efficient biological control of witches' broom disease in cacao. **Biological Control**, v. 51, n. 1, p. 130-139, 2009.
- LOPES, C.A. Introdução geral. In: LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C. (Eds). **Doenças do tomateiro**. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2005. p.11-15.
- LORITO, M.; WOO, S. L.; AMBROSIO, M. D.; HARMAN, G. E.; HAYES, C. K.; KUBICEK, C. P.; SCALA, F. Synergistic interaction between cell wall degrading enzymes and membrane affecting compounds. **Molecular Plant Microbe Interactions**, v. 9, p. 206-213, 1996.
- MARIANO, R.L.R. Métodos de seleção “*in vitro*” para controle microbiológico. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.1, p.369–409, 1993.
- MASTOURI, F.; BJÖRKMAN, T.; HARMAN, G. E. *Trichoderma harzianum* enhances antioxidant defense of tomato seedlings and resistance to water deficit. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 25, n. 9, p. 1264-1271, 2012.
- MELLO, S. C. M. et al. Cepas de *Trichoderma* para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* Sacc. **Fitosanidad**, v.11, n.1, p.3-9, 2007.
- MONTE, E. Understanding *Trichoderma*: between biotechnology and microbial ecology. **International Microbiology**, v. 4, n. 1, p. 1-4, 2001.
- MUKHERJEE, P. K. et al. *Trichoderma* in agriculture, industry and medicine: an overview. *Trichoderma* biology and applications. Boston: CAB International, p. 1-9, 2013.
- MUKHERJEE, P. K.; HORWITZ, B. A.; KENERLEY, C. M. Secondary metabolism in *Trichoderma* – a genomic perspective. **Microbiology**, v. 158, n. 1, p. 35-45, 2012.
- MYCOBANK. **Fungal Databases, Nomenclature & Species Banks**. Disponível em: <https://www.mycobank.org>. Acesso em: 18 jan. 2026.
- OBICI, L.V.; FARIA, C. M. D. R.; LEITE, C. D.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; MAIA, A. J.; MOCCELLIN, R. Filtrates of saprobic fungi from the Northeastern semi-arid region on the control of *Meloidogyne javanica*. **Summa Phytopathologica**, v.50, p.1-6, 2024.
- OLIVEIRA, A.C.C. et al. 2008. Metodologias de inoculação de *Rhizoctonia solani* na cultura da cenoura. **Ciências e Agrotecnologia**, 2008. v. 32, n. 3, p. 992-995.
- OLIVEIRA, J.A. **Efeito do tombamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativas* L.) e pimentão (*Capsicum annanum* L.)**. 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

PATIL, H. J.; SOLANKI, M. K. Molecular prospecting: advancement in diagnosis and control of *Rhizoctonia solani* diseases in plants. In: KUMAR, P. et al. (Eds.). **Current trends in plant disease diagnostics and management practices**. Berna: Springer International, 2016. p. 165-185.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. **Morphological characterization and relationships of wild tomatoes** (*Solanum* L. Section *Lycopersicon* [Mill.] Wettst. Subsection *Lycopersicon*). 2005.

PEREIRA, O. L.; SOARES, D. J. Fungos fitopatogênicos. In: ZAMBOLIM, L.; JESUS JÚNIOR, W. C.; PEREIRA, O. L. **O Essencial da Fitopatologia: Agentes Causais**, v: 1, Viçosa, MG: UFV, DFP, 2012, p. 225-307.

PERSOON, C. H. Neuer Versuch einer systematischen Eintheilung der Schwämme. **Neues Magazin für die Botani**, v.1, p. 63-80,1794.

PHOKA, N.; SUWANNARACH, N.; LUMYONG, S.; ITO, S. I.; MATSUI, K.; ARIKIT, S.; SUNPAPAO, A. Role of Volatiles from the Endophytic Fungus *Trichoderma asperelloides* PSU-P1 in Biocontrol Potential and in Promoting the Plant Growth of *Arabidopsis thaliana*. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 4, p. 341, 2020.

RODRIGUES, A. O.; GRAF JUNIOR, A. L.; CARRARO, T. A., *et al.* Bioprospecting of *Trichoderma* strains for controlling pathogens from soybean, maize, and beans, and their microbiome characterization. **European Journal Plant Pathology**, vol.171, p. 561-579, 2025.

RUOCCO, M. *et al.* Identification of a new biocontrol gene in *Trichoderma atroviride*: the role of an ABC transporter membrane pump in the interaction with different plant-pathogenic fungi. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 22, n. 3, p. 291-301, 2009.

SAHEBANI, N.; HADAVI, N. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 40, n. 8, p. 2016-2020, 2008.

SALAS-MARINA, M. A. *et al.* Colonization of *Arabidopsis* roots by *Trichoderma atroviride* promotes growth and enhances systemic disease resistance through jasmonic acid/ethylene and salicylic acid pathways. **European Journal of Plant Pathology**, v. 131, n. 1, p. 15-26, 2011.

SALES, L. S. *et al.* Diversidade Taxonômica e Identificação de *Trichoderma*. In: SOARES, A. C. F.; EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; MARBACH, P. A. S. **Tópicos em microbiologia agrícola**. Cruz das Almas, BA, 2020, Editora UFRB – Coleção Pesquisas e Inovações Tecnológicas na Pós-Graduação da UFRB; v. 8. p. 187-217.

SALES, R. S. A. **Controle biológico de *Rhizoctonia solani*, agente causal do tombamento do tomateiro, com *Trichoderma* spp.** 2011. 38 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Ciências Agrárias, Ciências Humanas). Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

SCHUSTER, A.; SCHMOLL, M. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 87, n. 3, p. 787-799, 2010.

SELIN, C. *et al.* Elucidating the role of effectors in plante fungal interactions: progress and challenges. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, p. 600, 2016.

SILVA-BARRETO, F. A. *et al.* Associação de *Rhizoctonia solani* Grupo de Anastomose 4 (AG-4 HGI e HGIII) à espécies de plantas invasoras de área de cultivo de batata. **Summa Phytopathologica**, v. 36, p. 145-154, 2010.

SILVA, M. R.; MARQUES, E.; CUNHA, M.G. Antagonistic and molecular characterization of endophytic *Trichoderma* from sugarcane. **Biologia**, v. 79, p. 3419–3432, 2024.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Sintomatologia, etiologia e manejo de doenças causadas por fungos e chromistas na cultura da batata. **O Biológico**, v.84, 2022

WEI, Y. H. *et al.* *Trichoderma orarium* (Hypocreales): a new species from Taiwan. **Phytotaxa**, v. 626, n.1, p. 67–72, 2023.

WOO, S. L. *et al.* *Trichoderma*-based products and their widespread use in agriculture. **The Open Mycology Journal**, v. 8, n. 1, 2014.

YANG, G.; LI, C. General description of *Rhizoctonia* species complex. *In*: CUMAGUN, C. J. R. (Ed.). **Plant pathology**. Rijeka: Intech, 2012. p. 41-52.