

**INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO CAMPUS RIO VERDE.**

EDUARDO VIEIRA FERNANDES

MICROORGANISMOS ANTAGONISTAS A FUNGOS FITOPATOGÊNICOS

Rio Verde - 2026

EDUARDO VIEIRA FERNANDES

MICROORGANISMOS ANTAGONISTAS A FUNGOS FITOPATOGÊNICOS

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Banca Examinadora do Curso *Lato sensu* em Bioinsumos do Instituto Federal Goiano como exigência parcial para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Dra. Cintia Faria da Silva.

Coorientadora: Me. Germanna Gouveia Tavares.

Rio Verde – 2026

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

E24c Vieira Fernandes, Eduardo
 Microrganismos Antagonistas a Fungos Fitopatogênicos /
 Eduardo Vieira Fernandes. Rio Verde 2026.

 22f. il.

 Orientador: Prof. Dr. Cintia Faria da Silva.
 Coorientadora: Prof^a. Ma. Germanna Gouveia Tavares.
 Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0230426 - Especialização em Bioinsumos - Rio Verde (Campus
Rio Verde).
 I. Título.

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) 3 CEBIO/IF Goiano

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos onze dias do mês de dezembro de dois mil e vinte e cinco, às 14 horas e 03 minutos, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Dra. Cintia Faria da Silva (orientadora), Dra. Germanna Gouveia Tavares (membro externo) e Dra. Tenille Ribeiro de Souza (membro externo), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado como Microrganismos antagonistas a fungos fitopatogênicos = de Eduardo Vieira Fernandes, estudante do curso de Especialização em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula n ° 2024102304260018. A palavra foi concedida ao(à) estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do(a) estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Rio Verde, 11 de dezembro
de 2025.

Documento assinado digitalmente
 CINTIA FARIA DA SILVA
Data: 11/12/2025 16:16:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado
eletronicamente) Cintia
Faria da Silva

Documento assinado digitalmente
 GERMANNA GOUVEIA TAVARES
Data: 11/12/2025 16:34:23-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>
Orientador(a)

(Assinado
eletronicamente)
Germanna Gouveia
Tavares Membro da
Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente
 TENILLE RIBEIRO DE SOUZA
Data: 11/12/2025 15:32:52-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)
Tenille Ribeiro de Souza Membro da Banca Examinadora

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) | ☐ 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:

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 incluídos 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

EDUARDO VIEIRA FERNANDES
Data: 13/03/2026 20:56:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

//

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo

Assinatura do(a) orientador(a)

Documento assinado digitalmente



CINTIA FARIA DA SILVA

Data: 13/03/2026 21:02:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e minha família pelo apoio e pela oportunidade de estar concluindo este programa de Pós-Graduação em Bioinsumos pelo instituto federal goiano IF Goiano, juntamente com o CAPES, CPNq, FUNAPE, FAPEG e CEBIO sendo instituições que dão todo apoio ao desenvolvimento do programa junto ao IF Goiano.



BIOGRAFIA DO ALUNO

Eduardo Vieira Fernandes, natural de Goiatuba – GO, é filho de Jairo Vieira de Almeida e Edivania Vieira Fernandes Almeida. Graduiu-se em Engenharia Agrônômica pelo Centro Universitário de Goiatuba (UniCerrado), com conclusão em dezembro de 2016.

Durante sua formação acadêmica, destacou-se pela dedicação às ciências agrárias, com ênfase em práticas sustentáveis e manejo eficiente da produção agrícola. Sua trajetória evidencia compromisso com o desenvolvimento do setor agropecuário, integrando conhecimento técnico e responsabilidade socioambiental voltados ao aprimoramento da produtividade rural.

RESUMO

O Brasil atualmente é considerado o maior produtor mundial de alimentos do mundo, incluindo a soja como principal cultura, com cultivo do grão em várias regiões brasileiras, equivalente a 81,6 milhões de hectares plantados em todo o país (CONAB, 2025). As produtividades das culturas são limitadas, pois as maiores produções agrícolas sofrem devido as condições abióticas como ao ataque de determinados patógenos como os fungos de solo dos gêneros *Sclerotinia*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* são cosmopolitas são distribuídos em diversas regiões geográficas em todo o mundo e podem infectar uma gama de espécies de plantas, causando prejuízos significativos na agricultura (FARHAOUI et al., 2024, SHANG et al., 2024), são de difícil controle, com isso, ocorre o grande uso de fungicidas químicos na tentativa de tais doenças. O controle biológico, através do uso de alguns microrganismos surgiu como uma estratégia promissora para a prevenção de doenças de plantas onde alguns microrganismos já vêm sendo utilizados para controlar doenças de plantas como agentes de biocontrole, incluindo *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. e *Trichoderma* spp. (HAN et al., 2025). O trabalho foi conduzido no Laboratório de Microbiologia, do IF Goiano, campus Rio Verde, Goiás, Brasil. Os fungos utilizados *Sclerotinia*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* foram obtidos de tecido com aproximadamente 0,5 cm de diâmetro dos mesmos que estavam armazenados em placas de Petri na BOD do laboratório e transferidos para novas placas de Petri de 9 cm de diâmetro, contendo como substrato o meio batata dextrose agar (BDA). Em seguida, levou-se para câmara climatizada a 25°C. Os resultados mostraram que a utilização de *Trichoderma harzianum* associado a um mix de bactérias do gênero *Bacillus amyloliquefaciens* *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus* obtiveram melhores resultados de controle sobre os patógenos *Sclerotinia*, *Fusarium* e *Rhizoctonia*.

Palavras-chave: Controle Biológico. *Bacillus* spp. *Trichoderma harzianum*.

ABSTRACT

Brazil is currently considered the world's largest food producer, with soybeans as its main crop. The grain is cultivated in several Brazilian regions, equivalent to 81.6 million hectares planted throughout the country (CONAB, 2025). Crop productivity is limited to higher agricultural production due to abiotic conditions such as attacks by certain pathogens, such as soil-borne fungi of the genera *Sclerotinia*, *Fusarium*, and *Rhizoctonia*. These are cosmopolitan, distributed in various geographic regions worldwide, and can infect a range of plant species, causing significant agricultural losses (FARHAOUI et al., 2024, SHANG et al., 2024). They are difficult to control, leading to the widespread use of chemical fungicides in attempts to control these diseases. Biological control, through the use of certain microorganisms, has emerged as a promising strategy for preventing plant diseases. Some microorganisms have already been used to control plant diseases as biocontrol agents, including *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., and *Trichoderma* spp. (HAN et al., 2025). The work was conducted at the Microbiology Laboratory of the IF Goiano, Rio Verde campus, Goiás, Brazil. The fungi used—*Sclerotinia*, *Fusarium*, and *Rhizoctonia*—were obtained from tissue samples measuring approximately 0.5 cm in diameter, which had been stored in Petri dishes in the laboratory's BOD, and transferred to new Petri dishes measuring 9 cm in diameter, containing potato dextrose agar (BDA) as the substrate. Then, they were placed in a climate chamber at 25°C. The results showed that the use of *Trichoderma harzianum* combined with a mix of bacteria from the genus *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis*, and *Bacillus pumilus*, obtained better control results against the pathogens *Sclerotinia*, *Fusarium*, and *Rhizoctonia*.

Keywords: Biological Control, *Bacillus* spp., *Trichoderma harzianum*.

LISTA DE TABELAS/ ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. A) Meio de cultura BDA em Elernmeyer B) Meio de cultura BDA em Placas de Petri.....	13
FIGURA 2. Esquema do método de cultura dupla entre bactéria e fungo fitopatogênico. Teste Quantitativo.....	15
FIGURA 3. Inoculação. A) corte dos discos de micélios do fungo fitopatogênico. B) Inoculação do disco em meio de cultura BDA.....	15
FIGURA 4. Resultados de teste de cultura dupla. A) <i>Bacillus</i> sp. e <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> . B) <i>Bacillus</i> spp. e <i>Fusarium</i> sp. C) <i>Bacillus</i> spp. e <i>Rhizoctonia</i> sp.....	16
FIGURA 5. Média de crescimento micelial para <i>Fusarium</i>	18
FIGURA 6. Porcentagem de inibição relativa para <i>Fusarium</i> sp.....	18
FIGURA 7. Média de crescimento micelial para <i>Rhizoctonia</i> sp.....	19
FIGURA 8. Porcentagem de inibição relativa para <i>Rhizoctonia</i>	19
FIGURA 9. Média de crescimento micelial para <i>Sclerotinia</i>	20
FIGURA 10. Porcentagem de inibição relativa para <i>Sclerotinia</i>	21

SIGLAS

BDA – Batata-Dextrose-Ágar

BOD – Biological Oxygen Demand (incubadora tipo BOD)

IF Goiano – Instituto Federal Goiano

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

FUNAPE – Fundação de Amparo à Pesquisa

FAPEG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás

CEBIO – Centro de Excelência em Bioinsumos

ANOVA – Análise de Variância

IR – Índice Relativo

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT.....	09
LISTA DE TABELAS/ILUSTRAÇÕES	10
SIGLAS	11
1. Introdução Geral.....	13
2. Objetivos	14
3. Metodologia	15
4. Resultados e Discussões.....	18
5. Conclusões	23
6. Referências Bibliográficas.....	24

1. INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é considerado o maior produtor mundial de soja, com cultivo do grão em várias regiões brasileiras, equivalente a 81,6 milhões de hectares plantados em todo o país (CONAB, 2025). A fim de que sejam atingidos altos níveis de produtividades, são necessários métodos de controles de fitopatógenos, sendo os procedimentos químicos mais utilizados pelos agricultores (AGÁPTO, DELFORNO, FERRAZ, DUARTE, 2021).

Os fungos de solo dos gêneros *Sclerotinia*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* são cosmopolitas, distribuídos em diversas regiões geográficas em todo o mundo e podem infectar uma gama de espécies de plantas, causando prejuízos significativos na agricultura (FARHAOUI et al., 2024, SHANG et al., 2024) são de difícil controle, com isso, ocorre o grande uso de fungicidas químicos na tentativa de tais doenças.

Na agricultura atual já temos alguns biofungicidas derivados de organismos vivos ou de substâncias produzidas por eles, são utilizados para controlar doenças causadas por fungos em plantações, já foi avaliado em pesquisas a eficácia desses biofungicidas na prevenção e tratamento de doenças, garantindo assim a saúde das culturas de forma mais sustentável e menos agressiva ao meio ambiente (SILVA JUNIOR, 2023; GALEANO, 2024).

O controle biológico com microrganismos é uma alternativa sustentável para a prevenção de doenças de plantas. Atualmente, alguns microrganismos já vêm sendo utilizados para controlar doenças de plantas como agentes de biocontrole, incluindo *Bacillus spp.*, *Pseudomonas spp.* e *Trichoderma spp.* (HAN et al., 2025).

Outros agentes de controle biológicos adicionais mostraram um efeito antagônico contra um amplo espectro de doenças, espécies bacterianas como *Burkholderia spp.*, *Paenibacillus spp.*, *Pantoea spp.*, *Serratia spp.*, *Streptomyces spp.*, e espécies fúngicas como *Aspergillus spp.*, *Beauveria spp.*, *Fusarium spp.*, *Penicillium spp.* e *Phoma spp.*

Além disso, podem interromper a proliferação do patógeno e muitas dessas bactérias também podem promover diretamente o crescimento da planta (LAHLALI et al., 2022).

Atualmente, os antagonistas usados no controle biológico interagem com o patógeno por mecanismos como hiperparasitismo, antibiose, competição, produção de enzimas e indução de resistência sistêmica da planta (AYDIN, 2022).

2. OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo avaliação do potencial de bactérias do gênero *Bacillus* e o fungo do gênero *Trichoderma harzianum* em condições in vitro para o controle de fungos fitopatogênicos *Sclerotinia*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* de importância agronômica.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Microbiologia, do IF Goiano, campus Rio Verde, Goiás, Brasil.

3.1 *Preparo do Meio da Cultura*

Foi elaborado uma cultura em meio Batata-Dextrose-Agar (BDA). Realizou-se uma infusão de 200 g de batata picada em 400 mL de água destilada, com cozimento por 10 minutos. O material foi peneirado para reter as batatas. Em seguida, pesaram-se 20 g de dextrose e 15 g de ágar. O volume foi ajustado para 1 litro com água destilada, e os ingredientes foram adicionados. O pH final do meio ficou em torno de 5,6. O preparo foi autoclavado a 121°C por 20 minutos. Após atingir aproximadamente 45°C, o meio de cultura foi vertido em capela de fluxo laminar, distribuindo-se cerca de 25 mL em placas de Petri esterelizadas (Figura 1).



Figura 1- A) Meio de cultura BDA em elernmeyer. B) Meio de cultura BDA em placas de Petri.
Fonte: autor.

3.2 *Obtenção e procedência dos isolados*

Os microrganismos antagonistas utilizados foram *Trichoderma harzianum* e um mix de *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, que são amplamente reconhecidos como agentes de controle biológico de fungos fitopatogênicos. Os fungos fitopatogênicos utilizados foram *Sclerotinia*, *Fusarium* e *Rhizoctonia* pertencentes a coleção de microrganismos do Laboratório de Microbiologia Agrícola.

Os fungos foram inoculados em placas de Petri contendo meio de cultura batata dextrose agar (BDA) e incubados em BOD a 25°C. Após 7 dias da inoculação obtivemos as estruturas reprodutivas dos fungos.

3.3 Avaliação do antagonismo entre bactérias e fungos fitopatogênicos

Os microrganismos foram testados quanto ao antagonismo frente aos fungos fitopatogênicos *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium* sp. e *Rhizoctonia* sp., conforme metodologia de cultura dupla (Mew e Rosales, 1986). Os isolados foram testados em triplicata, de forma quantitativa (Figura 2). Em uma placa de Petri contendo meio BDA, inoculou-se em pontos equidistantes, um disco de micélio de 5 mm de diâmetro, contendo cada isolado patógeno em uma das extremidades da placa e na outra a bactéria fazendo um traço (Figura 3). O tratamento controle foi considerado a placa contendo apenas o fitopatógeno. As placas incubadas na incubadora BOD a $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pelo período necessário ao desenvolvimento do micélio do patógeno, sem a presença da bactéria, sobre todo o meio de cultura.

O diâmetro de cada fungo foi medido com uma régua ou paquímetro e para constatação da zona de inibição do crescimento do fungo, devido à produção de compostos supressores pela bactéria. A porcentagem de supressão para cada tratamento seguiu o cálculo através do índice relativo (IR):

$\text{IR}(\%) = (\text{RC} - \text{RX}) / \text{RC} \times 100$, sendo:

RC= raio da colônia do patógeno no tratamento controle;

RX= raio da colônia do patógeno pareada com a bactéria.

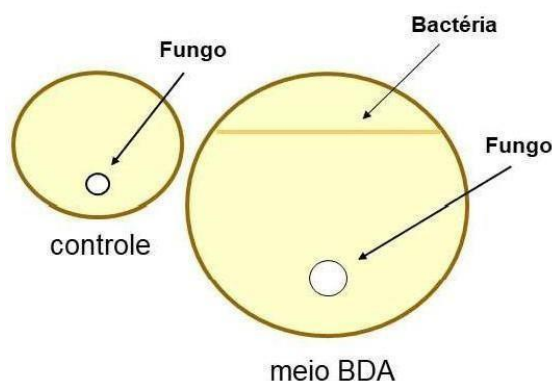


Figura 2 –Esquema do método de cultura dupla entre bactéria e fungo fitopatogênico. Teste quantitativo.
Fonte: Cintia Faria da Silva.



Figura 3 – Inoculação. **A)** corte dos discos de micélios do fungo fitopatogênico. **B)** Inoculação do disco em meio de cultura BDA.

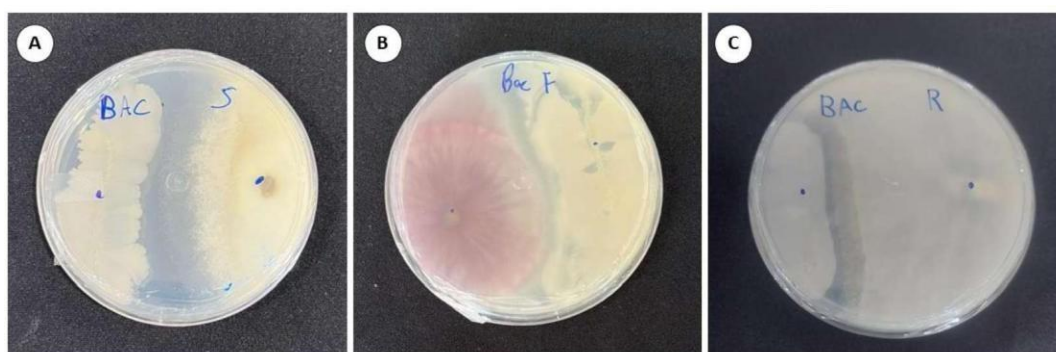


Figura 4 – Resultados de teste de cultura dupla. **A)** *Bacillus* sp. e *Sclerotinia sclerotiorum*. **B)** *Bacillus* spp. e *Fusarium* sp. **C)** *Bacillus* spp. e *Rhizoctonia* sp.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O fungo *Trichoderma harzianum* destaca-se por sua capacidade de hiperparasitismo, ou seja, ele cresce sobre o micélio de outros fungos, penetra em suas hifas e libera enzimas hidrolíticas como quitinases, glucanases e proteases, que degradam as paredes celulares dos patógenos (GALEANO, 2024). Além da reação direta, o *Trichoderma* também libera metabólitos voláteis e antibióticos que inibe o crescimento de espécies como *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Um dos mecanismos relevantes é a competição por nutrientes e espaço, reduzindo a capacidade dos patógenos de colonizar o ambiente (PAL&GARDEN, 2006).

As bactérias dos gêneros *Bacillus* apresentam uma ação antagonista por meio da produção de lipopeptídeos bioativos, como iturina, fengicina, surfactina, compostos com forte efeito antifúngico (PAIVA, 2023). De acordo com Batista (2022) esses metabólitos se ligam às membranas dos fungos, provocando uma perda de integridade celular e inibição do crescimento micelial. Além disso, o *Bacillus* tem a capacidade de formar esporos, o que garante alta sobrevivência no solo e persistência do efeito de controle. A combinação de *Trichoderma harzianum* e o mix bacteriano potencializa o controle por ação conjunta. O *Trichoderma* atua diretamente sobre o patógeno e induz a resistência na planta, enquanto as bactérias contribuem por antibiose e estímulo de crescimento vegetal (ALMEIDA, 2024). Essa interação explica as maiores taxas de inibição observadas, acima de 65% para *Sclerotinia sclerotiorum*, reforçando o potencial desses agentes como alternativa sustentável aos fungicidas químicos (HIDAYAH, KHANGURA e DELL, 2022).

Os resultados obtidos nos ensaios de antagonismo in vitro entre os tratamentos avaliados e os fungos fitopatogênicos *Fusarium sp.*, *Rhizoctonia sp.* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Os valores médios de crescimento micelial e as respectivas porcentagens de inibição relativa foram comparados utilizando análise de variância (ANOVA) seguida pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

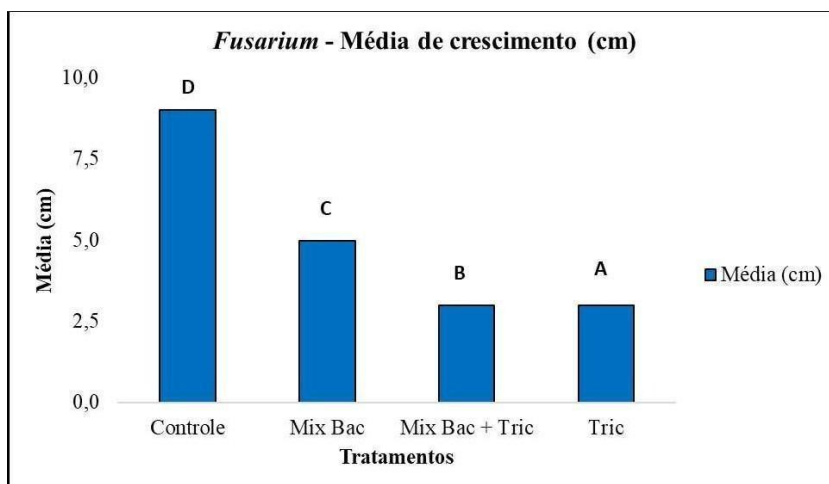


Figura 5 - Média de crescimento micelial para *Fusarium*. Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A análise estatística revelou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos avaliados para o *Fusarium* sp. (Figura 5).

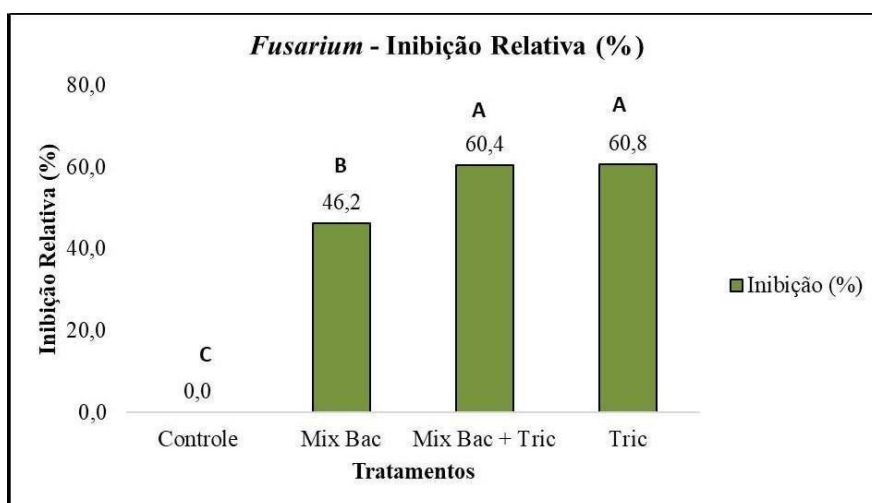


Figura 6 – Porcentagem de inibição relativa para *Fusarium* sp. Valores representam a média de três repetições.

O teste de Tukey indicou que, para *Fusarium* sp., os tratamentos com *Trichoderma harzianum* isolado e em combinação com a mistura bacteriana (*Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*) apresentaram as menores médias de crescimento micelial, diferindo significativamente do controle, refletindo altas taxas de inibição relativa superiores a 60%. A mistura bacteriana isolada apresentou eficiência intermediária, com redução de aproximadamente 46% no crescimento (Figura 6).

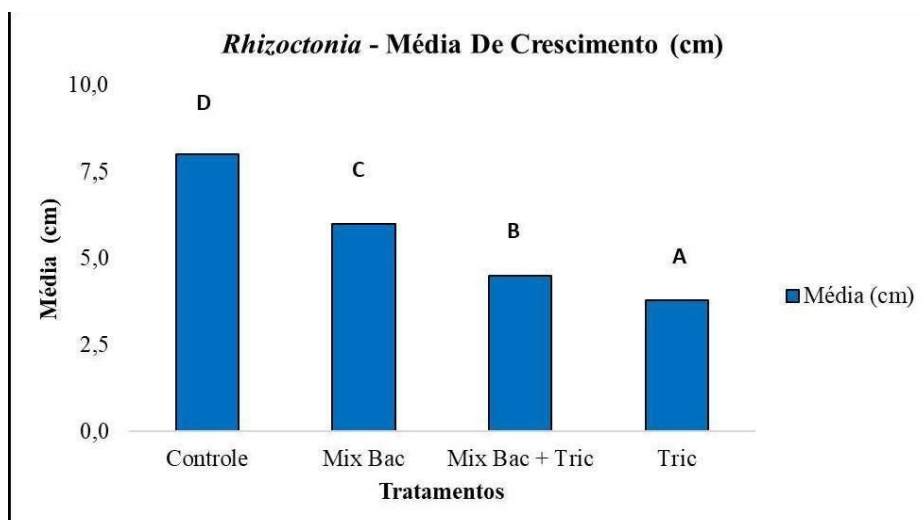


Figura 7 – Média de crescimento micelial para *Rhizoctonia* sp. Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para *Rhizoctonia* sp., observou-se padrão semelhante, com destaque para *Trichoderma* sp., como tratamento mais eficiente, alcançando inibição relativa acima de 54%. A combinação com a mistura bacteriana também manteve alto potencial supressivo, não diferindo estatisticamente do uso de *Trichoderma* sp. isolado (Figura 7 e 8).

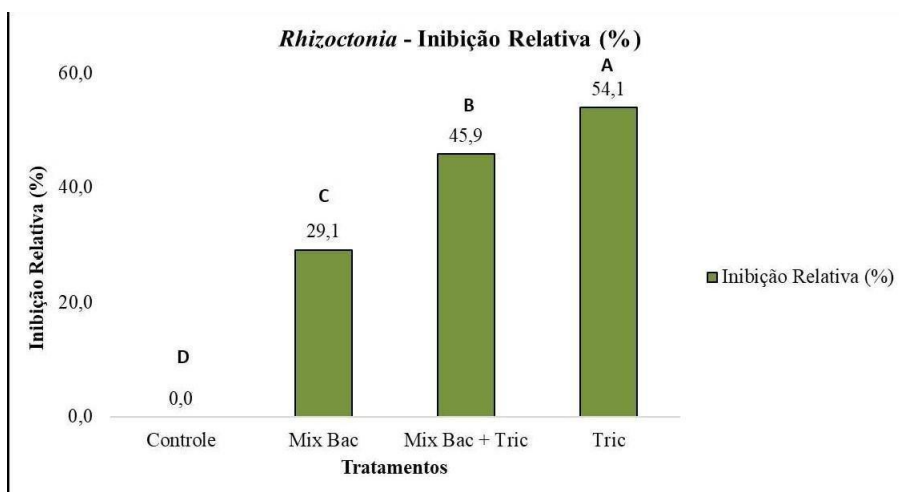


Figura 8 - Porcentagem de inibição relativa para *Rhizoctonia*. Valores representam a média de três repetições.

Em *Sclerotinia sclerotiorum*, os resultados foram ainda mais expressivos, com *Trichoderma* sp. e a combinação com bactérias promovendo inibição superior a 70%, evidenciando um elevado potencial de controle. A diferença entre os tratamentos mais eficientes e o controle foi marcante, reforçando a viabilidade desses agentes como

alternativas ao uso de fungicidas químicos (Figura 9).

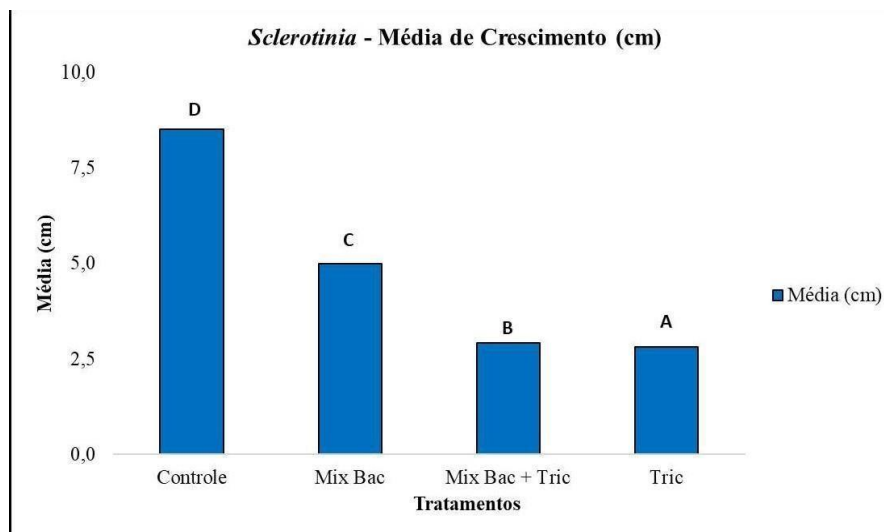


Figura 9 - Média de crescimento micelial para *Sclerotinia*. Barras seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Esses resultados corroboram estudos prévios (ZHANG et al., 2025) que demonstram a capacidade de *Trichoderma* sp. e de consórcios microbianos de competir por espaço e nutrientes, produzir metabólitos antimicrobianos e induzir resistência sistêmica em plantas hospedeiras. A utilização combinada de agentes biológicos pode, portanto, potencializar o efeito antagônico e ampliar o espectro de ação contra diferentes fitopatógenos (LAHLALI et al., 2022).

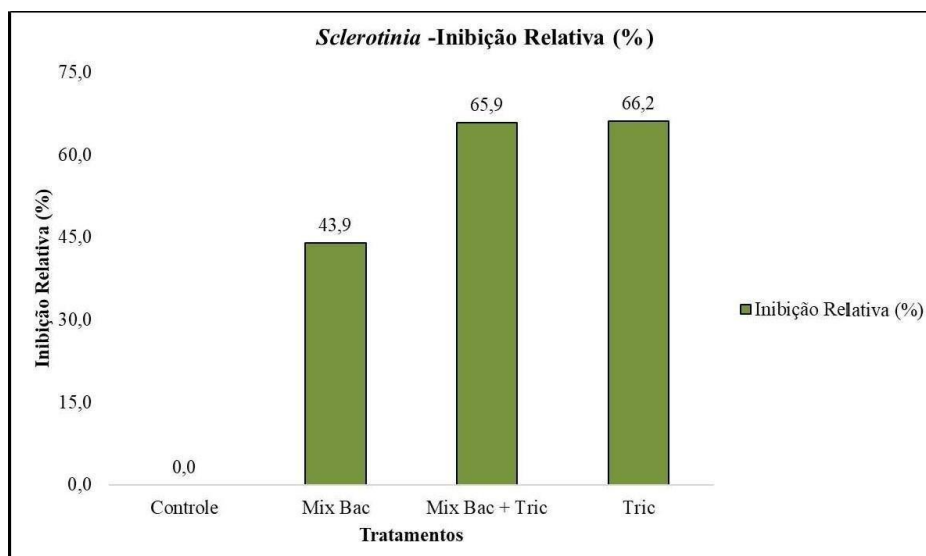


Figura 10 - Porcentagem de inibição relativa para *Sclerotinia*. Valores representam a média de três repetições.

A associação desses bioagentes no manejo integrado de doenças apresenta-se como estratégia sustentável e de baixo impacto ambiental, com potencial para reduzir a dependência de fungicidas sintéticos e contribuir para a segurança alimentar e ambiental.

5. CONCLUSÃO

Finaliza-se que o uso de microrganismos antagonistas demonstrou elevada eficiência no controle in vitro de importantes fitopatógenos de solo. O tratamento com *Trichoderma harzianum*, tanto de forma isolada quanto em associação com o consórcio bacteriano (*Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus pumilus* e *Bacillus subtilis*), apresentou os melhores resultados de inibição frente aos fungos testados.

A combinação de *T. harzianum* com o mix bacteriano foi mais eficiente no controle de *Fusarium* sp., com porcentagens de inibição superiores a 60%. Para *Rhizoctonia* sp., o tratamento com *T. harzianum* isolado apresentou maior eficiência, com inibição acima de 54%. Já no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*, tanto o uso isolado quanto associado do fungo proporcionaram índices de inibição superiores a 70%, evidenciando o elevado potencial desses agentes biológicos.

Os resultados obtidos mostram a importância do uso de microrganismos benéficos como ferramenta sustentável no manejo integrado de doenças do solo, reduzindo a dependência de fungicidas químicos e contribuindo para sistemas agrícolas mais equilibrados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.E.D. Potencial de Fungos *Trichoderma* para Engenharia da rizosfera e para a agricultura sustentável – uma revisão de literatura. 49f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental)** – Universidade Federal de Uberlândia – ICIAG – Instituto de Ciências Agrárias, Uberlândia, 2021.
- AYDIN, M. H. *Rhizoctonia solani* and its biological control. **Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi**, v. 9, n.1, p.118-135, 2022.
- BATISTA, A.D. Atividade Microbiana e Estudo do Mecanismo de Ação da Triptantrina em Fungos e Bactérias. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Instituto de Microbiologia, Bacharel em Ciências Biológicas, 2022.
- FARHAOUI, A., TAHIRI, A., KHADIRI, M., EL ALAMI, N., LAHLALI, R. Assessing management strategies for mitigating *Rhizoctonia* damping-off in sugar beet cultivation. **The Microbe**, v.5, p.100164, 2024.
- GALEANO, RODRIGO MATTOS SILVA. Isolamento, caracterização bioquímica e potencial de *Trichoderma* spp. para promoção de crescimento da soja. UFMS, 2024.
- HAN, Z., WANG, S., GAO, A., DONG, M., XIAO, Y., PAN, H., ZHENG, L., ZHANG, H. Effective assessment of mixed strains against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causing tomato wilt. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 136, p. 102537, 2025.
- HIDAYAH, Baiq Nurul; KHANGURA, Ravjit; DELL, Bernard. Biological control potential of *Trichoderma* species and bacterial antagonists against *Sclerotinia sclerotiorum* on canola in *Western Australia*. **International Journal of Agriculture & Biology**, v. 27, n. 3, p. 215-227, 2022.
- LAHLALI, R., EZRARI, S., RADOUANE, N., KENFAOUI, J., ESMAEEL, Q., EL HAMSS, H., BELABESS, B., BARKA, E.A. Biological control of plant pathogens: A global perspective. **Microorganisms** v. 10, p.596, 2022.
- LEBECK, J. (2020). Bacterial Biocontrol of Plant Diseases. *Journal of Applied Microbiology*. MEW, T. W.; ROSALES, A. M. Bacterization of rice plants for control of sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, v. 76, p. 1260-1264. 1986.
- PAL, K.K.; GARDENER, B.M. Biological control of plant pathogens. **The Plant Health Instructor**, v. 10, p. 596, 2022.
- SHANG, Q., JIANG, D., XIE, J., CHENG, J., XIAO, X. The schizotrophic lifestyle of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Molecular Plant Pathology**, v.25, n.2, e13423, 2024.
- SILVA JUNIOR, A, L. Lipopeptídeos de *Bacillus velezensis* como biofungicidas: identificação, biossíntese, atividade antifúngica e controle de doenças foliares. UFV 2023.

ZHU, Y., WU, C., DENG, Y., YUAN, W., ZHANG, T., LU, J. Recent advances in virulence of a broad host range plant pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*: a mini-review. **Frontiers in microbiology**, v. 15, p. 1424130, 2024.

ZHANG, X.; WANG, Y.; LI, J. Characterization of antifungal secondary metabolites produced by *Trichoderma asperellum* and their potential for biological control of *Fusarium oxysporum*. **Frontiers in Microbiology**, v. 16, 2025.