

## **BIOCONTROLE EM FUNGOS FITOPATOGÊNICOS**

*BIOCONTROL IN PHYTOPATHOGENIC FUNGI*

*BIOCONTROL EN HONGOS FITOPATÓGENOS*

---

### **Luana Kesley Nascimento Casais**

Doutora em Produção Vegetal pelo Programa em Produção Vegetal.  
Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [luana.casais@gmail.com](mailto:luana.casais@gmail.com) |  
Orcid.org/0000-0001-7197-5524

### **Taíla Renata Neitzke**

Doutora em Produção Vegetal pelo Programa em Produção Vegetal.  
Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [tailaneitzke@gmail.com](mailto:tailaneitzke@gmail.com) |  
Orcid.org/0000-0003-3085-2362

### **Aloísio Freitas Chagas Junior**

Professor do Departamento de Pós Graduação. Universidade Federal do  
Tocantins (UFT). E-mail: [chagasjraf@mail.uft.edu.br](mailto:chagasjraf@mail.uft.edu.br) |  
Orcid.org/0000-0002-7489-8701

### **Kellem Ângela Oliveira de Sousa**

Doutora em Produção Vegetal pelo Programa em Produção Vegetal.  
Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [sousaka\\_@hotmail.com](mailto:sousaka_@hotmail.com) |  
Orcid.org/0000-0003-1474-773

### **Ildon Rodrigues do Nascimento**

Professor do Departamento de Pós Graduação. Universidade Federal do  
Tocantins (UFT). E-mail: [ildon@mail.uft.edu.br](mailto:ildon@mail.uft.edu.br) |  
Orcid.org/0000-0002-8348-9993

### **Dalmácia de Souza Carlos Mourão**

Doutora em Produção Vegetal pelo Programa em Produção Vegetal.  
Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail: [dalmarciaadm@uft.edu.br](mailto:dalmarciaadm@uft.edu.br) |  
Orcid.org/0000-0002-1756-5265

### **Lorena Ribeiro Lima**

Engenheira Agrônoma. Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail:  
[lorenatricolor@mail.uft.edu.br](mailto:lorenatricolor@mail.uft.edu.br) | Orcid.org/0009-0003-5839-820X

### **João Victor De Almeida Oliveira**

Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal do Tocantins (UFT). E-mail:  
[oliveira.victor@mail.uft.edu.br](mailto:oliveira.victor@mail.uft.edu.br) | Orcid.org/0000-0002-7807-6262

---

**ABSTRACT:**

O controle biológico é considerado uma forma eficaz de usar microrganismos benéficos ou metabólitos microbianos para o controle de doenças em plantas. Os estudos com microrganismos antagonistas a ação dos fungos fitopatogênicos tem se tornado importante para o controle destas pragas. As cepas das linhagens *Trichoderma*, *Rhizoctonia* e *Fusarium* foram cultivadas em placa de Petri contendo meio de cultura BDA. O ensaio de biocontrole foi realizado no Laboratório AGRO-BIO-PPGPV. O projeto experimental foi inteiramente casualizados, realizado em triplicatas e analisado em um esquema fatorial 2x3 (três biocontroles e dois patógenos). As avaliações foram realizadas pela porcentagem de colonização (%C) e o porcentual de inibição (% I). Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e os meios agrupados pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade. O biocontrole *Trichoderma* foi eficiente par ambos os patógenos, enquanto *Streptomyces* apresentou eficiência apenas para *Rhizoctonia*. A bactéria BS10 não foi eficaz no controle de nenhum fitopatógeno.

**KEYWORDS:** Antagonista. Pareamento. Taxa de Inibição. *Trichoderma*.

---

---

**RESUMO:**

Biological control is considered an effective method for using beneficial microorganisms or microbial metabolites to manage plant diseases. Studies involving antagonistic microorganisms that act against phytopathogenic fungi have become increasingly important for controlling these pests. Strains of *Trichoderma*, *Rhizoctonia*, and *Fusarium* were cultivated in Petri dishes containing PDA (Potato Dextrose Agar) medium. The biocontrol assay was conducted at the AGRO-BIO-PPGPV Laboratory. The experimental design was completely randomized, performed in triplicate, and analyzed using a 2×3 factorial scheme (three biocontrol agents and two pathogens). Evaluations were based on the percentage of colonization (%C) and inhibition (%I). Data obtained from the experiment were subjected to analysis of variance (ANOVA), and means were compared using Tukey's test at a 5% significance level. *Trichoderma* was effective against both pathogens, while *Streptomyces* was effective only against *Rhizoctonia*. The BS10 bacterium showed no efficacy in controlling either phytopathogen.

**PALAVRAS CHAVE:** Antagonist. Inhibition rate. Pairing. *Trichoderma*.

---

---

**RESUMEN:**

El control biológico se considera un método eficaz para utilizar microorganismos beneficiosos o metabolitos microbianos en el manejo de enfermedades de las plantas. Los estudios con microorganismos antagonistas a los hongos fitopatógenos se han vuelto fundamentales para el control de estas plagas. Cepas de *Trichoderma*, *Rhizoctonia* y *Fusarium* fueron cultivadas en placas de Petri que contenían medio

de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar). El ensayo de biocontrol se realizó en el Laboratorio AGRO-BIO-PPGPV. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, realizado por triplicado y analizado bajo un esquema factorial  $2 \times 3$  (tres agentes de biocontrol y dos patógenos). Las evaluaciones se basaron en el porcentaje de colonización (%C) y el porcentaje de inhibición (%I). Los datos obtenidos en el experimento fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), y las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. *Trichoderma* fue eficaz contra ambos patógenos, mientras que *Streptomyces* mostró eficacia solo frente a *Rhizoctonia*. La bacteria BS10 no fue eficaz en el control de ninguno de los fitopatógenos.

**Palabras clave:** Antagonista. Emparejamiento. Tasa de inhibición. *Trichoderma*.

---

## INTRODUÇÃO

As doenças radiculares são causadas por fitopatógenos habitantes do solo e causam graves perdas de produção em muitos cultivos. Esses fitopatógenos podem causar infecção dos órgãos subterrâneos ou caules das plantas. São fortemente influenciados por componentes abióticos e bióticos do solo, pelas práticas aplicadas ao solo, tais como irrigação, plantio, aplicação de esterco e adubação. Todas essas características afetam o seu manejo (KATAN, 2017).

O entendimento da dinâmica do solo é fundamental para garantir a produção de alimentos. Cada vez mais estudos são sendo realizados em relação a atividade microbiana do solo, principalmente em relação aos fungos, bactérias e nematoides (POKHAREL e ZIMMERMAN, 2016; BAI et al., 2020). Apesar de ser conhecida atividades benéficas desses microrganismos, há aqueles que podem ser patogênicos podendo causar doenças e acarretar em danos econômicos.

Dentre os microrganismos responsáveis por causarem doenças radiculares destacam-se os fungos e as bactérias. Segundo Michereff *et al.* (2005), as doenças radiculares estão entre as principais causas de redução na produtividade em culturas de interesse alimentar. Dentre os principais gêneros fúngicos causadores de doenças radiculares estão o *Fusarium* e a *Rhizoctonia*.

O *Fusarium* está entre os gêneros de fungos mais importantes economicamente do mundo e é um dos mais estudados. Espécies desses gêneros podem ser encontrados associados a insetos, plantas, viver em ambientes aquáticos, em meio a matéria orgânica e em solos. O fungo em

questão causa podridão radicular e do caule, assim como murcha vascular (CROUS *et al.*, 2021; PLOETZ, 2015; XIA *et al.*, 2020).

O gênero *Rhizoctonia* é considerado um importante fungo fitopatogênico transmitido pelo solo que causa perdas anuais de rendimento de culturas, onde é possível observar descrições de sintomas como podridão da raiz, talos e frutos, tombamento e ferrugem foliar (OGOSHI, 1987). Os principais hospedeiros desse fungo são as culturas do arroz, feijão, soja e milho (CHAIJUCKAM e DAVIS, 2010; GODOY *et al.*, 2003; GONZÁLEZ, 2013).

Diversos são os métodos de controle que podem ser empregados no manejo de patógenos de solo. Devido ao elevado custo e toxidez, o uso de moléculas químicas vem se tornando inviável. Dessa forma, cada vez mais torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, como o controle biológico (OLIVEIRA *et al.*, 2021; ANDRADE *et al.*, 2021).

O controle biológico está relacionado com a diminuição das atividades que causam doenças por um patógeno ou parasita. É considerado uma forma eficaz de usar microrganismos benéficos ou metabólitos microbianos para o controle de doenças em plantas. No sistema de controle biológico, o antagonismo é uma relação existente entre agentes de biocontrole e patógenos de plantas (YANG *et al.*, 2020).

Assim, estudos com microrganismos antagonistas a ação dos fungos fitopatogênicos tem se tornado importante para o controle de pragas, considerando que a atividade antagonista, a partir da síntese de antimicrobianos tem sido uma estratégia de seleção elevada nesse controle (SANTOS, 2014). A maioria das bactérias que atua no biocontrole proporciona um amplo espectro na produção de vários antibióticos, com diferentes graus de ação e que podem se sobrepor às doenças causadas pelos fungos fitopatogênicos (RAAIJMAKERS e MAZZOLA, 2012).

Além disso, representantes do gênero *Trichoderma* spp. têm sido muito utilizados como alternativa ao uso de produtos químicos. O gênero *Trichoderma* spp são capazes de atuar como agentes de controle de patógenos causadores de doenças em várias plantas cultivadas (HOFFMANN *et al.*, 2015;

CHAGAS *et al.*, 2016). Com isso, *Trichoderma* se tornou um dos fungos mais pesquisados como agente de controle de doenças de plantas (CHAGAS *et al.*, 2012; TANČIĆ, 2013; HOFFMANN *et al.*, 2015, CHAGAS *et al.*, 2016, PACHECO *et al.*, 2016). O gênero *Streptomyces* também é conhecido por produzir metabólitos secundários que atuam como antimicrobianos. Diferentes estudos descrevem espécies de *Streptomyces* com atividade antifúngica (SHI *et al.* 2010; SPADARI, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2010; ANTUNES *et al.*, 2014).

Diante do exposto, o objetivo principal do trabalho foi analisar a ação antagonista das bactérias *Pseudomonas*, *Bacillus subtilis*, *Streptomyce* e do fungo *Trichoderma* no controle dos fungos *Rhizoctonia* e *Fusarium*.

## METODOLOGIA

### Obtenção dos isolados

As linhagens *Trichoderma*, *Rhizoctonia* e *Fusarium* foram adquiridas no Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia (AGRO- BIO/PPGPV) na Universidade Federal de Tocantins, Campus Gurupi (11°43'45 "S e 49°04'07 "W, 300 m.a.s.l.), onde são armazenadas.

As cepas foram colhidas em uma placa de Petri contendo meio de cultura em BDA (batata-dextrose-agar, Kasvi, 27 g L<sup>-1</sup>) e incubadas em Demanda Bioquímica de Oxigênio (BOD), com uma temperatura de 28 ± 2°C, e um fotoperíodo de 12 horas durante sete dias.

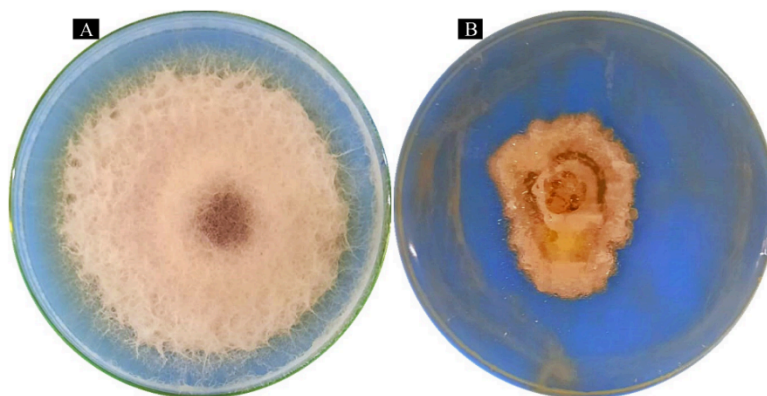
O ensaio de biocontrole foi realizado no Laboratório AGRO- BIO-PPGPV. As cepas de *Trichoderma*, *Rhizoctonia* e *Fusarium* foram cultivadas em uma placa de Petri contendo meio de cultura BDA (70 x15 mm) e incubadas em BOD com temperatura a 28 ± 2°C, e fotoperíodo de 12 horas durante sete dias.

As bactérias *Streptomyce* e BS10 (*Bacillus subtilis*) também foram adquiridas do Laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia (AGRO- BIO/PPGPV). As cepas foram isoladas e posteriormente para armazenamento de curto prazo, as bactérias foram semeadas em placas de ágar nutriente (batata-dextrose-agar, Kasvi, 27 g L<sup>-1</sup>), incubados por 12–24 h a 30°C sob luz fraca constante (1,5 µEm –2 s –1) e finalmente armazenados a 4°C.

O projeto experimental foi completamente controlado, realizado em triplicatas e analisado em um esquema fatorial 2x3 (três biocontroles e dois patógenos). Os

patógenos *Fusarium* spp e *Rhizoctonia solani*. (Fig. 1) foram obtidos do Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Tocantins (UFT - Campus Gurupi).

Figura 1 - Testemunhas correspondentes aos patógenos utilizados *Fusarium* spp. (A) e *Rhizoctonia solani* (B)



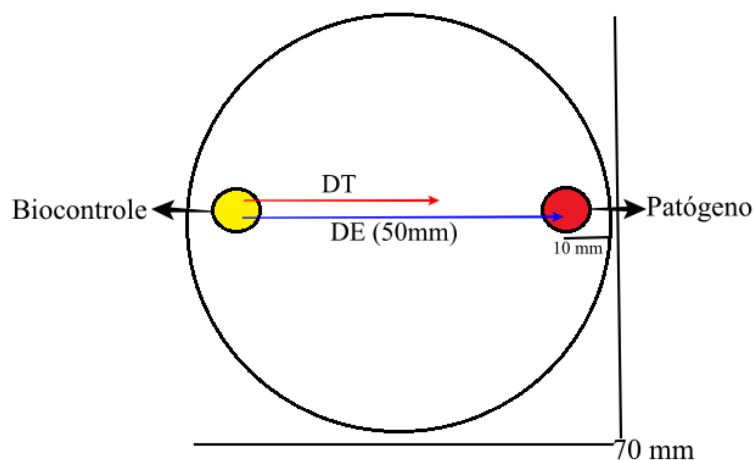
Fonte: elaboração do próprio autor.

### Teste de correspondência de colônia (Confronto)

A cultura emparelhada foi realizada em placas de Petri (70x15 mm), onde discos de ágar (5 mm de diâmetro) contendo micélios de cada patógeno foram colocados em meio de cultura BDA, a uma distância de aproximadamente 1,0 cm da borda, na outra extremidade, o antagonista foi colocado em uma posição oposta para a colônia de patógenos. Quanto aos controles, eles foram transferidos para o centro de cada placa Petri contendo o meio BDA, um disco de 0,5 cm de diâmetro de fitopatógenos e antagonistas, e as colônias não foram emparelhadas. As placas foram incubadas em uma câmara de BOD, a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , com um fotoperíodo de 12 horas de luz.

Após sete dias de confronto com o fungo *Trichoderma* e as bactérias gram-positivas *Streptomyces* e *Bacillus subtilis* (BS10 - JCO Bioprodutos®) as avaliações foram realizadas pela porcentagem de colonização (%C) de acordo com a metodologia de Camporota (1985), na qual:  $C = DT / DE \times 100$ , sendo DT, o raio de crescimento da colônia na direção frontal a patógeno e DE, a distância que separa as duas colônias (Figura 2). O percentual de inibição (% I) =  $[(C - T) / C] \times 100$  também foi realizado de acordo com Menten et al. (1976), onde: C = crescimento radial do controle; T = crescimento radial do tratamento (Fig. 2).

Figura 2 - Esquema de formação do confronto direto entre o patógeno e o biocontrole e suas respectivas distâncias



Fonte: elaboração do próprio autor.

Também foi considerada na avaliação de notas de acordo com os critérios propostos por Bell et al. (1982) (Tab. 1). Onde foram considerados um antagonista eficiente quando atingissem pontuação menor ou igual a 2,0.

Tabela 1 - Escala adaptada utilizada para o teste de correspondência de colônia proposto por Bell et al. (1982)

Notas	Escala de avaliação
1.0	O antagonista cresce através da placa e no disco patogênico
1.5	O antagonista cresce mais de 7/8 da placa
2.0	O antagonista cresce cerca de 2/3 da placa
2.5	O antagonista cresce cerca de 5/8 da placa
3.0	Antagonista e patógeno crescem até a metade da placa
3.5	O antagonista cresce em 3/8 da placa
4	O antagonista cresce em 1/3 da placa
5	O antagonista não cresce no prato Petri

Fonte: Adaptado de Bell et al. (1982)

### Análise estatística

Os dados obtidos no experimento foram submetidos a análise de variância (ANAVA) e os meios agrupados pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativo entre os fatores Biocontrole e patógeno (Tab. 2) para a característica avaliada: %C (Porcentagem de colonização) enquanto para %I (Porcentagem de inibição) apenas patógeno houve efeito significativo. Foi realizado uma análise de desdobramento para verificar qual fator apresentou melhores resultados para cada característica, havendo efeito significativo para a interação PG x BC para as duas características propostas. Alguns trabalhos inferem que porcentagens de inibição do crescimento micelial de patógenos de 40% ou mais indicam um possível potencial como agente de controle biológico (LANNA *et al.*, 2010).

Os isolados de *Trichoderma* sp. mostraram-se eficientes para o controle de *Rhizoctonia* e *Fusarium* (Tab. 2). Observando o porcentual de inibição (%I) verificou-se que a utilização do biocontrole *Trichoderma* spp. reduziu o crescimento micelial dos patógenos. Os isolados de *Trichoderma* sp. também se destacaram no porcentual de colonização (%C) (Tabela 2). Krahn (2017) estudando a eficiência de *Trichoderma* spp verificou que todos os isolados de *Fusarium* spp. apresentaram redução no crescimento micelial variando de 18,84 a 29,92 mm. Silva *et al.* (2019), avaliando a ação antagonista de bactérias do gênero *Bacillus* e do fungo *Trichoderma* sp. no controle de *Fusarium* sp., obtiveram redução do crescimento micelial de *Fusarium* sp. em 56 mm.

Tabela 2 - Taxa de colonização (C%) e Taxa de inibição (I%) para os tratamentos biocontroles *Trichoderma* spp, *Streptomyces* sp. E BS10 (*Bacillus subtilis*) em relação aos fitopatógenos *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* spp

BIOCONTROLE	C%	I%
<i>RHIZOCTONIA</i>		
<i>TRICHODERMA</i>	69,66aB	71,88aA
<i>STREPTOMYCES</i>	43,33bB	50,98bB
BS10	50,00bB	59,98abA
<i>FUSARIUM</i>		
<i>TRICHODERMA</i>	77,67aB	37,88abB
<i>STREPTOMYCES</i>	78,66aA	42,56aB
BS10	67,83bA	30,18bB
PATÓGENO	**	**
BIOCONTROLE	**	NS
PG X BC	**	**
CV%	9,34	11,33

\*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula corresponde a forma de propagação não diferem entre si, médias seguidas pela mesma letra minúscula corresponde a sistema não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, \*\*=significativo a 5% de probabilidade; PG x BC: Interação Patógeno e Biocontrole; ns=não significativo.

Fonte: elaboração do próprio autor.

O uso de *Trichoderma* sp. para controle de fitopatógenos pode ocorrer por diferentes mecanismos, como competição, antibiose ou micoparasitismo. Os trabalhos realizados por Medeiros *et al.* (2020) avaliaram o crescimento micelial de *T. viride*, *T. harzianum*, *T. asperellum* e *Trichoderma* spp. sobre *F. moniliforme*, obtendo como resultado 9,86, 26,48, 22,90 e 28,44 mm respectivamente. Com isso, observa-se a efetividade da utilização de *Trichoderma* spp. como antagonista, através da inibição do crescimento micelial de patógenos.

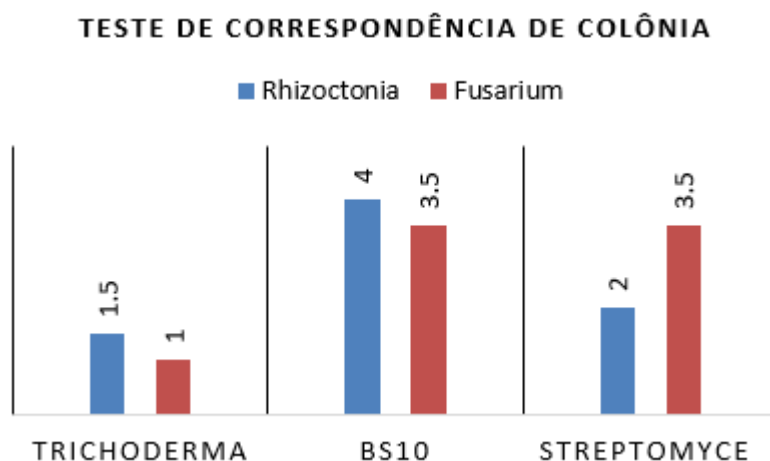
O biocontrole *Streptomyces* sp. apresentou atividade antagônica em *Fusarium* sp., com porcentagem de inibição de 42% para o controle de *Fusarium* sp. Além disso, apresentou 78,66% de crescimento micelial, sendo o maior dentre os biocontroles para ambos fitopatógenos. Borba (2016), destaca a relevância do *Streptomyces* spp. na utilização de produtos naturais, principalmente a produção de compostos bioativos, como o extrato acetato de etila. Bressan e Figueiredo (2003) demonstraram que isolados de *Streptomyces* spp. São capazes de reduzir a incidência de microrganismos fitopatogênicos como *Curvularia lunata* e *Colletotrichum* sp. em até 90%. Além disso, trabalhos realizados por Bressan e Figueiredo (2003) isolados de *Streptomyces* spp. apresentaram efetividade antagonista no controle de *Stenocarpella maydis* em condições in vitro e em sementes de milho.

Dentre os isolados estudados, o BS10 não se mostrou eficiente no controle de *Fusarium* sp. e *Trichoderma* sp. Os biocontroles *Streptomyces* sp. e BS10 não difeririam estatisticamente entre si para porcentual de inibição e porcentual de colonização (Tab. 1) do patógeno *Rhizoctonia* sp. Observando a interação entre BS10 e o patógeno *Rhizoctonia* sp., o patógeno difere estatisticamente dos demais no porcentual de inibição. No entanto Nesemann *et al.* (2017) explanam que as colônias fúngicas se desenvolvem mais rapidamente em um meio com alto teor de glicose do que em superfícies de ágar pectina e aminoácidos, o que poderia explicar o baixo desenvolvimento e consequente menor inibição dos patógenos.

A utilização dos biocontroles *Streptomyces* sp. e BS10 também não foram eficientes no controle de *Fusarium* sp. Dessa forma, nota-se que ação da bactéria BS10 difere do fungo *Trichoderma* spp. que proporciona crescimento rápido, disputando área com o patógeno, enquanto segundo Asaka e Shoda (1996), quando há eficácia na atividade in vitro apresentada pela BS10 esta é associada à capacidade da bactéria em produzir antibióticos como iturina A e surfactina, capazes de agir na inibição do crescimento micelial de fungos.

Em uma análise visual conforme proposto pela escala por Bell *et al.* (1982), foi possível observar uma diferença entre os biocontroles em relação ao seu crescimento em confronto aos patógenos que variaram entre 1 a 4.

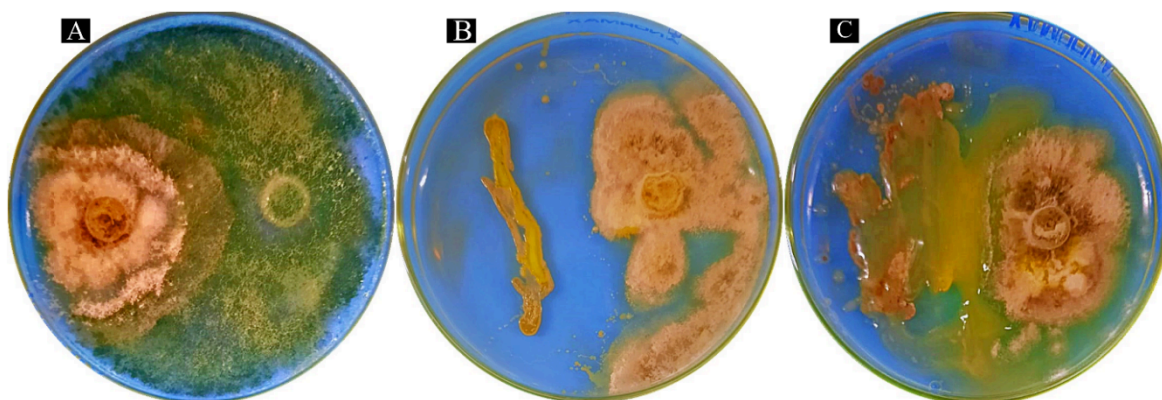
Gráfico 1 - Teste de correspondência de colônia para *Rhizoctonia solani* e *Fusarium* spp. conforme escala adaptada proposta por Bell et al. (1982)



Fonte: Elaboração do próprio autor

Com base no Gráfico 1 é possível observar que o fungo *Trichoderma* foi dentre os 3 biocontroles o que apresentou melhores fatores de inibição dos patógenos estudados, com pontuações respectivamente nota 1 para o fungo *Fusarium* que denota ser um ótimo biocontrole com forte mecanismo de inibição, tendo o biocontrole se sobressaindo ao disco patogênico e controlando eficazmente o fitopatógeno (Figura 4A) e 1,5 para *R. solani* também sendo eficaz no controle contra o fungo (Figura 3A). Tian *et al.* (2022) explanam que em recentes estudos provam que os fungos *Trichoderma* são capazes de exibir propriedades antagônicas em relação a outros fungos patogênicos, assim como também podem inibir a biossíntese de micotoxinas, o que lhes permite ser um ótimo antagonista para diversos microrganismos indesejáveis. *Trichoderma* spp. exibem propriedades antagônicas em relação a outros fungos e microrganismos, principalmente por meio de competição, antibiose e micoparasitismo (MUKHERJEE *et al.*, 2022). Os fungos *Trichoderma* estão entre os competidores mais agressivos do *Fusarium*, e o micoparasitismo é seu principal mecanismo de biocontrole.

Figura 3 - Pareamento entre *Rhizoctonia* x *Trichoderma* (A), *Rhizoctonia* x BS10 (B) e *Rhizoctonia* x *Streptomyce* (C)

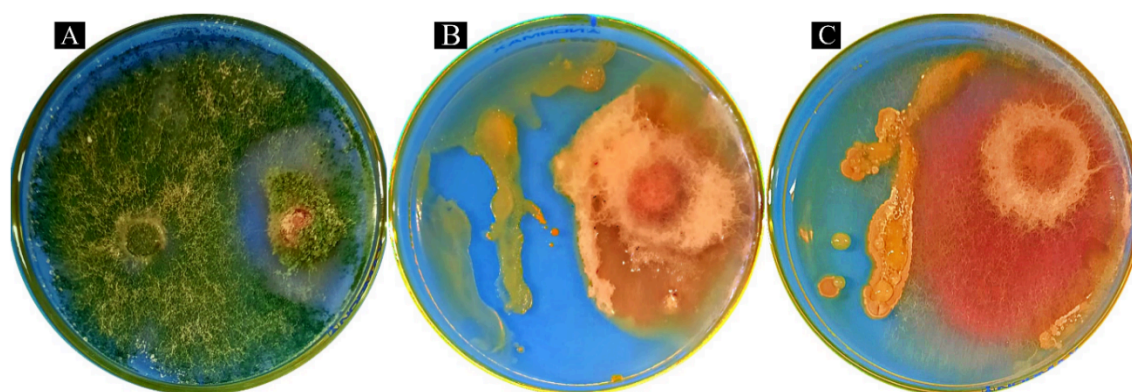


Fonte: Elaboração do próprio autor.

A partir do Gráfico 1 também se denota que os valores de notas adotados para o biocontrole BS10 tanto na ação contra o fungo *Fusarium* spp. como *R. solani* (3,5 e 4 respectivamente, o que denota pouca porcentagem de inibição do patógeno) se mostrou inferior em relação aos demais, corroborando com os dados apresentados na Tabela 2. Os fungos produzem numerosos metabólitos secundários bioativos (BAYRAM e BRAUS, 2012), que podem influenciar as interações fungo-bactérias. A bactéria inoculada no centro

produz um gradiente de metabólitos (diminuindo a concentração de metabólitos mais longe do centro), que pode ser percebido pelo fungo. Os metabólitos bacterianos secretados podem causar uma quimiotaxia negativa no formato de placa de Petri, o que resulta na ramificação fúngica e na formação de colônias, evitando assim a bactéria até certo ponto (NESEMANN *et al.*, 2017). Fato que pode ser observado nas Figuras 3b e 4b.

Figura 4 - Pareamento entre *Fusarium* x *Trichoderma* (A), *Fusarium* x BS10 (B) e *Fusarium* x *Streptomyce* (C)



Fonte: Elaboração do próprio autor.

*Streptomyce* apresentou diferenças quanto ao seu modo de ação nos diferentes patógenos, sendo considerado eficiente no controle para *R. solani* atingindo nota 2 pela escala de correspondência visual de colônia conforme proposto por Bell *et al.* (1982), enquanto para *Fusarium* não houve forte interação apresentando nota 4 o que reflete pouco crescimento do biocontrole na placa (Figura 4C), demonstrando assim seu desenvolvimento quando exposto a diferentes patógenos. Para Gopalakrishnan *et al.* (2011) e Al-Askar *et al.* (2014) diversas espécies de actinomicetos, sendo eles particularmente os pertencentes ao gênero *Streptomyces*, são bem conhecidas como agentes antifúngicos que inibem variados fungos patogênicos. Shrivastava, Kumar e Yandigeri (2017) em sua pesquisa observou que um isolado halotolerante de *Streptomyces* através da sua produção de enzimas micolíticas, hiperparasitismo e produção de sideróforo, composto quelante de ferro, exibiu forte atividade antifúngica contra o fungo fitopatígeno estudado. Portanto a atividade desse biocontrole pode ser alterada quando confrontado a diferentes fitopatógenos como observado das Figuras 3c e 4c.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo os dados analisados observou-se que o biocontrole *Trichoderma* foi eficiente par ambos os patógenos, enquanto *Streptomyces* apresentou eficiência apenas para *Rhizoctonia solani*. A bactéria BS10 não foi eficaz no controle de nenhum fitopatógeno. A partir do trabalho, sugerem-se novas pesquisas de pareamento entre os biocontroles eficientes com diferentes fitopatógenos que apresentem danos econômicos a grandes culturas de interesse agrícola.

### **Agradecimentos**

A CAPES pela concessão de bolsa de doutorado a primeira e segunda autoras.

### **Referências Bibliográficas**

- AL-ASKAR, A.A.; ABDULKHAIR, W.M.; RASHAD, Y.M.; HAFEZ, E.E.; GHONEEM, K.M.; BAKA, Z.A. *Streptomyces griseorubens* E44G: um potente antagonista isolado do solo na Arábia Saudita, **J. Pure Appl. Microbiol**, v. 8, p. 221-230, 2014.
- ANDRADE, B.R.D.; SILVA, M.L.R.B.; OLIVEIRA, L.G.; LYRA, M.C.C.P.; ROSA, R.C.T.; GURGEL, L.M.S.; OLIVEIRA, J.P. Ação antagônica à *Macrophomina phaseolina* e *Fusarium oxysporum* e diversidade genética de bactérias obtidas de solo cultivado com *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 26, n. 2, 2021.
- ANTUNES, T.C.; BORBA, M.P.; SPADARI, C.C.; ANTUNES, A.L.; FRAZZON, A.P.G.; GERMANI, J.C.; VAN DER SAND, S.T. Screening of actinomycetes with activity against clinical isolates of gram positive cocci with multiresistant profile. **Journal of Advanced Scientific Research**, v. 5, n.1, p. 13-17, 2014.
- ASAKA, O.; SHODA, M. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* Damping-Off of Tomato with *Bacillus subtilis* RB14. **Applied and environmental microbiology**, v.62, n.11, p.4081-4085, 1996.
- BAI, X.; DIPPOLD, M.A.; NA, S.; WANG, B.; ZHANG, H.; LOEPPMANN, S. Extracellular enzyme activity and stoichiometry: The effect of soil microbial element limitation during leaf litter decomposition. **Ecological Indicators**, v. 121, 2020.
- BAYRAM, Ö, BRAUS, G.H. Coordenação do metabolismo secundário e desenvolvimento em fungos: a família aveludada de proteínas reguladoras. **Microbiol Ver**, v. 36, n. 1, p. 1-24, 2012. doi: 10.1111/j.1574-6976.2011.00285.x
- BELL, D.K.; WELLS, H.D.; MARKHAM, C.R. Antagonismo in vitro de espécies de *Trichoderma* contra seis patógenos de plantas fúngicas. **Phytopathology**, v. 72, n. 1, p. 379- 382, 1982.
- BORBA, C.B.A. Avaliação de metabólito de *Streptomyces* sp., sua atividade antimicrobiana e citotoxicidade; identificação morfológica e molecular da actinobactéria. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Pernambuco. 2016.

BRESSAN, W.; FIGUEIREDO, J.E.F. Potencial de isolados de *Streptomyces* spp. No controle de *Stenocarpella maydis* em sementes de milho. Embrapa Milho e Sorgo. **Comunicado técnico**, 2003.

CAMPOROTA, P. Antagonismo in vitro de *Trichoderma* spp. contra *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Agronomia**, v. 5, n. 2, p. 613-620, 1985.

CHAGAS, A.F.; SANTOS, G.R.; REIS, H.B.; MILLER, L.O.; CHAGAS, L.F.B. Resposta de feijão-caupi a inoculação com rizóbio e *Trichoderma* sp. no cerrado, Gurupi- -TO. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, p.242-249, 2012.

CHAGAS, L.F.B.; CASTRO, H.G.; COLONIA, B.S.O.; CARVALHO FILHO, M.R.; MILLER, L.O.; CHAGAS JUNIOR, A.F. Efficiency of *Trichoderma* spp. as a growth promoter of cowpea (*Vigna unguiculata*) and analysis of phosphate solubilization and indole acetic acid synthesis. **Revista Brasileira de Botânica**, v.38, p.1-9, 2016.

CHAIJUCKAM, P.; DAVIS, R.M. Characterization of Diversity Among Isolates of *Rhizoctonia oryzae-sativae* from California Rice Fields. **Plant Disease**, v. 94, p.690-696, 2010.

CROUS, P.W.; LOMBARD, L.; SANDOVAL-DENI, M.; SEIFERT, K.A., THINES, M. *Fusarium*: more than a node or a foot-shaped basal cell. **Studies in Mycology**, v. 98, n. 1, p. 1-184, 2021.

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

GODOY, G., STEADMAN, J.R., HIGGINS, B., POWERS, K. Genetic Variation Among Isolates of the Web Blight Pathogen of common bean. **Plant Disease**, v. 87, n.7, p.766-771, 2003.

GONZÁLEZ, M.D. Identification, molecular characterization, and evolution of group I introns at the expansion segment D11 of 28S rDNA in *Rhizoctonia* species. **Fungal Biology**, v.117, p.623- 637, 2013.

GOPALAKRISHNAN, S.; KIRAN, B.K.; HUMAYUN, P.; VIDYA, M.S.; DEEPTHI, K.; RUPELA, O.P. Biocontrole da podridão do sorgo por actinomicetos isolados de vermicomposto de ervas. **Afr. J. Biotechnol**, v. 10, n. 79, p. 18142-18152, 2011.

HOFFMANN, C.A., CHAGAS, L.F.B., SILVA, D.P., CHAGAS JUNIOR, A.F.; SCHEIDT, G.N. Potencial de antagonismo de isolados de *Trichoderma* spp. contra o isolados de *Fusarium* sp., in vitro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.1, p.236-242, 2015.

KATAN, J. Diseases caused by soilborne pathogens: biology, management and challenges. **Journal of Plant Pathology**, v. 99, p. 305-315, 2017.

KRAHN, J.R.T. Microbiota do solo em três sistemas de cultivo de citros e patogenicidade de *Fusarium* spp. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

LANNA, F.R.; FERRO, H.M.; PINHO, R.S.C. Controle biológico mediado por *Bacillus subtilis*. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**. v. 4, p. 12-20, 2010.

- MEDEIROS, J.C.D.; MARTINS, W.S.; MIRANDA, F.F.R. Antagonismo de *Trichoderma* spp. no biocontrole de *Fusarium moniliforme* na cultura do milho. **Rev. Sítio Novo**, v. 4, n. 4, p. 169-178, 2020.
- MENTEN, J.O.M.; MINUSSI, C.C.; CASTRO, C.; KIMATI, H. Efeito de alguns fungicidas no crescimento micelial de *Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid. in vitro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 1, n. 2, p. 57-66, 1976.
- MICHEREFF, S.J.; PERUCH, L.A.M.; ANDRADE, D.E.G.T. Manejo integrado de doenças radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: Imprensa Universitária da Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2005.
- MUKHERJEE, P.K.; MENDOZA-MENDOZA, A.; ZEILINGER, S.; HORWITZ, B.A. Micoparasitismo como um mecanismo de supressão de doenças de plantas mediada por *Trichoderma*, **Fungal Biol. Rev.**, v. 39, p. 15–33, 2022.
- NESEMAN, K.; BRAUS-STROMEYER, S.A.; HARTING, R.; HÖFER, A.; KUSCH, H.; AMBROSIO, A.B.; TIMPNER, C.; BRAUS, G.H. Fluorescent pseudomonads pursue media-dependent strategies to inhibit growth of pathogenic *Verticillium* fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 102, n. 2, p. 817-831, 2017. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-017-8618-5>.
- OGOSHI, A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. **Annual Review of Phytopathology**, v.25, p. 125-143, 1987.
- OLIVEIRA, L.G.; KETTNER, M.G.; LIMA, M.L.S.; ARAÚJO, E.R.; SILVA, A.R.; COSTA, A.F. Potencial de Biocontrole *Trichoderma* spp contra *Macrophomina phaseolina* de feijão-caupi. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 26, n. 2, 2021.
- OLIVEIRA, M.F.; SILVA, M.S.; VAN DER SAND, S.T. Anti-phytopathogen potential of endophytic actinobacteria isolated from tomato plants (*Lycopersicon esculentum*) in southern Brazil, and characterization of *Streptomyces* sp. R18(6), a potential biocontrol agente. **Research in Microbiology**, v. 161, p. 565-572, 2010.
- PACHECO, K.R.; VISCARDI, B.S.M.; VASCONCELOS, T.M.M.; MOREIRA, G.A.M.; VALE, H.M.M.; BLUM, L.E.B. Efficacy of *Trichoderma asperellum*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* and *T. reesei* against Scleroti. **Science Journal**, v.32, n.2, p.412-421, 2016.
- PLOETZ, R.C. *Fusarium* Wilt of Banana. **Aps Publications**, v. 105, n. 12, p. 1512-1521, 2015.
- POKHAREL, R.R.; ZIMMERMAN, R. Impact of organic and conventional peach and apple production practices on soil microbial populations and plant nutrients. **Organic Agriculture**, v. 6, p. 19-30, 2016.
- RAAIJMAKERS, J.M.; MAZZOLA, M. Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v. 50, p.403– 424, 2012.
- SANTOS, D.R. Isolamento e seleção de bactérias antagonistas a fitopatógenos e detecção de genes associados à produção de compostos. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Federal de Sergipe, 2014.

SHI, P.; YAO, G.; YAHG, P.; LI, N.; LUO, H.; BAI, Y.; WANG, Y.; YAO, B. Cloning, characterization, and antifungal activity of na endo-1,3- $\beta$ -D-glucanase from *Streptomyces* sp. S27. **Microbiol Biotechnol**, v. 85, p. 1483-1490, 2010.

SHRIVASTAVA, P.; KUMAR, R.; YANDIGERI, M.S. In vitro biocontrol activity of halotolerant *Streptomyces aureofaciens* K20: a potent antagonist against *macrophomina phaseolina* (tassi) goid. **Saudi Journal Of Biological Sciences**, v. 24, n. 1, p. 192-199, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.12.004>.

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

SPADARI, C.C.; VAN DER SAND, S.T. **Atividade antifúngica de actinomicetos frente a isolados de *Bipolaris sorokiniana***. Trabalho de Conclusão do curso em Ciências Biológicas, UFRGS. 2010.

TANČIĆ, S.; SKROBONJA, J.; LALOŠEVIĆ, M.; JEVTIĆ, R.; VIDIĆ, M. Impact of *Trichoderma* spp. on soybean seed germination and potential antagonistic effect on *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesticidi and Phytomedicine**, v.8, n.3, p.181-185, 2013.

XIA, R.; SCHAAFSMA, A.W.; OLIVEIRA, F.; HOOKER, D.C. Impacto das Melhorias na Requeima da Cabeça de *Fusarium* e Manejo Agronômico na Economia do Trigo de Inverno. **Micotoxina Mundial J**, p. 1–18, 2020.

TIAN, Y.; ZHANG, D.; CAI, P.; LIN, H.; YING, H.; HU, QN; WU, A. Eliminação de *Fusarium* micotoxina desoxinivalenol (DON) por meio de estratégias microbianas e enzimáticas: Status atual e perspectivas futuras. **Trends Food Sci Technol**, v. 124, p. 96–107, 2022.

YANG, X.; ZHANG, L.; XIANG, Y.; DU, L.; HUANG, X.; LIU, Y. Comparative transcriptome analysis of *Sclerotinia sclerotiorum* revealed its response mechanisms to the biological control agent, *Bacillus amyloliquefaciens*. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1–12, 2020.