REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

RESPOSTA EM LAVOURA DE FEIJÃO À APLICAÇÃO DE *Trichoderma asperellum* VIA BARRA DE PULVERIZAÇÃO

RESPONSE IN BEAN CROPS TO THE APPLICATION OF Trichoderma asperellum VIA SPRAY BAR

RESPUESTA EN CULTIVO DE FRIJOL A LA APLICACIÓN DE Trichoderma asperellum A TRAVÉS DE BARRA DE PULVERIZACIÓN

Adilson de Oliveira[1], Paulo Emerson Carvalho[2], Erich dos Reis Duarte[3], Aline Vanessa Sauer[4], Viviane Sandra Alves[5]

e686679
https://doi.org/10.47820/recima21.v6i8.6679

PUBLICADO: 8/2025

RESUMO

O estudo investigou a aplicação de *Trichoderma asperellum* (estirpe kd) via barra de pulverização sobre palhada residual na cultura de feijão preto (cultivar BRS Estilo), com o objetivo de avaliar as diferentes doses (150, 200 e 300 g ha^{-1}) em comparação ao tratamento padrão e foi conduzido no EPA Castro-PR. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro tratamentos, oito parcelas e quatro repetições, cada parcela foi constituída de 8 linhas de 5 metros de comprimento totalizando 20 m² cada parcela, aplicação no estádio V1 do feijoeiro com volume de calda de 150 L ha^{-1}, monitoramento climático estável e avaliação de estande (30 DAP), biometria de raiz fresca e massa seca de parte aérea (50 DAP), produtividade de grãos (80 DAP) e incidência de doenças iniciais. Os resultados revelaram que todas as doses de *T. asperellum*

[1] Engenheiro Agrônomo. Orquidário Shekynah.
[2] Engenheiro Agrônomo formado pela FFALM de Bandeirantes - Pr, MBA em Gestão Empresarial (FGV), Intercambio na University of Minnesota. Responsável Técnico da Pesquisa – EPA 2 - Castro.
[3] Doutorado em Ciências Sociais e Empresariais pelo Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, Argentina. Professor Titular da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR, Brasil. Graduação em Direito pela Universidade Norte do Paraná. Pós-Graduação em Direito Ambiental pela Universidade do Norte do Paraná. Graduação em Agronomia pela Universidade do Norte do Paraná. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual do Norte do Paraná - UENP - Campus Luiz Meneghel. Doutor pela Universidade Nacional da Argentina - UCES. Professor e doutor da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR.
[4] Doutorado em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, Brasil. Coordenadora/Contrato em regime especial da Universidade Anhanguera – Campus Bandeirantes - PR, Brasil. Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas/Fitopatologia) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), na modalidade Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), com estágio de doutoramento no Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) em Valência, Espanha. Mestre em Agronomia (Proteção de Plantas/Fitopatologia) pela Universidade Estadual de Londrina (UEL). Graduada em Engenharia Agronômica pela Fundação Faculdades Luiz Meneghel/Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP/FALM). Graduada em Pedagogia - Licenciatura pela Universidade Pitágoras Unopar (UNOPAR). Docente do curso de Agronomia na Universidade Estadual Norte do Paraná (UENP) campus Luiz Meneghel (CLM) e Coordenadora do Curso Superior de Tecnologia em Fruticultura (UENP/CLM). Docente do curso de Agronomia no Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO).
[5] Doutorado em Agronomia (Entomologia) pela Universidade Federal de Lavras, Brasil. Professor Associado da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil. Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná , doutorado em Ciências (Entomologia) pela Universidade Federal de Lavras, e Pós-doutorado pela Universidade Estadual de Londrina. Professor Associado B da Universidade Estadual do Norte do Paraná, Professor do Curso de Ciências Biológicas do campus de Cornélio Procópio, e no Programa de Mestrado em Agronomia no Campus Luis Meneghel. Coordenadora do Laboratório de Ensaios com Inimigos Naturais de Pragas, cadastrado junto a Central de Laboratório Multiusuários da UENP (CLMU) e junto a Plataforma Nacional de Infraestrutura de Pesquisa (MCTI). Agronomia no Centro Universitário de Ourinhos (UNIFIO).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

melhoraram o estande e biometria em relação ao controle, sendo que a dose de 150 g ha^{-1} (T-2), resultou em um bom estande (12,1 plantas m^{-1}) e maior produtividade (~3.929,5 kg ha^{-1}, cerca de 28% acima do controle), além de maior massa seca aérea, embora tenha apresentado menor peso de raiz em comparação a doses maiores (200 e 300 g ha^{-1}), que, por sua vez, estimularam mais o sistema radicular, mas resultaram em produtividade intermediária . A ausência de sintomas de doenças iniciais em todos os tratamentos reforça o potencial preventivo da *Trichoderma.*

PALAVRAS-CHAVE: Microrganismos. Produtividade. *Phaseolus vulgaris*. Biocontrole**.** Microbiologia agrícola.

ABSTRACT

The study investigated the application of Trichoderma asperellum (strain kd) via spray bar on residual straw in the black bean crop (cultivar BRS Estilo), with the aim of evaluating the different doses (150, 200 and 300 g ha^{-1}) compared to the standard treatment, and was conducted at the Castro EPA PR. The experimental design was in randomized blocks with four treatments, eight plots, and four repetitions. Each plot consisted of 8 lines of 5 meters in length, totaling 20 m^2 per plot, application at stage V1 of the bean plant with a spray solution volume of 150 L ha-¹, stable climate monitoring and evaluation of stand (30 DAP), biometry of fresh root and dry mass of aerial part (50 DAP), grain yield (80 DAP), and incidence of initial diseases. The results showed that all doses of T. asperellum improved stand and biometry compared to the control, with the 150 g ha^{-1} dose (T-2) resulting in a good stand (12.1 plants m^{-1}) and higher yield (~3. 929.5 kg ha^{-1}, around 28% higher than the control), as well as greater aerial dry mass, although it had lower root weight compared to the higher doses (200 and 300 g ha^{-1}), which, in turn, stimulated the root system more but resulted in intermediate productivity. The absence of initial disease symptoms in all treatments reinforces the preventive potential of Trichoderma.

KEYWORDS: *Microorganisms. Productivity. Phaseolus vulgaris. Biocontrol. Agricultural microbiology.*

RESUMEN

Estudio investigó la aplicación de Trichoderma asperellum (cepa kd) vía barra de aspersión sobre paja residual en el cultivo de frijol negro (cultivar BRS Estilo), con el objetivo de evaluar las diferentes dosis (150, 200 y 300 g ha^{-1}) en comparación con el tratamiento estándar y fue realizado en la EPA Castro - PR. El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro tratamientos, ocho parcelas y cuatro repeticiones, cada parcela estaba constituida por 8 líneas de 5 metros de largo totalizando 20 m^2 cada una, aplicación en el estadio V1 de la planta de frijol con un volumen de jarabe de 150 L ha^{-1}, monitoreo climático estable y evaluación del stand (30 DAP), biometría de la raíz fresca y masa seca de la parte aérea (50 DAP), rendimiento de grano (80 DAP) e incidencia de enfermedades iniciales. Los resultados mostraron que todas las dosis de T. asperellum mejoraron el rodal y la biometría en comparación con el testigo, con la dosis de 150 g ha^{-1} (T-2) dando lugar a un buen rodal (12,1 plantas m^{-1}) y un mayor rendimiento (~3. 929,5 kg ha^{-1}, alrededor de un 28% superior al control), así como una mayor masa seca aérea, aunque tuvo un menor peso radicular en comparación con las dosis superiores (200 y 300 g ha^{-1}), que, a su vez, estimularon más el sistema radicular, pero dieron lugar a una productividad intermedia. La ausencia de síntomas iniciales de la enfermedad en todos los tratamientos refuerza el potencial preventivo de Trichoderma.

PALABRAS CLAVE*: Microorganismos. Productividad. Phaseolus vulgaris. Biocontrol. Microbiología agrícola.*

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

INTRODUÇÃO

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) é cultivada em todo o território brasileiro em diversas épocas do ano e em diferentes sistemas de produção, que vão desde sistemas consorciados, por pequenos produtores, até a cultura exclusiva em áreas irrigadas, por grandes produtores (Ferreira; Lobo Junior, 2023). Combinados, os diferentes sistemas de produção colocam o Brasil como o maior produtor de feijão comum do mundo (Ferreira; Lobo Junior, 2023). O feijoeiro comum, cultivado ao longo do ano na maioria dos estados brasileiros, proporciona constante oferta do produto no mercado, e o produto tornou-se fundamental para a alimentação dos brasileiros e para o agronegócio do país (Ferreira; Lobo Junior, 2023).

A busca por alternativas sustentáveis no manejo fitossanitário tem impulsionado a adoção de tecnologias baseadas em agentes microbiológicos, especialmente bioinsumos com ação fungicida e nematicida. O *Trichoderma* desenvolveu a capacidade de trazer uma série de benefícios para elas, o que desencadeou o interesse de pesquisadores acerca de suas aplicações no campo agronômico. O uso do *Trichoderma* pode contribuir para uma agricultura mais sustentável, com menor aporte de insumos químicos, e há estudos que discutem a ecofisiologia e diversidade dos fungos do gênero *Trichoderma*, apontando seus usos e potenciais agrícolas (Costa; Baldin Filho, 2024).

Segundo a Embrapa (2025), a pesquisa científica demonstra que a utilização de práticas agrícolas que promovam a saúde da microbiota do solo é um componente essencial da resiliência agrícola e tem sido associada à maior produtividade das lavouras.

Estudos indicam que a adição de microrganismos benéficos, como bactérias e fungos micorrízicos, pode melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas, potencializando o crescimento, e indiretamente a resistência a doenças.

O número de aprovações de produtos de base biológica para o controle de pragas e de doenças na agricultura vem crescendo no país. De acordo com dados da Anvisa, em 2022 foram finalizadas as análises de um total de 157 pedidos deste tipo, representando um aumento de 70% em relação às solicitações concluídas em 2021. Segundo a Anvisa, o crescimento na quantidade de avaliações para fins de registro de produtos destinados ao controle biológico na agricultura pode ser considerado um marco (Anvisa, 2023), e o Brasil liderando sua adoção, evidencia sua relevância como componente chave na agricultura do futuro.

A espécie *T. asperellum (estirpe kd)* tem sido amplamente estudada por seu desempenho no controle biológico de doenças em culturas como soja, milho e feijão e vem sendo utilizada como ingrediente ativo em formulações comerciais destinadas ao controle de patógenos radiculares (Fontes; Valadares-Inglis, 2020). Ainda assim, a eficácia de sua aplicação em condições reais de campo depende da adaptação a diferentes sistemas produtivos, cultivares e métodos de aplicação.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

As espécies Trichoderma são microparasitas eficientes e prolíficas produtoras de metabólitos secundários, alguns dos quais têm importância clínica. No entanto, a importância ecológica ou biológica dessa diversidade de metabólitos está muito aquém da importância química (Mukherjee *et al.,* 2013).

Dentre os mecanismos de ação de Trichoderma envolvidos no controle estão antibiose, micoparasitismo, competição, promoção do crescimento vegetal, indução de resistência, cepa utilizada. Além disso, muitos produtos são utilizados como reguladores, devido ao efeito de promoção de crescimento ou até mesmo como indutores de resistência (Medeiros *et al.,* 2017).

Neste contexto, a aplicação de *T. asperellum (estirpe kd)* via barra de pulverização sobre palhada residual de milho na lavoura de feijão apresenta-se como uma abordagem inovadora. Essa prática visa colonizar precocemente o ambiente rizosférico, atuando sobre a microbiota da palhada e suprimindo potenciais patógenos antes do estabelecimento radicular da cultura. Além disso, pode contribuir para a descompactação biológica da palhada e a ativação microbiológica do solo, favorecendo o arranque inicial das plantas.

Este estudo teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação do microbiológico *T. asperellum (estirpe kd)* via barra de pulverização em lavoura de feijão preto em diferentes dosagens e comparar com o tratamento padrão adotado pelo produtor, sob as condições edafoclimáticas da EPA Castro-PR.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e Caracterização da Área Experimental

O presente estudo foi conduzido no município de Castro-PR na estação EPA, localizada nas coordenadas geográficas 24º20’49.00"S e 50º37'25.00"O. A semeadura da cultura ocorreu em 25 de setembro de 2024, em solo cuja análise química não foi registrada na safra atual. O espaçamento entre linhas foi o usual para a cultura, respeitando as práticas agronômicas recomendadas para a região, e teve como objetivo de avaliar a eficácia da aplicação do agente microbiológico *T. asperellum (*estirpe kd*)*, via barra de pulverização, na cultura do feijão preto (cultivar BRS Estilo), em comparação ao tratamento padrão adotado pelo produtor.

Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), com quatro tratamentos e quatro repetições. Cada parcela foi composta por 8 linhas de 5 metros de comprimento, totalizando uma área útil de 20 m² por parcela. Os tratamentos foram os seguintes:

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 1. Descrição dos tratamentos, ingrediente ativo, formulação e dose dos respectivos fungicida/nematicida microbiológico utilizados. Castro, PR, 2025

Nº	Tratamentos	Aplic.	Ingrediente Ativo	Formulação	Dose
T-1	Tratamento Padrão	--	--	--	00,00 (g. ha)
T- 2	*T. asperellum*	A	*T. asperellum (estirpe kd)*	WP	150,00 (g. ha)
T- 3	*T. asperellum*	A	*T. asperellum (estirpe kd)*	WP	300,00 (g. ha)
T- 4	*T. asperellum*	A	*T. asperellum (estirpe kd)*	WP	200,00 (g. ha)

As aplicações foram realizadas no estádio fenológico V1 da cultura (27/09/2024), após às 16:00 h, com utilização de pulverizador costal elétrico acoplado a barra de 2 metros com bicos tipo leque espaçados a cada 50 cm. O volume de calda aplicado foi de 150 L ha^{-1}.

Condições Climáticas

Durante a aplicação dos tratamentos, as condições climáticas foram monitoradas e registradas. A temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e nebulosidade estavam abaixo dos limites detectáveis, caracterizando condições estáveis e sem influência externa direta no momento da pulverização. Dados adicionais de precipitação, temperatura máxima e mínima também foram registrados (Figura 1).

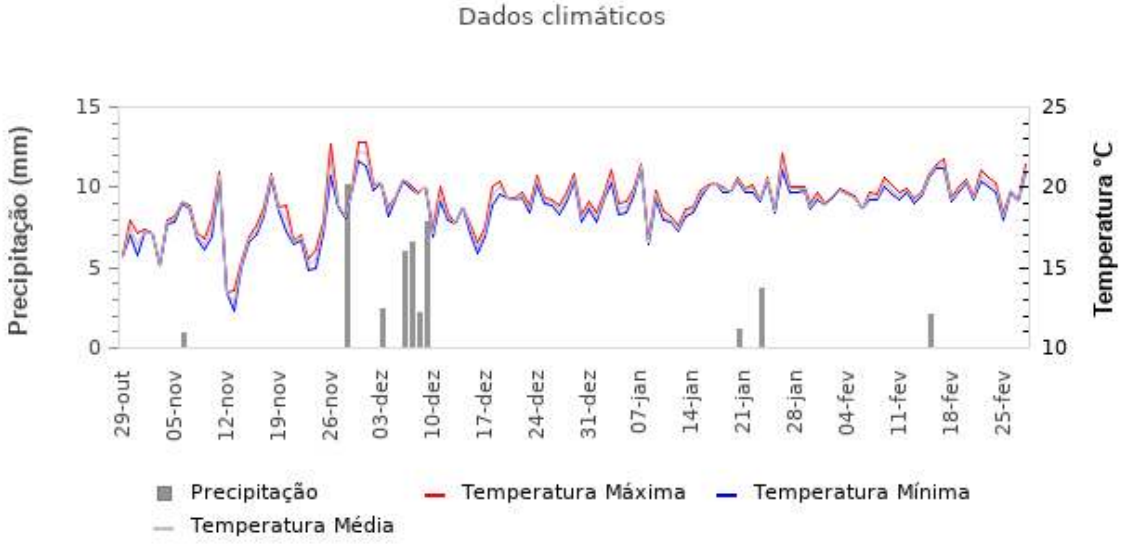

Figura 1. Dados climáticos: Precipitação total, temperatura máxima e mínima, durante a condução experimental Castro, PR, 2025

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Avaliações

Durante a condução do ensaio foram realizadas avaliações a partir dos 30 dias depois da aplicação (DAP) para a determinação de estande geral. Para tanto, foi utilizada trena métrica, e foi medido e contado as plantas em 3 metros lineares no meio das parcelas e contadas as 2 ruas centrais da parcela.

As variáveis analisadas foram:

- **Estande de plantas** (30 DAP): medido em 3 metros lineares nas duas linhas centrais de cada parcela;
- **Peso de raiz fresca** (50 DAP): foram coletadas 4 plantas centrais por parcela, separando-se raiz e parte aérea, com pesagem em balança eletrônica;
- **Massa seca da parte aérea** (50 DAP): foi utilizada a parte aérea das mesmas plantas coletadas para pesagem das raízes;
- **Produtividade** (80 DAP): colhidas manualmente as vagens de 3 metros lineares das duas fileiras centrais, com debulha e pesagem do grão;

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises foram conduzidas utilizando-se o software estatístico da plataforma Avalia para experimentos agronômicos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento com *T. asperellum* aplicado na dose de 150 g.ha^{-1} (T - 2) resultou em um bom estande de plantas (12,1 plantas m^{-1}) e na maior produtividade (3.929,5 kg.ha^{-1}), sendo estatisticamente superior à testemunha (T - 1) que apresentou estande de 11,3 plantas m^{-1} e produtividade de 3.069,5 kg.ha^{-1} (Tabela 02).

Em relação ao peso de raiz fresca, observou-se aumento significativo em T - 2 (73,5 g) em comparação à testemunha (54,0 g), indicando maior desenvolvimento radicular promovido pelo *T. asperellum (estirpe kd)* (Tabela 02). Da mesma forma, a massa seca da parte aérea foi superior em T - 2 (73,5 g) em comparação à testemunha (54,0 g).

As doses mais elevadas de *T. asperellum (estirpe kd)* (300 g.ha^{-1} e 200 g.ha^{-1}, T - 3 e T - 4) também demonstraram desempenho superior à testemunha, porém inferior à dose de 150 g.ha^{-1} (T - 2) em produtividade e biometria de parte aérea e radicular, sugerindo que a dose ótima para esta condição experimental foi 150 g.ha^{-1}.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

Tabela 2. Estande geral, produtividade geral, massa seca de parte aérea geral, peso de raiz (g) geral, em feijão, cultivar BRS Estilo, com aplicações de diferentes doses do fungicida/nematicida microbiológico

N°	Produto	EST	PDT(g)	MAS	PRG
T - 1	Tratamento Padrão	11,3 b	3.069,5 c	54,0 c	3,0 b
T - 2	*T. asperellum*	12,1 a	3.929,5 a	73,5 a	2,8 c
T - 3	*T. asperellum*	12,3 a	3.505,0 b	67,0 b	3,3 b
T - 4	*T. asperellum*	12,3 a	3.710,0 b	69,5 b	4,3 a
Teste F		17,3	52,9	1.49e+30	3.05e+30
CV(%)		1,5	2,0	0,0	0,0

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott - Knott a p≤ 0,05 de probabilidade. EST = estande; PDT = produtividade; MAS = massa seca parte aérea, PRG = Peso de Raiz.

Os resultados confirmam a eficácia agronômica do *T. asperellum* já observado em estudo anterior, que demonstrou aumento de produtividade e vigor radicular em feijão tratado com inoculantes a base de *Trichoderma.* O presente estudo é pioneiro ao estudar os efeitos do *T. asperellum*, relatando a resposta específica para a cultivar (BRS Estilo), e deixa evidente a importância de se determinar a dose correta para maximizar os benefícios agronômicos (Machado *et al.,* 2012).

As associações entre microrganismos e plantas são estudadas há muito tempo, mas sua aplicação na agricultura, substituindo parcial ou totalmente os fertilizantes químicos, ainda é moderada. Os feijões comuns são uma fonte barata de proteína para a crescente população mundial, no entanto, existem algumas preocupações sobre a capacidade da fixação biológica de nitrogênio em apoiar o crescimento e o rendimento das plantas (Gabre *et al.,* 2020).

O fungo *T. asperellum***,** é conhecido por suas propriedades bioestimulantes e de biocontrole, e tem se destacado na literatura científica por sua atuação multifuncional na rizosfera e no metabolismo vegetal (Asghar *et al.,* 2024).

Para as gramíneas e as leguminosas, os resultados demonstram a capacidade do isolado de *T. asperellum* UFT 201 em promover o crescimento inicial de plantas, como observado para as culturas da soja, feijão caupi, milho e arroz. Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos com diferentes culturas agrícolas inoculadas com diferentes isolados de *Trichoderma*, mesmo sendo com diferentes espécies de *Trichoderma* (Chagas *et al.,* 2017).

O aumento observado na produtividade (PDT) e massa seca parte aérea (MAS) na cultura de Feijão Preto possivelmente foi promovido pela sanidade das plantas e pela capacidade de absorção de água e nutrientes. Entre as funções que o *T. asperellum* desempenha, destaca-se o

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

fato de associar-se às raízes (ou fixar-se a rizosfera), proporcionando melhora na capacidade de sobrevivência e de absorção de nutrientes em situações adversas e, consequentemente, aumento produtiva em relação àquelas que não possuem *Trichoderma* em suas raízes (Chagas *et al.,* 2017).

A aplicação de *T. asperellum* na dose de 150 g.ha^{-1} no tratamento T - 2 foi a que proporcionou os melhores resultados agronômicos, tanto no estande de plantas quanto na produtividade de grãos**,** superando estatisticamente todos os demais tratamentos, inclusive a testemunha T - 1. O estande médio de 12,1 plantas por metro linear observado em T - 2, em comparação às 11,3 plantas da testemunha, pode ser interpretado como um indicativo da capacidade do fungo em promover a germinação e a emergência uniforme, possivelmente por meio da produção de enzimas e metabólitos secundários que reduzem a pressão de patógenos no solo.

Pode-se observar também o aumento de produtividade no tratamento T – 2 com a dose de 150g.ha^{-1}, apresentou uma maior produtividade (3.929,5 kg.ha^{-1}), sendo estatisticamente superior à testemunha (T - 1) que apresentou estande de 11,3 plantas m^{-1} e produtividade de 3.069,5 kg.ha^{-1} (Tabela 02).

Outro ponto a destacar se refere às doses superiores, de 200 g.ha^{-1} (T-4) e 300 g.ha^{-1} (T-3), apesar de apresentarem desempenho superior à testemunha, não superaram os resultados da dose de 150 g.ha^{-1}. Esse comportamento sugere uma curva de resposta, onde doses mais elevadas podem resultar em competição intraespecífica entre os propágulos do fungo ou na indução de respostas fisiológicas menos eficientes na planta. Esse fenômeno foi relatado por Harman *et al.,* (2004), que destacam a importância da dose ideal para se evitar a sobrecarga microbiana no ambiente rizosférico.

Machado *et al.*, (2012) relataram o aumento expressivo na produtividade e no vigor radicular em plantas de feijão tratadas com isolados de *Trichoderma spp.***,** reforçando a relevância da definição de doses ideais para cada ambiente produtivo.

Embora a simbiose entre plantas e microrganismos promotores de crescimento seja tema recorrente na literatura, sua aplicação prática como substituto parcial ou total de insumos químicos ainda encontra certa resistência. Contudo, considerando a importância do feijoeiro comum (*P. vulgaris L.*) como fonte acessível de proteína vegetal, os resultados aqui obtidos evidenciam que estratégias microbiológicas sustentáveis podem melhorar o desempenho da cultura, especialmente em solos de fertilidade limitada (Gabre *et al.,* 2020).

O aumento da massa seca da parte aérea e da produtividade em T-2 pode ser atribuído à maior absorção de água e nutrientes, favorecida pela colonização radicular promovida por *T. asperellum*. Este fungo benéfico é conhecido por sua capacidade de estimular a emissão de

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

raízes secundárias, produzir compostos bioativos e competir com patógenos na rizosfera, resultando em plantas mais saudáveis e eficientes fisiologicamente (Chagas *et al.,* 2017).

As informações aqui apresentados reforçam que a aplicação de *T. asperellum* na dose de 150 g.ha^{-1} representa uma alternativa eficaz e economicamente viável para o aumento da produtividade da cultura do feijoeiro, ao mesmo tempo em que contribui para práticas agrícolas mais sustentáveis e biologicamente integradas. No entanto, doses moderadas se mostraram mais eficazes do que concentrações elevadas, possivelmente por melhor equilíbrio entre colonização e competição microbiana no solo (Costa *et al.,* 2023).

A eficácia de *Trichoderma asperellum* depende fortemente de sua capacidade de colonizar a rizosfera e interagir com a microbiota nativa, estabelecendo competição por recursos com fitopatógenos e sinergias com microrganismos benéficos, como bactérias promotoras de crescimento (PGPR) e fungos micorrízicos (Asghar *et al.,* 2024; Costa; Baldin Filho, 2024).

Essa associação aumenta a biodisponibilidade de nutrientes e favorece o crescimento radicular e a sanidade das plantas, por meio de mecanismos como antibiose, micoparasitismo, competição por espaço e indução de resistência (Harman *et al.*, 2004).

A diversidade e o equilíbrio da microbiota do solo desempenham papel crítico na eficácia do T. asperellum, pois ambientes biologicamente ativos tendem a potencializar sua capacidade de supressão de doenças e promoção de crescimento, criando um sistema mais resiliente e sustentável (EMBRAPA, 2025).

A adoção de *T. asperellum* como bioinsumo apresenta vantagens econômicas relevantes, especialmente quando comparada ao uso exclusivo de insumos químicos. No presente estudo, a dose de 150 g ha^{-1} elevou o rendimento para aproximadamente cerca de 28% acima da testemunha, com melhorias no estande e na biometria, evidenciando potencial ganho operacional e retorno econômico direto por hectare. Além do incremento produtivo, bioinsumos à base de *Trichoderma* podem reduzir despesas com defensivos e otimizar o uso de fertilizantes, ao melhorar a eficiência de uso de nutrientes e a saúde do solo (Fuscaldi; Prado, 2024; Costa; Baldin Filho, 2024).

O mercado de feijão, sensível à estabilidade sanitária e à produtividade, pode se beneficiar do uso contínuo dessa tecnologia, que ainda conta com um cenário regulatório favorável no Brasil, marcado pelo aumento nas aprovações de produtos biológicos (ANVISA, 2023). Esses fatores reforçam a relação benefício/custo positiva para *T. asperellum* quando utilizado na faixa de dose recomendada.

Os resultados obtidos demonstram que a aplicação de *T. asperellum* na dose de 150 g ha^{-1} não apenas promoveu ganhos agronômicos expressivos, mas também se mostrou uma alternativa economicamente viável e alinhada a práticas agrícolas sustentáveis. (Asghar *et al.,* 2024; Fuscaldi; Prado, 2024). A superioridade desta dose frente a concentrações maiores

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

corrobora a importância de definir faixas ótimas de aplicação, evitando sobrecarga microbiana e maximizando a funcionalidade rizosférica (Harman *et al.,* 2004). A integração com a microbiota nativa do solo, aliada aos múltiplos mecanismos de ação e ao ambiente regulatório favorável aos biológicos no Brasil, indica que *T. asperellum* pode ser uma ferramenta estratégica para elevar a produtividade do feijoeiro e preservar a saúde do solo, com potencial de reduzir custos de manejo fitossanitário em médio prazo (Costa; Baldin Filho, 2024; ANVISA, 2023).

CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos evidenciam o potencial do *T. asperellum* como insumo biológico promotor de crescimento vegetal, especialmente quando aplicado de forma estratégica sobre a palhada residual. A aplicação de *T. asperellum* via barra em lavoura de feijão no estágio V1, proporcionou aumento de raiz e parte área das plantas o que resultou em aumento da produtividade das plantas de Feijão comparado com a Testemunha. A melhor resposta em produtividade foi obtida com a dose de 150 g.ha^{-1} de *T. asperellum*, aplicado via barra de pulverização.

O trabalho foi conduzido em uma única safra e localidade, o que pode limitar a generalização dos resultados. Além disso, não foram avaliadas interações com diferentes cultivares de feijão ou condições edafoclimáticas contrastantes.

Cabe avaliar a resposta de diferentes cultivares de feijão ao *T. asperellum* em diversas regiões produtoras, em áreas comerciais para validar o resultado obtido.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a equipe da EPA Castro, aos técnicos Paulo Emerson Carvalho e Erich dos Reis Duarte e a empresa Andermatt do Brasil pela disponibilização do produto T-Protec.

REFERÊNCIAS

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Anvisa divulga número de produtos de base biológica aprovados em 2022 para uso na agricultura**. Brasília: Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/anvisa-divulga-numero-de-produtos-de-basebiologicaaprovados-em-2022-para-uso-na-agricultura. Acesso em: 08 Jun. 2025.

ASGHAR, Waleed; CRAVEN, Kelly D.; KATAOKA, Ryota et al. A aplicação de *Trichoderma* spp., um fungo antigo, mas novo, útil, na intensificação sustentável da saúde do solo: uma estratégia abrangente para enfrentar os desafios. **Plant Stress**, 2024. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/journal/plant-stress. Acesso em: 21 jun. 2025.

CHAGAS, Lillian França Borges; CHAGAS JUNIOR, Aloisio Freitas; SOARES, Layssah Passos et al. *Trichoderma* na promoção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**,

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

p. 97–102, 2017. Disponível em: https://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=*Trichoderma*+na+promo%C3%A7%C3%A3o+do+crescimento+vegetal&btnG=. Acesso em: 18 jun. 2025.

COÊLHO, Jackson Dantas; XIMENES, Luciano Feijão. FEIJÃO: Produção e Mercado: v. 5 n. 143 (2020). **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 5, 2024, p. 1–9, 2024. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2905. Acesso em: 30 May 2025.

COSTA, Moacir Antônio Dalla; BALDIN FILHO, Gabriel Scatolini. *Trichoderma*: gênero com várias espécies de fungos de interesse agronômico e benéficos para as plantas para uma agricultura eco-sustentável. [S. l.]: IBA - Instituto Brasileiro de Agricultura Sustentável, 2024. Disponível em: https://iba.agr.br/*Trichoderma*-genero-multifuncional-e-benefico-para-as-plantasparaumagricultura-eco-sustentavel/. Acesso em: 08 jun 2025.

EMBRAPA. **Sequenciamento do microbioma do solo pode prever doenças, aumentar a produtividade e promover a sustentabilidade agrícola**. Brasília, DF: Embrapa, 9 maio 2025. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/100395254/sequenciamento-do-microbioma-do-solo-pode-prever-doencas-aumentar-a-produtividade-e-promover-a-sustentabilidade-agricola. Acesso em: 26 jun. 2025.

FERREIRA, Adriane W. **Doenças do Feijoeiro**. [S. l.]: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. Disponível em: Doenças - Portal Embrapa. Acesso em: 02 jun 2025.

FERREIRA, Adriane Wendland; LOBO JUNIOR, Murillo. Antracnose do feijoeiro comum. *In:* ZAMBOLIM, L. (org.). **Manejo integrado de doenças agressivas visando a produtividade de grãos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2023. cap. 12, p. 357–367

FONTES, Eliana Maria Gouveia; VALADARES-INGLIS, Maria Cleria. **Controle Biológico de Pragas da Agricultura**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/publicacoes/livro-controlebiologico-de-pragas-da-agricultura-embrapa-2020/@@download/file. Acesso em: 31 maio 2025.

FUSCALDI, Kelliane da C.; PRADO, Gustavo Rodrigues. Análise econômica da cultura do feijão. **Revista de Política Agrícola**, p. 17–30, 2015. Disponível em: https://seer.sede.embrapa.br . Acesso em: 30 maio 2025.

GABRE, Venicios Vieira; VENANCIO, Wilson Story; MORAES, Breno Augusto et al. Multiple Effect of Different Plant Growth Promoting Microorganisms on Beans (Phaseolus vulgaris L.) Crop Fernanda de Goes Furmam 1. **Brazilian Archives of Biology and Technology,** v. 63 (spe), 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/babt. Acesso em: 20 jun. 2025.

HARMAN, Gary; HOWELL, Charles R; VITERBO, Ada et al. Espécies de *Trichoderma* - Simbiontes de plantas oportunistas e avirulentas. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43–56. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/8666568_*Trichoderma*_species_Opportunistic_avirulent_plant_symbionts. Acesso em: 22 jun. 2025.

MACHADO, Daniele Franco Martins; PARZIANELLO, Francini Requia; DA SILVA, Antonio Carlos Ferreira et al. *Trichoderma no* Brasil: O Fungo e o Bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, p. 274–288, 2012. Disponível em: https://scielo.pt/pdf/rca/v35n1/v35n1a26.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

MEDEIROS, Flávio Henrique Vasconcelos de; PEREIRA, Júlio Carlos; CRUZ-MAGALHÃES, Valter et al. Trichoderma: Interações e estratégias. Brasília: Embrapa, 2017. p. 219-234. *E-book*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/338083467_Trichoderma_Interacoes_e_estrategias. Acesso em: 9 Aug. 2025.

MUKHERJEE, Prasun K.; HORWITZ, Benjamin A.; HERRERA-ESTRELLA, Alfredo; et al. Trichoderma Research in the Genome Era. **Annual Review of Phytopathology**, v. 51, n. 1, p. 105–129, 2013.

VARGAS, Camila; GÊNICA, Equipe de Comunicação. Trichoderma asperellum: como integrar e potencializar a produção. **Agroinovadores**, 27 set. 2024. Disponível em: https://agro.genica.com.br/2024/09/27/Trichoderma-asperellum/. Acesso em: 02 jun. 2025.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.