

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

Monara Rabelo da Silva

Antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Rhizoctonia solani* em batata

Morrinhos – GO

Dezembro – 2025

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

Monara Rabelo da Silva

Antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Rhizoctonia solani* em
batata

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos,
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.

Coorientador: Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho.

Morrinhos – GO

Dezembro – 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBI**

S586a Silva, Monara Rabelo
 Antagonismo de isolados de Trichoderma spp. no biocontrole de
 Rhizoctonia solani em batata / Monara Rabelo Silva. Morrinhos
 2026.
 32f. il.
 Orientador: Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes.
 Coorientador: Prof. Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho.
 Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
 0422021 - [MO.GRAD] Bacharelado em Agronomia - Morrinhos
 (Campus Morrinhos).
 1. Antagonismo. 2. Rizoconiose. 3. Fungos do solo. 4.
 Trichoderma. 5. Controle Biológico. I. Título.

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 resarcimento 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) Artigo científico
 Dissertação (mestrado) Capítulo de livro
 Monografia (especialização) Livro
 TCC (graduação) Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Monara Rabelo da Silva

Matrícula:

2021104220210046

Título do trabalho:

Antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Rhizoctonia solani* em batata.

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **12/01/2026**

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
gov.br MONARA RABELO DA SILVA
Data: 12/01/2026 10:51:26-0300
Verifique em <https://validar.itg.gov.br>

Morrinhos **12/01/2026**
Local Data

Ciente e de acordo:

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais
Documento assinado digitalmente
gov.br NADSON DE CARVALHO PONTES
Data: 11/01/2026 05:57:46-0300
Verifique em <https://validar.itg.gov.br>

Assinatura do(a) orientador(a)



Ata nº 21/2025 - CCBA-MO/DE-MO/CMPMHOS/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) doze dia(s) do mês de dezembro de 2025, às 14 horas, reuniu-se a banca examinadora composta por: Prof. Nadson de Carvalho Pontes (orientador), Dr. Erasmo Ribeiro da Paz Filho (coorientadora), Dra. Aline Brito Vaz (membro) e Prof. Dr. Rodrigo Vieira da Silva (membro), para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado "**ANTAGONISMO DE ISOLADOS DE TRICHODERMA SPP. NO BIOCONTROLE DE RHIZOCTONIA SOLANI EM BATATA**" da estudante **Monara Rabelo da Silva**, Matrícula nº 2021104220210046 do Curso de Bacharelado em Agronomia do IF Goiano – Campus Morrinhos. A palavra foi concedida à 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** da estudante com **NOTA 9,0**. 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)

Aline Brito Vaz

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 12/12/2025 14:56:44.
- Aline Brito Vaz, 2024104341340002 - Discente, em 12/12/2025 14:58:30.
- Rodrigo Vieira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO , em 12/12/2025 14:59:12.
- Erasmo Ribeiro da Paz Filho, 2024104341340001 - Discente, em 12/12/2025 15:38:28.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 12/12/2025. 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: 774283
Código de Autenticação: d4bad88993



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

AGRADECIMENTOS

Em reconhecimento de fé e gratidão que transcende o plano material, este trabalho é dedicado à Deus, a fonte de toda criação e inspiração. Aos meus Guias Espirituais que iluminaram o meu caminho com sabedoria, fornecendo a clareza e a resiliência necessárias para superar os desafios. Um agradecimento especial aos meus Orixás, cujas energias e arquétipos sagrados trouxeram equilíbrio, proteção e força vital, guiando cada passo da jornada rumo à conclusão.

Expresso minha profunda gratidão ao meu orientador, Prof. Dr. Nadson de Carvalho Pontes e ao meu coorientador Dr. Erasmo Ribeiro, por sua inquestionável expertise, paciência e incentivo constante, que foram cruciais para a concretização desta pesquisa.

Aos meus colegas e amigos, o reconhecimento pela troca de ideias e pelo suporte mútuo nos momentos de desafio, em especial a minha amiga Thalita que sempre esteve do meu lado me motivando e acreditando na minha capacidade.

Por fim, minha mãe Helena que sempre me inspirou a ser uma grande guerreira e lutar pelos meus sonhos, ao meu irmão Túlio, que é o meu apoio, minha raiva diária, mas, que também é minha motivação e força, e por fim ao meu parceiro Yuri, que sempre me ouvia reclamar e no final sempre me pedia paciencia e dizia que tudo ia dar certo, gratidão pelo amor incondicional, compreensão e motivação. O suporte e apoio de vocês foi a base para que eu pudesse dedicar-me a este projeto.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero muito obrigada.

Sumário

Resumo	9
Abstract	10
1. Introdução	11
2. Materiais e métodos.....	14
3. Resultados e discussões	23
4. Conclusão	30
5. Referências bibliográficas.....	31

Resumo

A cultura da batata é uma das culturas de maior relevância econômica e alimentar no Brasil e no mundo, mas sua produção é constantemente ameaçada por doenças de solo, com destaque para a rizoconiose, causada pelo fungo fitopatogênico *Rhizoctonia solani*. Este patógeno é um parasita necrófita com alta capacidade saprofítica, o que confere dificuldade de manejo através de métodos convencionais, como o uso de fungicidas e a rotação de culturas, pois o fungo sobrevive no solo e em restos culturais na forma de escleródios. As espécies de *Trichoderma* se destacam por seus mecanismos de ação contra patógenos, sendo os principais a competição por nutrientes e espaço, a antibiose (pela produção de metabólitos voláteis e não-voláteis) e o micoparasitismo, onde as hifas do antagonista se enrolam e degradam a parede celular do patógeno. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de isolados nativos de *Trichoderma* spp. (LAFIP) no controle de *R. solani*, utilizando testes *in vitro* e *in vivo*. Nos ensaios *in vitro*, no teste de pareamento todos os isolados (LAFIO 001 a LAFIP 007) obteve notas entre 1 e 2 enquanto que o controle obteve nota 5, a avaliação de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) revelou o mecanismo de antibiose, com o isolado LAFIP 007 demonstrando a maior inibição do crescimento micelial do patógeno, alcançando 84,60% de inibição. A validação do potencial biológico em condições *in vivo* em tubérculos de batata da cultivar Ágata confirmou a eficácia dos isolados, sendo que os tratamentos com LAFIP 003, LAFIP 006 e LAFIP 007 resultaram em 0% de incidência da rizoconiose nos tubérculos, performance superior à da testemunha negativa (água) com 80% de incidência e até mesmo ao produto comercial (testemunha positiva) de referência utilizado com 2% de incidência. Tais resultados evidenciam que os isolados de *Trichoderma* spp. da coleção LAFIP possuem um alto potencial biológico e representam uma ferramenta valiosa e ecologicamente correta para o manejo integrado da rizoconiose na cultura da batata no Brasil.

Palavras-chaves: Antibiose, fungo de solo, micoparasitismo, Rizoconiose, *Solanum tuberosum*.

Abstract

Potato cultivation is one of the most economically and nutritionally important crops in Brazil and worldwide, but its production is constantly threatened by soilborne diseases, especially rhizoctoniosis, caused by the phytopathogenic fungus *Rhizoctonia solani*. This pathogen is a necrophic parasite with high saprophytic capacity, which makes management difficult through conventional methods such as the use of fungicides and crop rotation, as the fungus survives in the soil and in crop residues in the form of sclerotia. *Trichoderma* species stand out for their mechanisms of action against pathogens, the main ones being competition for nutrients and space, antibiosis (through the production of volatile and non-volatile metabolites), and mycoparasitism, where the hyphae of the antagonist coil around and degrade the cell wall of the pathogen. The aim of this study was to evaluate the potential of native *Trichoderma* spp. isolates (LAFIP) in controlling *R. solani*, using in vitro and in vivo tests. In the in vitro assays, in the pairing test, all isolates (LAFIO 001 to LAFIP 007) obtained scores between 1 and 2, while the control obtained a score of 5. The evaluation of Volatile Organic Compounds (VOCs) revealed the antibiosis mechanism, with the LAFIP 007 isolate demonstrating the greatest inhibition of mycelial growth of the pathogen, reaching 84.60% inhibition. Validation of the biological potential under in vivo conditions in potato tubers of the Ágata cultivar confirmed the efficacy of the isolates. Treatments with LAFIP 003, LAFIP 006, and LAFIP 007 resulted in 0% incidence of rhizoctoniosis, a performance superior to the negative control (water) with 80% incidence and even to the commercial product (positive control) reference used with 2% incidence. These results demonstrate that the *Trichoderma* spp. isolates from the LAFIP collection possess high biological potential and represent a valuable and ecologically sound tool for the integrated management of rhizoctonia in potato cultivation in Brazil.

Keywords: Antibiosis. Soil fungus. Mycoparasitism. Rhizoctoniosis. *Solanum tuberosum*.

1. Introdução

Nativa da América do Sul, especificamente da Cordilheira dos Andes, a batata (*Solanum tuberosum* L.) pertence à família Solanaceae e ao gênero *Solanum*, que atualmente estão descritas mais de 2000 espécies (Embrapa, 2025).

Destas espécies, em torno de 160 produzem tubérculos, entretanto, considera-se que somente cerca de 20 espécies de batata para cultivos. Além das variedades comerciais, ainda existem diversas espécies silvestres que possuem grande relevância para os programas de melhoramento genético (Embrapa, 2025).

A batata está entre as hortaliças mais importantes cultivadas no Brasil, e a produção anual mais recente (safra 2024), considerando as três safras (verão, outono e inverno), foi estimada em aproximadamente 4,2 milhões de toneladas em uma área colhida que se mantém em torno de 124,8 mil hectares (IBGE, 2024).

Em 2023 a produção alcançou mais de 4 milhões de toneladas e Minas Gerais destacou-se como o maior produtor (Diogo, 2025; Inokuti, 2016). Do total produzido, aproximadamente 65% da batata é destinada ao mercado *in natura* (fresco), enquanto cerca de 15% segue para a indústria, principalmente para fabricação de *chips* e batata processada. Entre as principais variedades comerciais cultivadas no país destacam-se: Ágata (45%), Asterix (15%) e Orquestra (13%) (Diogo, 2025; ABBA, s.d.). Apesar da importância que a cultura tem no País, vários fatores podem afetar negativamente a sua produção como as condições edafoclimáticas desfavoráveis, ocorrência de insetos-pragas e principalmente doenças que incidem sobre com cultura (Diogo, 2025).

Na batata algumas doenças são responsáveis por grande perda na produção, muitas são consideradas violentas e quando não controladas da forma adequada podem levar a produção a perda total ou afetar a qualidade do produto (Junior, 2018).

Atualmente no Brasil, muitas doenças bióticas afetam a batata, a rizoctonose é uma das principais, pois é causada pelo fungo *Rhizoctonia solani* (Kühn) [teleomorfo *Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk) e *Rhizoctonia* binucleada (BNR) [teleomorfo *Ceratpbasidium*] (Junior, 2018).

O gênero *Rhizoctonia* é composto por espécies binucleadas (presença de dois núcleos) e multinucleadas (presença de vários núcleos), são exemplos de espécies binucleadas: *R. callae*; *R. cerealis* e *R. endophytica*, dentro das espécies multinucleadas

são consideradas: *R. oryzae*, *R. solani* e *R. zea*e, entre outras (Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2017).

O gênero é composto por um grupo de fungos filamentosos caracterizado por possuir esporos assexuais e seu estado anamórfico possuem características como a ramificação formando um ângulo reto próximo as hifas septo distal de hifas jovens, ausência de conídios e capacidade de produzir filamentos de hifas a partir dos escleródios (Castro, 2007; Junior, 2018).

Este gênero abrange uma variedade complexa de espécies e grupos de anastomoses (AGs), podendo cada uma apresentar características patogênicas distintas, hospedeiros e preferências ambientais (Nizamani et al., 2025).

Devido a essas características fenotípicas e genotípicas o gênero tem sido organizado em grupos que estão relacionados as características genéticas baseadas na capacidade da hifa de sofrer anastomose (AGs), ou seja, a fusão ou conexão entre hifas em culturas puras, padrões bioquímicos e sequencia de DNA nuclear. Além disso, alguns grupos são divididos em subgrupos denominados intraespecíficos (ISGs) que estão denominados pela capacidade das hifas de produzir características aditivas como a reação a anastomose, patogenicidade, morfologia, tipo de escleródios, entre outros.

As AGs do grupo *Rhizoctonia* estão relacionadas pela capacidade das hifas de sofrerem anastomoses com isolados testadores que são culturas puras com características genéticas ou patogênicas conhecidas e específicas. Esses isolados testadores são capazes de realizar a fusão das hifas pertencentes ao mesmo AG, enquanto isolados com AG diferentes não sofrem anastomoses (Lucon et al., 2009).

O grupo de anastomose dentro do complexo de *Rhizoctonia solani* é de extrema importância, pois, cada AG representa uma população geneticamente isolada e reprodutivamente mostram-se incompatíveis entre si (Lucon et al., 2009). Já foram identificadas em *Rhizoctonia solani* cerca de 13 AGs e um subconjunto (AG – 1 a AG – 13 e um subconjunto do AG-2 o AG 2 - BI) e dentro de *R. solani* aproximadamente 22 ISGs (quatro AG -1, oito AG-2, dois AG -3, três AG-4, dois AG – 6 e dois AG – 9) (Junior, 2018; Jaradat et al., 2022).

O fitopatógeno *Rhizoctonia solani* é um fungo de solo que pode ocasionar perdas significativas em diversas culturas de importância econômica, resultando em reduções na produtividade e na qualidade comercial do produto. Seu controle é considerado difícil, pois a produção de escleródios garante a sobrevivência do patógeno em diferentes

condições ambientais. Além disso, *R. solani* apresenta capacidade de sobreviver saprofiticamente em matéria orgânica no solo e possui ampla gama de hospedeiros (Reis & Lopes, 2011). Atualmente, diversos AGs tem sido atribuído a rizoctonose da batata, mas, o que predomina é o AG -3 PT (Jaradat et al., 2022).

Atualmente, mais de 250 espécies do fungo *Trichoderma* apresentam potencial biológico, uma das principais características é seu crescimento rápido e a grande produção de conídios e conidióforos, o gênero *Trichoderma* são considerados fungos oportunistas e com essa característica tem a capacidade de colonizar a rizosfera das plantas e solos (Diogo, 2025).

Este gênero é capaz de se adaptar em diversos habitats como solos que possuem um elevado teor de matéria orgânica, raízes e podem estar presentes até em folhas, (Abreu & Pfenning, 2019).

As espécies deste gênero são conhecidas por suas enzimas metabólicas, habilidade de estimular o crescimento da planta e biocontrole de diversas doenças, o seu uso na agricultura se torna promissor devido a essas características com potencial biológico (Zhang et al., 2021).

As espécies consideradas com maior potencial para controle biológico são: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*, *Trichoderma asperellum*, *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma virens* e *Trichoderma viride*. Essas espécies apresentam capacidade de biocontrole contra agentes patogênicos, podendo utilizar mecanismos que promovem micoparasitismo, estímulos de crescimento, antibiose, competição e indução de resistência, esses mecanismos são considerados mecanismos diretos e indiretos (Lucon et al., 2009; Zhang et al., 2021).

Nos últimos anos, a utilização de antagonistas tem se destacado como estratégia de manejo biológico de fitopatógenos. Entre eles, espécies do gênero *Trichoderma* têm se mostrado eficientes devido aos múltiplos mecanismos de ação empregados, como competição, antibiose e micoparasitismo, além da habilidade de colonizar rapidamente o substrato e o sistema radicular, conferindo proteção às plantas hospedeiras. (Lucon et al., 2009; Venancio et al., 2019).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi realizar uma prospecção de *Trichoderma* spp. isolados de área de cultivo de batata e mata nativa para o biocontrole de *Rhizoctonia solani* em batata.

2. Materiais e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fitopatologia do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos, localizado na Rodovia BR-153, Km 633, Zona Rural, Morrinhos - GO.

*2.1 Obtenção dos isolados de *Trichoderma* spp.*

O isolados de *Trichoderma* foram obtidos de solos rizosféricos de batata e de mata nativa coletados nos estados de Goiás, São Paulo e Paraná. Foram coletadas amostras de solo a uma profundidade de 0-10 cm no perfil do solo, sendo assim, após a coleta das amostras as mesmas foram preservadas em câmara fria até o momento da utilização.

Para obtenção dos isolados uma massa correspondente a 10 g de solo de cada amostra foi transferida para frascos de 250 mL, ao qual se adicionaram 90 mL de água destilada. Após agitação por 30 minutos a 170 rpm, alíquotas de 1 mL dessas suspensões foram transferidas para outros tubos, procedendo-se as diluições seriadas em água destilada esterilizada (ADE).

Para o isolamento, alíquotas das diluições seriadas de 10^{-2} e 10^{-3} g de solo/mL de água foram inoculadas em placas de Petri contendo o meio BDA (batata dextrose ágar). Posteriormente, as placas foram mantidas a 25 °C na BOD por um período de 7 dias, após isso foi feito a seleção e repicagem dos isolados e após cinco dias a confirmação dos gêneros, por fim, a seleção do *Trichoderma* spp. de interesse foram feitas através de características macroscópicas de cada colônia (micélio, pigmentação do meio, esporulação) e microscópicas (fiálides e conídios) dos isolados foram examinadas.

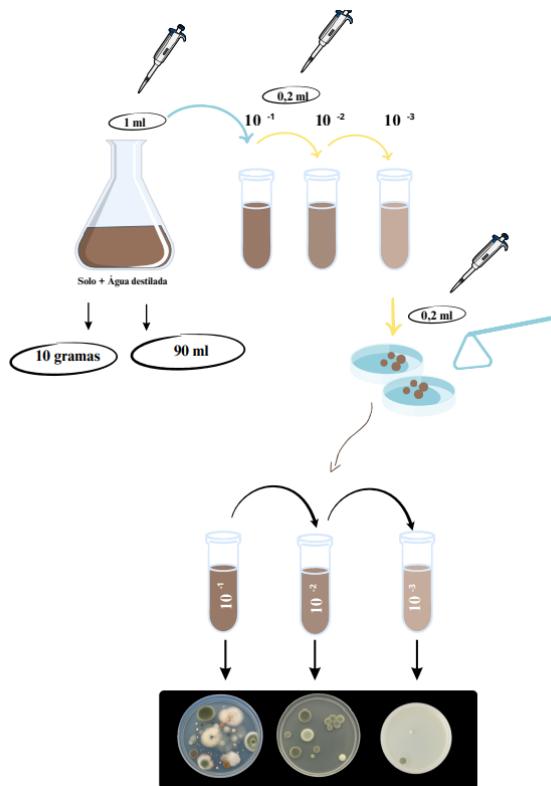


Figura 1 - Método de diluição seriada.

Figura feita pela autora.

Sendo assim, obteve-se sete isolados de *Trichoderma* spp. no qual LAFIP 001 e LAFIP 002 foram do estado de Goiás, LAFIP 003, LAFIP 004, LAFIP 005 e LAFIP 006 foram do estado de São Paulo e LAFIP 007 foi do estado do Paraná.

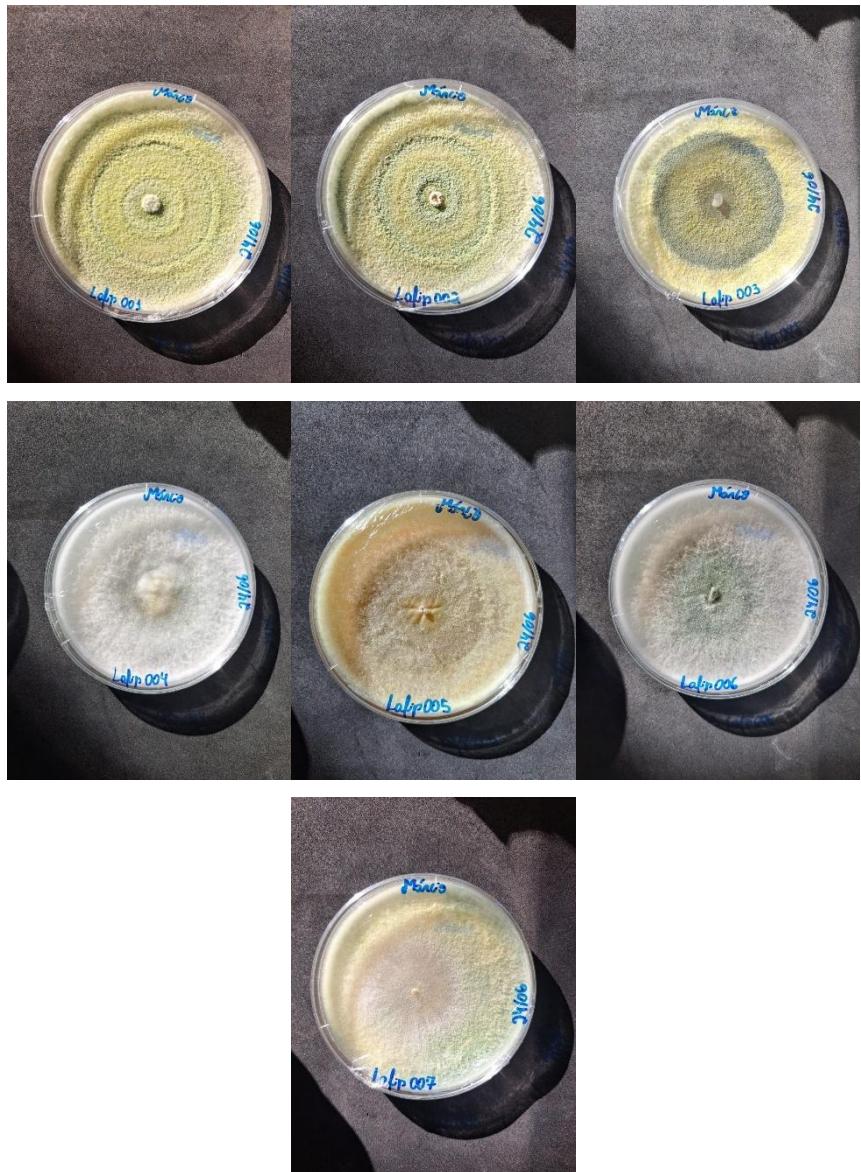


Figura 2 - Isolados obtidos de *Trichoderma spp.*

Fotos feita pela autora.

Para a avaliação do teste de pareamento foi utilizado a Escala de Bell et al., (1982), no qual essa escala está distribuída em notas que vão de 1 a 5.

As notas são:

- 1 - Antagonista cresce e ocupa toda a placa.
- 2 - Antagonista ocupa 2/3 da placa, com algum crescimento do patógeno.
- 3 e 4: Padrões intermediários de inibição.
- 5 - Patógeno cresce e ocupa toda a placa, sem inibição significativa.

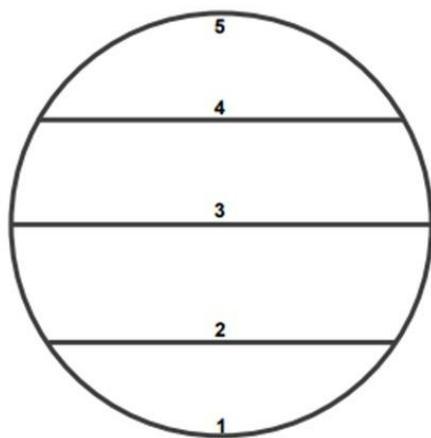


Figura 3 - Escala de Bell et al., 1982.

2.2 Obtenção do isolado de *Rhizoctonia solani*

O isolado de *R. solani* foi obtido a partir do caule necrosado de plantas de batata com sintomas característicos de tombamento, coletado no campo de produção na cidade de Cristalina - GO.

Em condições assépticas, fragmentos de tecidos do caule necrosado foram cortados e imersos em álcool 70% por um minuto, transferidos para uma solução de hipoclorito de sódio a 2% por 30 segundos e lavados com água destilada esterilizada. Posteriormente, os fragmentos foram transferidos para placa de Petri contendo o meio de cultura Batata-Dextrose-Ágar (BDA) incubados em B.O.D. mantidos à temperatura de 25°C por 7 dias.

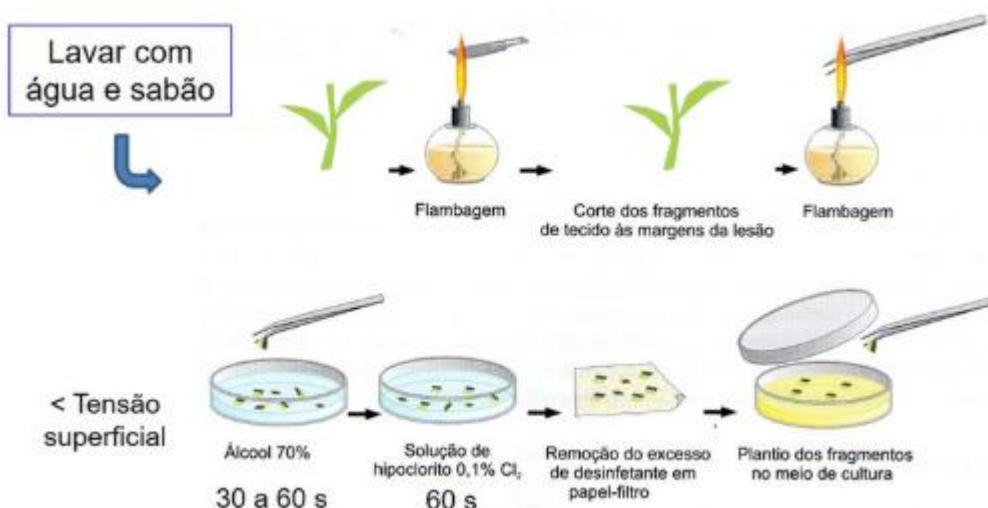


Figura 4 - Método de isolamento indireto.

Com o desenvolvimento da colônia, o mesmo foi repicado para placas de Petri contendo meio de cultura BDA e mantidos à temperatura de 25°C por 7 dias. Para a identificação do isolado foi feito lâmina microscópicas e avaliadas as características morfológicas de *R. solani* como a formação do ângulo reto e a ausência de conídios.

O isolado de *R. solani* testado foi depositado na Coleção de Microrganismos no Laboratório de Fitopatologia (LAFIP).

2.3 Antagonismo in vitro de *Trichoderma spp.* contra *R. solani*

O antagonismo de *Trichoderma spp.* x *R. solani* foi avaliado pelo método de culturas pareadas ou teste de pareamento, conforme descrito por Mello et al. (2007). Portanto, para o teste de pareamento foi retirado discos de 5 mm de diâmetro ($\Theta = 5\text{mm}$) dos quais foram retirados de colônias com cinco dias de cultivo e depositados, simultaneamente, em extremidades opostas das placas de Petri, contendo meio BDA solidificado. As placas foram incubadas em BOD a 20 e 25 °C para o desempenho dos isolados.

A avaliação do teste de pareamento foi feita utilizando a escala de Bell et al., (1982) após um período de cinco dias de crescimento.

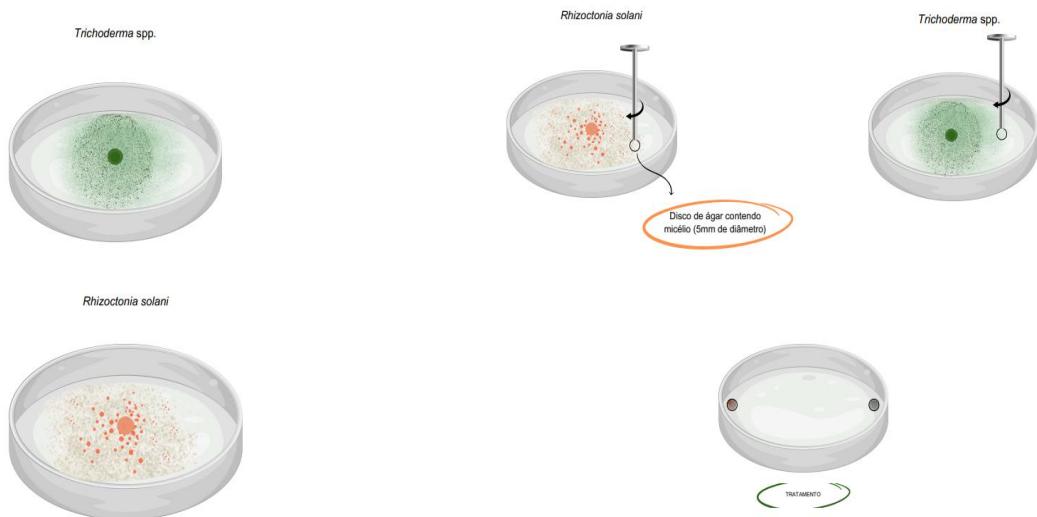


Figura 5 - Teste de pareamento

Figura feita pela autora.

Para o teste de ação metabólicos voláteis foi utilizado uma placa de petri com uma divisória, para isso foi feita a repicagem de discos de 5 mm de diâmetro ($\Theta = 5\text{mm}$) do fungo biocontrolador e do patógeno, ambos cultivados em placas de petri por um período de cinco dias, em seguida os discos foram depositados, simultaneamente, de um lado da placa o *Trichoderma* e de outro a *R. solani*.



Figura 6 – Teste de metabólicos voláteis.

Figura feita pela autora.

Para o teste de ação de metabólicos não-voláteis foi preparado um filtrado para cada um dos sete isolados, para a preparação do filtrado foram repicados cerca de 10 discos de 5 mm de diâmetro ($\Theta = 5\text{mm}$) para cada fungo biocontrolador e transferidos para um frasco de borosilicato de 250ml autoclavado, contendo meio líquido de BD (Batata dextrose) composto por 200g de batata e 10g de dextrose. Após o preparo os frascos de vidro foram envoltos com papel alumínio e mantidos em ambiente controlado com uma temperatura controlada de $\pm 25^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas, onde foram agitados manualmente por cerca de dez segundos de três a cinco vezes ao dia para crescimento do isolado por um tempo de sete dias.

Após esse período, a parte líquida foi coletada por filtração em papel de filtro. Para garantir a filtragem pura, além da filtragem no filtro de papel o líquido foi passado por um outro filtro de $0.22\mu\text{m}$. Posteriormente, para a montagem do teste foi feito placas de Petri com filtrado de cada antagonista, discos de ágar (5 mm) retirados de *R. solani* foram depositados no centro de cada placa de Petri contendo meio BDA suplementado com filtrado de culturas do antagonista.



Figura 7 – Teste de metabólitos não-voláteis.

Fotos feita pela autora.

As avaliações para os testes de ação de metabólitos voláteis e não-voláteis foram determinadas pela percentagem de inibição do crescimento radial do patógeno nos tratamentos em relação ao controle, de acordo com a equação de Ezziyyani et al. (2004):

$$PICR = \frac{(R1 - R2)}{100} \quad [1]$$

Sendo: PICR= % de inibição de crescimento micelial;

R1 = Raio da testemunha e R2 = Raio do tratamento.

*2.4 Teste in vivo de *Trichoderma spp.* x *R. solani**

O teste *in vivo* foi realizado em casa de vegetação localizada no IFGoiano – Campus Morrinhos. A casa de vegetação possuía controle de ventilação o que controlava a temperatura no interior, não possuía controle de irrigação, sendo assim, a irrigação foi feita de forma manual usando regadores, as regas eram feitas no período da manhã e apenas uma vez por dia.

Para a realização deste teste foi utilizado sementes de tubérculos da cultivar Ágata disponibilizados por uma empresa parceira.

Para o preparo dos vasos utilizou-se solos autoclavados (terra vegetal + substrato a base de vermiculita + areia de construção), os solos foram colocados em autoclave por um tempo de 20 minutos, foi feita apenas uma autoclavagem do solo, sendo assim, após o processo o solo foi colocado em vasos com capacidade de 3,6L.

O isolado de *R.solani* foi cultivado em arroz, para o cultivo do isolado o arroz utilizado deve ser cru, colocado em saco plástico bem vedado para que não tenha contato com a água e autoclavado por um tempo de 20 minutos a uma temperatura de 120°C.

Para o cultivo, foram adicionados 10 discos de 5mm da colônia de *R. solani* com crescimento de aproximadamente sete dias no arroz. O isolado ficou em crescimento por um período de 15 dias e todos os dias esse composto de arroz era revolvido para promover a quebra do crescimento micelial e as trocas gasosas para deixar o material homogêneo.



Figura 8 - Arroz cultivado com *Rhizoctonia solani*.

Fotos feita pela autora.

Após o período de 15 dias foi feita a inoculação do arroz colonizado pela *R. solani* no qual foi realizado um círculo ao redor da planta e colocado cerca de 4g desse inóculo. Posteriormente, foi feito a deposição da suspensão dos isolados de *Trichoderma* spp. ($1,0 \times 10^8$ conídios viáveis/mL), no qual foi pipetado 1000 µL por círculos.



Figura 9 - Inoculação Trichoderma x R. solani.

Fotos feita pela autora.

Posteriormente, foram avaliados a incidência de *R.solani*, e em seguida os dados foram submetidos ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para a avaliação da incidência foi utilizado a seguinte fórmula de acordo com Gondal & Naz (2019):

$$\text{Incidência (\%)} = \frac{\text{Nº de plantas doentes}}{\text{Nº de plantas total}} \times 100 \quad [2]$$

2.5 Análise estatística

Para os testes *in vitro* (culturas pareadas, COVs e metabolitos não-voláteis) foram utilizados o delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos (sete isolados de *Trichoderma* spp. e uma testemunha) com 5 repetições, sendo a testemunha constituída apenas com o patógeno. Para o teste *in vivo* os tratamentos foram inteiramente casualizados com oito tratamentos incluindo duas testemunhas, uma testemunha negativa (água) e uma segunda testemunha positiva (*Trichodermil® - Trichoderma harzianum* Rifai – cepa ESALQ - 1306). Cada repetição foi composta por duas plantas por vaso.

Para as análises estatísticas utilizou-se o Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no programa SISVAR (Ferreira, 2011).

3. Resultados e discussões

3.1 Teste de pareamento

A figura 9 mostra como as placas de Petri ficaram após os 7 dias de crescimento.

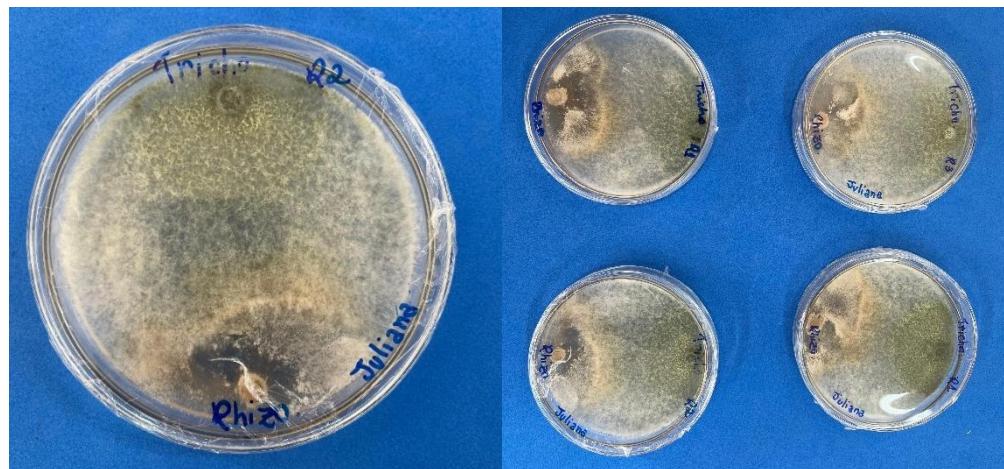
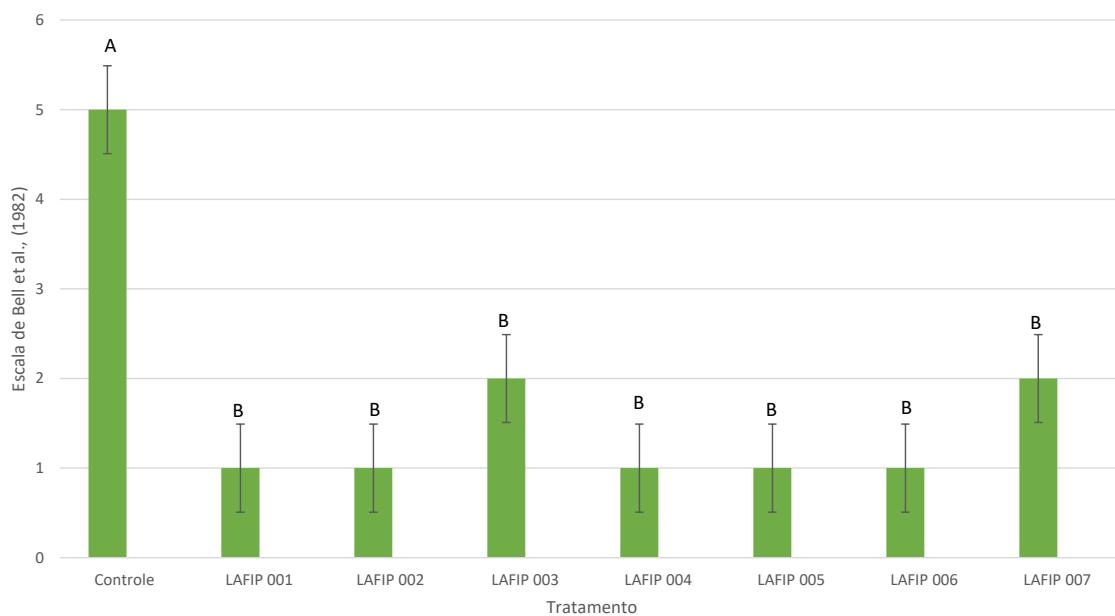


Figura 10 - Pareamento de *Trichoderma* x *R. solani*.

A tabela 1 representa o antagonismo dos setes isolados de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* de acordo com as notas da escala de Bell et al. (1982).

Tabela 1 - Antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. sobre de *Rhizoctonia solani* de acordo com a escala de Bell et al., (1982).



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

Os resultados da avaliação (tabela 1) mostraram que os isolados de *Trichoderma* spp. (LAFIP 001 a LAFIP 007) x *Rhizoctonia solani*, obtiveram uma diferença com notas entre 1 e 2.

O potencial antagônico dos isolados, avaliado pela escala de Bell et al., (1982), mostrou que o tratamento controle obteve a nota máxima de 5, indicando o domínio completo do patógeno. Em contraste, todos os isolados de *Trichoderma* atingiram pontuações médias, entre 1 e 2. A análise estatística pelo Teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade confirmou a superioridade dos biocontroladores, agrupando todos os isolados no grupo B e isolando o controle no grupo A. Sendo assim, os resultados posicionam dos isolados LAFIP nas classes de antagonismo forte a antagonismo moderado.

Em um estudo feito por Domingues et al. (2023) todos os isolados de *Trichoderma* foram eficazes em inibir o crescimento micelial do patógeno *R. solani* *in vitro*, com o pareamento das culturas iniciando a três dias. No estudo, os tratamentos com isolados locais de *T. atroviride* (TL, TQ e TC) apresentaram o menor crescimento micelial de *R. solani*, indicando assim uma maior capacidade de biocontrole e mostrando diferenças

estatisticamente significativas em relação à testemunha. Para Mukherjee et al., (2022) o gênero *Trichoderma* é um importante método de controle biológico pois, o crescimento das hifas ou estruturas como clamidósporos, tem a capacidade de se estabelecerem como parasita em outros fungos.

3.2 Teste de metabólitos voláteis e não voláteis

Figura 10 mostra o crescimento do *Trichoderma* x *R. solani* na placa utilizando o teste de metabólitos voláteis.

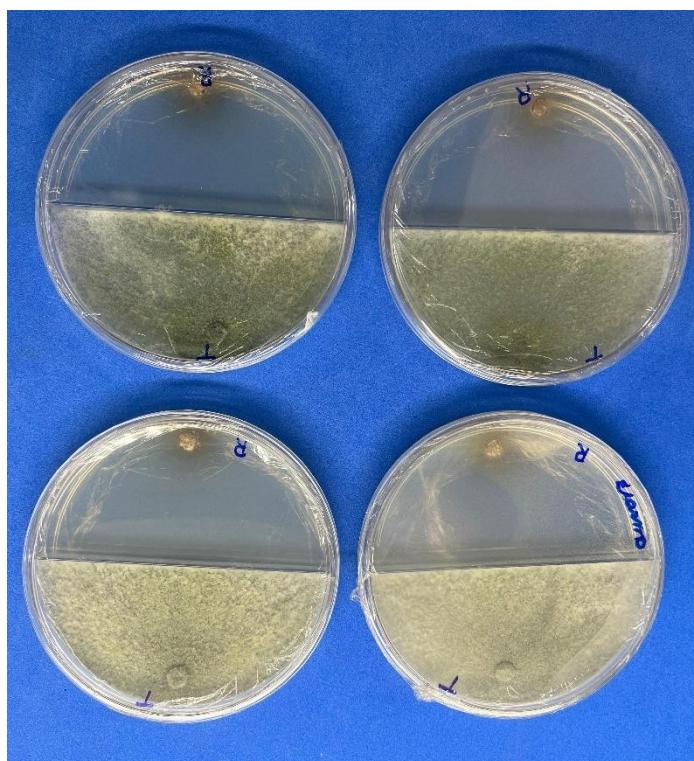


Figura 11 - Teste de metabólitos voláteis.

Para o teste de metabólitos voláteis e não voláteis, a tabela 2 representa a porcentagem de inibição do crescimento micelial da *R. solani* em relação aos COVs (metabolitos voláteis e não-voláteis) produzidos pelo *Trichoderma* spp.

Tabela 2 -Porcentagem (%) de inibição do crescimento micelial (PIC) de *Rhizoctonia solani* frente aos compostos orgânicos voláteis (COVs) de *Trichoderma* spp.

Tratamentos	PIC (%)
LAFIP 007 x <i>Rhizoctonia solani</i>	84,60 A
LAFIP 005 x <i>Rhizoctonia solani</i>	60,14 B
LAFIP 006 x <i>Rhizoctonia solani</i>	40,42 C
LAFIP 004 x <i>Rhizoctonia solani</i>	35,10 D
LAFIP 002 x <i>Rhizoctonia solani</i>	30,40 D
LAFIP 001 x <i>Rhizoctonia solani</i>	23,50 E
LAFIP 003 x <i>Rhizoctonia solani</i>	18,20 E

Média seguida de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O isolado LAFIP 007 demonstrou uma maior eficácia, alcançando 84,60% de PIC, sendo estatisticamente superior (Grupo A) a todos os demais. Em seguida, LAFIP 005 (60,14%, Grupo B) e LAFIP 006 (40,42%, Grupo C) apresentaram inibições moderadas. Notavelmente, os isolados LAFIP 004 e LAFIP 002 (Grupo D), e LAFIP 001 e LAFIP 003 (Grupo E), apresentaram as menores taxas de inibição, com o isolado LAFIP 003 sendo o menos eficaz (18,20%). Essa distinção estatística clara entre os grupos (A a E) pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade enfatiza que o mecanismo de antibiose por volatilização é específico de cada isolado e não é uma característica uniforme do gênero. Em um estudo desenvolvido por Mesquita et al. (2017) concluiu-se que 13 isolados de *Trichoderma* foram capazes de produzir metabólitos voláteis no qual inibiram o crescimento sobre o patógeno *S. sclerotiorum*.

A inibição promovida pelos COVs é uma evidência do mecanismo de antibiose, que confere ao *Trichoderma* uma vantagem competitiva mesmo sem contato físico com o patógeno. A capacidade de isolados como o LAFIP 007 em inibir *R. solani* a mais de 84% apenas pela produção de metabólitos voláteis reforça a complexidade dos mecanismos de biocontrole e a importância da produção de compostos secundários. Esses resultados indicam que o *Trichoderma* não depende exclusivamente do micoparasitismo

ou da competição por espaço na rizosfera para exercer seu antagonismo. A produção de quitinases e proteases produzidas por metabólitos secundários são considerados enzimas importantes para degradar fungos, enquanto as celulases, pectinases e proteínas expansinas podem atuar com uma certa limitação nas paredes celulares das plantas para facilitar o ingresso nas raízes, como afirma Mukherjee et al., (2022).

3.3 Teste *in vivo*

Figura 11 mostra a colonização do *Trichoderma* spp. nos tratamentos.



Figura 12 - Colonização do *Trichoderma* spp.

A tabela 3 mostra a incidência de *R. solani* em plantas de batatas cv. Ágata que foram inoculadas com os setes isolados de *Trichoderma*. Ou seja, a porcentagem de plantas que ficaram saudáveis e as que manifestaram sintomas.

Tabela 3 - Incidência (%) de *Rhizoctonia solani* em plantas de batata cv. Ágata inoculadas com diferentes isolados de *Trichoderma* spp.

Tratamentos	Incidência de <i>Rhizoctonia solani</i> em batata (%)
LAFIP 001	10
LAFIP 002	4
LAFIP 003	0
LAFIP 004	7
LAFIP 005	4
LAFIP 006	0
LAFIP 007	0
Testemunha (Trichodermil®)	2
Testemunha (água)	80
CV (%)	18,7

Os resultados apresentados na tabela 3 demonstram o alto potencial dos isolados de *Trichoderma* spp. no controle biológico de *Rhizoctonia solani* em batata. Para validar a eficácia dos tratamentos a testemunha negativa (água) obteve incidência de 80%, sendo assim, confirmou a incidência da doença na ausência de controle, enquanto a testemunha positiva (Trichodermil®), registrando apenas 2%, serviu como um padrão de referência para o controle biológico comercial.

Os isolados LAFIP 003, LAFIP 006 e LAFIP 007 alcançaram a performance máxima, registrando 0% de incidência, o que significa que proporcionaram um controle total da doença, superando em eficácia até mesmo o produto comercial. Embora os demais isolados, como LAFIP 001, 002, 004 e 005, tenham apresentado incidências de 4% a 10%, todos demonstraram uma redução na doença em comparação com a testemunha negativa, confirmando a viabilidade de todos os isolados testados como agentes de biocontrole.

Considerando que o isolado LAFIP007 apresentou melhor desempenho, essa performance pode estar associada à sua espécie, origem, capacidade metabólica e entre outros mecanismos de ação.

Para Duarte Leal et al., (2018), a fase de reprodução assexuada do *Trichoderma* possibilita uma rápida colonização fazendo com que tenha o desenvolvimento de

mecanismos parasitários, induzindo a competição por espaço e nutrientes, e consequentemente a liberação de substâncias que são capazes de inibir o crescimento de hifas dos patógenos como a *R. solani*.

Em uma pesquisa desenvolvida por Kotasthane et al. (2015) foram coletados 20 isolados de *Trichoderma* de diferentes regiões geográficas e constataram que, dentre todos os isolados, um isolado de *Trichoderma viride* (T14) teve uma boa resposta atuando como produtor de fosfato inorgânico, ácido indolacético (AIA) e sideróforo, além de apresentar elevado antagonismo contra *R. solani*.

Em outra pesquisa feita por Grosch et al. (2006) foi selecionado 390 isolados em uma série de ensaios *in vitro* e *in vivo*, no qual cepas de *Trichoderma reesei* e *T. viride* foram eficientes no controle de *Rhizoctonia* em plântulas de batata em um experimento em vaso e em um campo.

4. Conclusão

Os setes isolados de *Trichoderma* spp. apresentaram um alto potencial antagônico *in vitro*. Os setes isolados da coleção LAFIP possuem um forte potencial antagônico, evidenciado pela liberação de Compostos Orgânicos Voláteis (COVs). O isolado LAFIP 007 demonstrou ser o mais promissor neste mecanismo, atingindo a máxima inibição do crescimento micelial de *R. solani* (84,60%).

Para o potencial de uso no controle biológico a eficácia comprovada em laboratório foi validada em condições *in vivo* em tubérculos de batata. Os isolados LAFIP 003, LAFIP 006 e LAFIP 007 atingiram o resultado máximo, registrando 0% de incidência da rizoctoniose, uma performance superior à da testemunha contaminada (80% de incidência) e, notavelmente, ao produto químico comercial de referência (2% de incidência).

Os resultados consolidam os isolados de *Trichoderma* spp. (LAFIP), com destaque para o LAFIP 007, como uma ferramenta biológica extremamente promissora e ecologicamente correta para ser integrada no manejo da rizoctoniose. Este manejo biológico oferece uma solução robusta e sustentável para o controle deste patógeno de solo de difícil erradicação, garantindo maior sanidade e valorização da cadeia produtiva da batata no Brasil.

5. Referências bibliográficas

ABREU, L. M.; PFENNING, L. H. O gênero *Trichoderma*. In. MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. ***Trichoderma: uso na agricultura***. Brasília: Embrapa, 2019. Brasília: Embrapa, p. 163-179, 2019.

AJAYI-OYETUNDE, O. O.; BRADLEY, C. A. Identification and characterization of *Rhizoctonia* species associated with soybean seedling disease. ***Plant Disease***, [s. l.], v. 101, n. 4, p. 520-533, abr. 2017. <DOI: 10.1094/PDIS-06-16-0810-RE>.

ANSELMO, J. A.; CARVALHO, H. P. de. Antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Rhizoctonia solani*. In: Jornada Científica e Tecnológica e Mostra de Extensão, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA BATATA (ABBA). Situação Atual da Produção de Batata no Brasil. [S.l.]: ABBA, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.abbatatabrasileira.com.br/materias-das-revistas/situacao-atual-da-producao-de-batata-no-brasil/>>. Acesso em: 25 nov. 2025.

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

BETTIOLL, W. et al. *Trichoderma* e seus mecanismos de ação para o controle de doenças de plantas. In. Meyer, M. C.; Mazaro, S. M.; Silva, J. C. ***Trichoderma: uso na agricultura***. Brasília: Embrapa, p. 21-43, 2019. Brasília: Embrapa, p. 181-199, 2019.

CASTRO, C. V. B. Caracterização Morfológica e Molecular de isolados de *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Universidade Federal Rural da Amazônia**, Belém, 2007. Disponível, 2007.

DE OLIVEIRA, R. S. et al. Biocontrol *in vitro* of *Trichoderma* spp. for pathogens *Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum* and *Curvularia lunata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 44, n. 1, p. 58-67, 2021.

DIOGO, M. S. **Controle biológico de *Rhizoctonia solani* de diferentes hospedeiros.** 2025. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

DOMINGUES, S. C. O. et al., *Trichoderma-mediated mycoparasitism in the control of Rhizoctonia solani*. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.16, n.12, p. 29257-29273, 2023. <DOI: 10.55905/revconv.16n.12-014>

DUARTE-LEAL, Y.; POZO-MARTÍNEZ, L.; MARTÍNEZ-COCA, B. Antagonismo *in vitro* de cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislados de *Fusarium* spp. **Revista de Protección Vegetal**, v. 33, n. 1, p. 00-00, 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. 2025. Disponível em <<https://www.embrapa.br/hortalicas/batata/origem-e-botanica#:~:text=%C3%A9%20nativa%20da%20Am%C3%A9rica%20do,para%20tube%20riza%C3%A7%C3%A3o%20em%20dias%20longos>>. Acessado em 05 de dezembro de 2025.

EZZIYYANI, M.; PÉREZ, C.; SID, A.; REQUENA, M. CANDELA, M. *Trichoderma harzianum* como biofungicida para el biocontrol de *Phytophthora capsici* en plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.). **Anales de Biología**, v. 26, p. 35-45, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 1039-1042, 2011.

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.

INOKUTI, E. M. **Diversidade genética e agressividade de *Rhizoctonia* em batata e beterraba açucareira**. 2016. 100 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/batata/br>> Acesso: 25 de nov. de 2025.

JARADAT, Z. et al. Rhizoctonia solani AG-3PT is the major pathogen associated with potato stem canker and black scurf in Jordan. **AIMS Agriculture and Food**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 119-136, 2023. <DOI: 10.3934/agrfood.2023006>.

JUNIOR, A. C. C. **Rhizoctonia como patógeno de batata: influência de grupos de anastomoses na adaptabilidade e controle com óleos essenciais**. 2013. Tese (Doutorado em Fungos) – Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

KOTASTHANE, A. et al., *In vitro* antagonism of *Trichoderma* spp. against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani* and their response towards growth of cucumber, bottle gourd and bitter gourd. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, n. 3, p. 523-543, 2015.

LUCON, C. M.M. et al., Bioprospection of *Trichoderma* spp. isolates to control *Rhizoctonia solani* on cucumber seedling production. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, p. 225-232, 2009.

MELLO, S. C. M.; ÁVILA, Z. R.; BRAUNA, L. M.; PÁDUA, R. R. Cepas de *Trichoderma* para el control biológico de *Sclerotium rolfsii* Sacc. **Fitossanidad**, v. 11, p. 3-9, 2007.

MESQUITA, D. C. M. et al., Antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. a *Sclerotinia sclerotiorum* do feijão comum. **Agropecuária Científica no Semiárido**, 13 (1), 1–4. 2017.

MUKHERJEE, P. K. et al. Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. **Fungal Biology Reviews**, v. 39, p. 15-33, 2022.

NIZAMANI, M. M. et al. Decoding *Rhizoctonia* spp. in-depth genomic analysis, pathogenic mechanisms, and host interactions. **Phytopathology Research**, v. 7, n. 1, p. 12, 2025.

REIS, A.; LOPES, C. A. Rizoctoniose da batateira. Comunicado Técnico. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2011. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/916600/1/Cot81.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2025.

SANTOS, A. et al. Ação de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. **Agri-Environmental Sciences**, v. 4, n. 1, p. 77-88, 2018.

VENANCIO, W. S. et al. Uso de *Trichoderma* na cultura da batata. In. MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019. Brasília: Embrapa, p. 381-392, 2019.

ZHANG, J-L. et al. *Trichoderma*: A treasure house of structurally diverse secondary metabolites with medicinal importance. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 723828, 2021.