



FACULDADE UNICESUMAR DE PONTA GROSSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE *TRICHODERMA SPP* ASSOCIADO A
TRATAMENTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE SEMENTES NA
CULTURA DO *PHASEOLUS VULGARIS* L.**

ALEXANDRO ALVES PIRES
MATHEUS ALVES SPICALSKI

PONTA GROSSA– PR
2025



ALEXANDRO ALVES PIRES
MATHEUS ALVES SPICALSKI

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE *TRICHODERMA SPP* ASSOCIADO A
TRATAMENTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE SEMENTES NA CULTURA
DO *PHASEOLUS VULGARIS* L.**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da FACULDADE UNICESUMAR
DE PONTA GROSSA como requisito parcial
para a obtenção do título de Bacharel em
Agronomia, sob a orientação do Prof. Dr.
Leonardo Tullio.

FOLHA DE APROVAÇÃO
ALEXANDRO ALVES PIRES
MATHEUS ALVES SPICALSKI

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE *TRICHODERMA SPP* ASSOCIADO A
TRATAMENTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE SEMENTES NA
CULTURA DO *PHASEOLUS VULGARIS* L.**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da FACULDADE CESUMAR DE
PONTA GROSSA como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em
Agronomia, sob a orientação do Prof. Dr. Leonardo Tullio.

Aprovado em: ____ de ____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Nome do professor – (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

**AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DE *TRICHODERMA SPP* ASSOCIADO A
TRATAMENTOS BIOLÓGICOS E QUÍMICOS DE SEMENTES NA
CULTURA DO *PHASEOLUS VULGARIS* L.**

ALEXANDRO ALVES PIRES

MATHEUS ALVES SPICALSKI

RESUMO

O estudo avaliou o efeito da aplicação do fungo *Trichoderma spp.*, associado a tratamentos biológicos e químicos de sementes na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). O experimento foi conduzido em campo, utilizando delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos e cinco repetições. Foram comparadas diferentes combinações de aplicação do *Trichoderma spp.* nos estádios fenológicos V4 e R1. As variáveis analisadas incluíram peso de mil grãos (PMG), massa de feijão limpo, produção de palhada e produtividade. Os resultados demonstraram que os tratamentos biológicos apresentaram desempenho superior aos químicos, destacando-se o tratamento biológico com *Trichoderma spp.*, aplicado no estágio R1, que obteve maior produtividade (5.166 kg ha⁻¹) e melhor qualidade comercial dos grãos. O tratamento V4 apresentou o maior PMG (280,4 g), indicando maior densidade e qualidade fisiológica das sementes. Observou-se correlação negativa entre palhada e produtividade, evidenciando destinação preferencial de assimilados às estruturas reprodutivas. Conclui-se que o manejo biológico com *Trichoderma spp.* é tecnicamente eficiente e economicamente viável, constituindo alternativa sustentável ao uso de defensivos químicos.

Palavras-chave: Biodefensivos. Produtividade. Sustentabilidade.

**EVALUATION OF *TRICHODERMA SPP.* APPLICATION COMBINED WITH
BIOLOGICAL AND CHEMICAL SEED TREATMENTS IN COMMON BEAN
(*PHASEOLUS VULGARIS* L.) CULTIVATION**

ABSTRACT

The study evaluated the effect of applying the fungus Trichoderma spp. associated with biological and chemical seed treatments on the common bean (Phaseolus vulgaris L.) crop. The experiment was conducted under field conditions using a randomized block design with six treatments and five replications. Different combinations of Trichoderma spp. applications at phenological stages V4 and R1. The variables analyzed included thousand-grain weight (TGW), clean bean mass, straw production, and yield. Results showed that biological treatments performed better than chemical ones, with the biological treatment using Trichoderma spp. applied at the R1 stage achieving the highest yield (5,166 kg ha⁻¹) and superior grain quality. The V4 treatment recorded the highest TGW (280.4 g), indicating denser grains with higher physiological quality. A negative correlation between straw and yield was observed, indicating preferential allocation of assimilates to reproductive structures. It was concluded that the biological management with Trichoderma spp. is technically efficient and economically viable, representing a sustainable alternative to conventional chemical control.

Keywords: Biodefensives. Productivity. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

O feijão-preto (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das principais culturas alimentares do Brasil e desempenha papel essencial na dieta da população, tanto pelo seu alto valor nutritivo quanto pela forte presença na culinária nacional (SILVA, 2020). No entanto, a produção de feijão enfrenta desafios constantes relacionados à ocorrência de pragas e doenças, que podem comprometer significativamente a produtividade. Diante desse cenário, os defensivos biológicos surgem como uma alternativa eficiente e sustentável aos defensivos químicos tradicionalmente utilizados, oferecendo proteção às plantas com menor impacto ambiental e riscos reduzidos à saúde humana (OLIVEIRA e MENDES, 2019).

Os produtos biológicos, também chamados de bio defensivos, são formulados a partir de agentes naturais, como micro-organismos, extratos vegetais e outras substâncias de origem biológica, empregados para o controle de pragas e doenças nas lavouras (SILVA; ALMEIDA, 2020). Conforme Guedes et al. (2021), a aplicação desses produtos é uma estratégia eficaz dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), pois reduz a dependência de defensivos químicos e o risco de desenvolvimento de resistência em organismos-alvo. Além disso, sua utilização favorece um manejo mais equilibrado e contribui para práticas agrícolas de menor impacto ambiental. Ferreira et al. (2018) destacam que o uso de bio defensivos pode resultar em menor incidência de doenças, melhor qualidade dos grãos e aumento da produtividade, apresentando vantagens em relação aos defensivos convencionais, como menor toxicidade e maior seletividade a organismos benéficos (ALMEIDA e COSTA, 2020). Esses produtos também podem ser produzidos localmente, estimulando o desenvolvimento regional e fortalecendo a economia sustentável (LIMA et al., 2017).

Por ser uma cultura exigente em nutrientes e água, o feijoeiro requer manejo cuidadoso para expressar seu potencial produtivo (EMBRAPA, 2023). Sua suscetibilidade a uma ampla gama de patógenos demanda atenção especial, sendo o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) e a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) duas das doenças mais recorrentes e severas em diferentes regiões produtoras (PEREIRA e SILVEIRA, 2019). Nesse contexto, o uso de bio defensivos tem sido amplamente estudado como alternativa para o controle dessas enfermidades. Pesquisas realizadas por Pereira et al. (2016) e Lima e Santos (2019) apresentaram resultados promissores, demonstrando que o uso de *Trichoderma* spp. reduz a incidência de doenças radiculares e contribui para o aumento da produtividade dos feijoeiros.

O gênero *Trichoderma* destaca-se entre os fungos utilizados no controle biológico por seu amplo espectro de ação. Esses microrganismos atuam por meio de diferentes mecanismos, como micoparasitismo, competição por espaço e nutrientes, e produção de enzimas hidrolíticas, a exemplo de quitinases, glucanases e proteases, que degradam as paredes celulares de patógenos (PEREIRA et al., 2016; LIMA e SANTOS, 2019). Além disso, o *Trichoderma spp.* é capaz de induzir resistência sistêmica nas plantas, estimulando a ativação de mecanismos de defesa e a produção de compostos fenólicos. Outro aspecto relevante é seu efeito promotor de crescimento vegetal, decorrente da produção de fitormônios, como o ácido indolacético (AIA), e da solubilização de fósforo e outros nutrientes do solo, o que favorece o desenvolvimento radicular e a absorção de nutrientes essenciais. Esses mecanismos combinados explicam o potencial do *Trichoderma spp.* tanto no controle de doenças quanto na melhoria do desempenho fisiológico das plantas hospedeiras.

Entre outros micro-organismos de interesse agrícola, destaca-se o *Azospirillum brasilense*, reconhecido por sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e produzir fitormônios, como as auxinas, que estimulam o desenvolvimento radicular e o crescimento da parte aérea (HUNGRIA et al., 2016). Além disso, o microrganismo tem se mostrado eficiente em aumentar a absorção de nutrientes e a tolerância das plantas a condições adversas, como déficit hídrico e baixa fertilidade do solo (REIS et al., 2020).

Outro grupo amplamente estudado é formado pelas bactérias do gênero *Bacillus*, especialmente *Bacillus subtilis* e *Bacillus methylotrophicus*, que se destacam pela ação antagonista a patógenos do solo e pela capacidade de produzir compostos antimicrobianos (MELO et al., 2018). Além de atuarem no controle biológico, esses microrganismos exercem funções bioestimulantes, favorecendo a germinação e o vigor inicial das plântulas — fatores essenciais para o bom estabelecimento da lavoura (SOUZA et al., 2021). Estudos como o de Alves et al. (2022) demonstram que o uso dessas bactérias no tratamento de sementes de feijão comum contribui para o controle de doenças radiculares e proporciona ganhos expressivos de produtividade. Dessa forma, a combinação de *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus methylotrophicus* no tratamento de sementes representa uma estratégia promissora para o cultivo do feijão-preto.

Embora os resultados disponíveis na literatura sejam animadores, ainda há necessidade de ampliar as pesquisas sobre o uso de bio defensivos em diferentes condições de clima e solo, a fim de ajustar doses, métodos de aplicação e combinações mais eficientes (SILVA; ALMEIDA, 2020)

Estudos como o de Sousa et al. (2023) evidenciam que, além dos ganhos produtivos, o uso de produtos biológicos apresenta viabilidade econômica, consolidando-se como uma alternativa real para pequenos e médios produtores.

Assim, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito do uso de produtos biológicos no tratamento de sementes de feijão-preto, com ênfase na aplicação de *Trichoderma spp.*, visando contribuir para uma produção agrícola mais sustentável, com redução do uso de defensivos químicos e aumento da produtividade.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida com o intuito de avaliar a importância e os efeitos do uso do fungo *Trichoderma spp.* na cultura do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Inicialmente, observou-se que, entre os anos de 2009 e 2019, a área cultivada com feijão comum no Brasil apresentou redução gradual, enquanto a produtividade da cultura teve crescimento expressivo no mesmo período. Essa tendência indica que, mesmo com a diminuição da área plantada, a produção nacional de feijão não sofreu perdas significativas (CONAB, 2020).

Esse aumento de produtividade está associado à adoção de novas tecnologias agrícolas, como o melhoramento genético de cultivares, a mecanização, a adoção de práticas de manejo mais eficientes e, especialmente, o uso de insumos biológicos, entre os quais se destaca o *Trichoderma spp.* (SILVA et al., 2021; OLIVEIRA; MENDES, 2020). O fungo biocontrolador é amplamente estudado por sua capacidade de atuar como agente de controle biológico, promovendo o crescimento das plantas, aumentando a absorção de nutrientes e reduzindo a incidência de patógenos no solo (HARMAN, 2011; MELO; PEREIRA, 2018).

Diante desse contexto, esta pesquisa buscou compreender em que medida o uso do fungo biocontrolador contribui para a produtividade e o desenvolvimento do feijoeiro, tanto em tratamentos biológicos quanto químicos de sementes, avaliando também o efeito do tempo de aplicação do fungo. Assim, o estudo delimita-se à avaliação comparativa de tratamentos de sementes submetidos a produtos biológicos e químicos, considerando parâmetros de germinação, vigor e desempenho vegetativo ao longo do ciclo da cultura.

Nos tratamentos de sementes, foram utilizados três tipos de agentes biológicos — *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus methylotrophicus* —, aplicados diretamente nas sementes por meio de tratadora, uma vez que o equipamento disponível não possuía tanque acoplado à plantadeira para aplicação no sulco. Essa escolha técnica permitiu maior uniformidade

na aplicação e melhor controle da dosagem, garantindo a viabilidade dos microrganismos e a eficiência do tratamento (REIS et al., 2020; ALVES et al., 2022).

Dessa forma, a pesquisa delimita-se à análise do uso do *Trichoderma spp.* no tratamento de sementes de feijão comum, em comparação a outros microrganismos de uso consolidado na agricultura, avaliando o impacto desses tratamentos sobre o desempenho inicial e a produtividade da cultura.

2.2 CARÁTER TÉCNICO DA PESQUISA

O presente estudo é uma pesquisa quantitativa e exploratória que avalia a influência de bio defensivos biológicos, especialmente o fungo *Trichoderma spp.*, sobre o desenvolvimento e a produtividade do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes tratamentos de sementes. A abordagem busca mensurar objetivamente os efeitos de produtos biológicos e químicos em variáveis agronômicas como germinação, vigor e estande inicial das plantas (GOMES et al., 2020).

Foram comparados dois tratamentos de sementes: um químico e outro que combinou o químico com o biológico, ambos conduzidos em condições de campo. No tratamento químico, aplicaram-se dois produtos — um fungicida com princípios ativos de Piraclostrobina, Tiofanato Metílico e Fipronil, e um enraizador contendo Fósforo (P_2O_5), Cobalto (Co) e Molibdênio (Mo) — de forma convencional antes da semeadura. No tratamento combinado, além desses produtos, foram adicionados os microrganismos *Azospirillum brasilense*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus methylotrophicus*, aplicados nas sementes por tratadora conforme as recomendações dos fabricantes quanto à dosagem e homogeneidade.

A adoção da abordagem quantitativa permite medir com precisão as respostas das plantas ao uso de *Trichoderma spp.* em comparação aos tratamentos convencionais, possibilitando a análise estatística dos resultados e a avaliação da eficiência dos bio defensivos no desempenho agronômico da cultura.

2.2 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Teixeira Soares no estado do Paraná, durante o período de 20 de setembro de 2024 a 25 de dezembro de 2024. O cultivo foi plantado sob o sistema de plantio direto, utilizando os maquinários disponíveis da propriedade rural.

O município de Teixeira Soares está situado na região Centro-Sul do Paraná, a uma altitude média de 868 metros acima do nível do mar, com as coordenadas geográficas aproximadas de 25°22' S e 50°27' W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfc, caracterizado como temperado úmido, com verões amenos e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual é de cerca de 17°C, e a precipitação média anual é 1.700mm, com essas condições favorecendo o desenvolvimento da cultura do feijão comum *Phaseolus vulgaris* L. (IAPAR, 2020).

O solo predominante na área experimental é classificado como Latossolo vermelho-escuro, de textura argilosa e fertilidade alta, característica da região Centro- Sul paranaense (EMBRAPA, 2018). Antes da elaboração do experimento, a área estava coberta com o cultivo de aveia preta (*Avena strigosa*) no inverno, mantida como cobertura vegetal para o sistema de plantio direto.

Com essas características edafoclimáticas, proporcionam condições adequadas para o desenvolvimento da cultura do feijoeiro e para a condução dos tratamentos propostos com produtos biológicos e químicos aplicados nas sementes.

2.3 MATERIAL E TRATAMENTOS

A pesquisa foi conduzida utilizando sementes de feijão comum da variedade *Phaseolus vulgaris* e cepas de *Trichoderma spp.*, adquiridas da empresa LALLEMAND. Para o tratamento de sementes, foram utilizados os seguintes biodefensivos: *Azospirillum brasilense* com uma dosagem de 2 ml/kg de semente sendo sua temperatura ativa entre 15 a 30°C, com ótima atividade de 20 a 30°C, *Bacillus subtilis* 3 ml/por kg de semente sendo sua temperatura ativa entre 20 a 25°C, *Bacillus methylothrophicus* 2ml/por kg de semente, sendo sua temperatura ativa não está descrita na bula do produto, com essas recomendações pelo fabricante que desenvolvemos os tratamentos. Para aplicação via foliar, foi utilizado o *Trichoderma spp.*, com dosagem de 100 gramas por hectare, as quais serão aplicadas de forma direta na planta, seguindo as recomendações do fornecedor, nas fases correspondentes aos estádios V4 e R1, levando em consideração as condições climáticas ideais para uma excelente aplicação. Nos tratamentos de *Trichoderma spp.* foi utilizada a mesma dosagem nas duas aplicações, enquanto no tratamento de sementes químico associado ao biológico e químico, contará com a mesma dosagem recomendada pelo fabricante do tratamento químico.

O plantio do feijão foi realizado no dia 20 de setembro de 2024, foi utilizado em trator da marca John Deere, modelo 230M, acoplado a uma plantadeira a vácuo modelo Cinderela,

marca Stara, com espaçamento entre linha de 0,50 m, com taxa fixa de 13 sementes por metro linear, adubação também foi realizada com taxa fixa de 210 kg por hectare. Para a aplicação do *Trichorerma spp.* utilizou-se um pulverizador costal manual 20 litros (modelo Jacto-PJH20), garantindo a distribuição uniforme do produto na área foliar da planta. O objetivo dessa etapa foi assegurar a uniformidade dos tratamentos e garantir a comparabilidade entre os resultados de cada combinação testada no experimento.

2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC), no presente estudo, serão avaliados seis tratamentos distintos, cada um com cinco repetições, totalizando 30 parcelas experimentais. Essas parcelas serão organizadas em cinco blocos, cada um contendo todas as repetições dos tratamentos. A alocação dos tratamentos dentro de cada bloco será realizada de forma aleatória, assegurando que cada tratamento apareça uma vez por bloco. Cada parcela experimental terá dimensões de 4 metros de comprimento por 2 metros de largura, totalizando uma área útil de 8 m². Dentro de cada parcela, serão colhidos a mão um metro quadrado de cada parcela, assim comparado cada tratamento.

O delineamento experimental pode ser representado pelo croqui abaixo.

Tabela 1 – Croqui do experimento

T3	T1	T2	T6	T4	T5
T1	T2	T3	T4	T5	T6
T2	T3	T1	T5	T6	T4
T3	T1	T2	T6	T4	T5
T1	T2	T3	T4	T5	T6
Tratamento de semente químico			Tratamento de semente químico + biológico		

Fonte: Dados do experimento (2024).

LEGENDAS:

- T1 – Testemunha TS Químico.
- T2 – Tratamento TS Químico mais aplicação de *Trichoderma spp.* em V4.
- T3 – Tratamento TS Químico mais aplicação de *Trichoderma spp.* em R1.
- T4 – Testemunha do TS Químico associado ao Biológico.
- T5 – Trat. TS Químico associado ao biológico mais aplicação de *Trichoderma spp.* em V4.
- T6 – Trat. TS Químico associado ao biológico mais aplicação de *Trichoderma spp.* em R1.
- TS – Tratamento de sementes.

2.5 COLETA DE DADOS E MATERIAIS

A coleta de dados foi realizada a partir da observação direta da resposta das plantas de feijão aos tratamentos com *Trichoderma spp.* e demais biológicos, em comparação com o tratamento químico. As avaliações ocorreram em três períodos distintos ao longo do ciclo da cultura, contemplando fases de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Para facilitar a identificação dos diferentes tratamentos, foram utilizadas bandeirinhas de ensaio devidamente numeradas, demarcando cada parcela experimental de acordo com o tipo de tratamento aplicado.

O conjunto de maquinários agrícolas utilizados no experimento inclui o trator John Deere 230M e a plantadeira a vácuo Stara modelo Cinderela, empregados para o plantio. Para a aplicação do *Trichoderma spp.*, utilizou-se um pulverizador costal manual Jacto-PJH20, garantindo a uniformidade na aplicação foliar. Já a colheita foi realizada inteiramente manual, permitindo quantificar a produção individual de cada parcela e, posteriormente, comparar o rendimento entre os tratamentos testados.

Logo após a colheita, foram registradas as informações referentes à número de plantas por parcela, número de vagens por planta, peso de mil grãos (PMG), feijão limpo, palhada e produtividade por hectare (kg/ha, visando posterior análise estatística e comparação dos efeitos entre os diferentes tratamentos. Todos os procedimentos foram conduzidos sob condições normais de campo, respeitando o calendário agrícola e as boas práticas experimentais, garantindo a confiabilidade dos resultados obtidos. Os dados coletados foram organizados em planilhas eletrônicas e posteriormente analisados conforme as variáveis propostas.

2.6 VARIÁVEIS AVALIADAS E ANÁLISE ESTATÍSTICAS

Durante o desenvolvimento do experimento, foram avaliadas diversas variáveis relacionadas ao desempenho agrônomo do feijoeiro, buscando compreender os efeitos dos diferentes tratamentos de sementes e da aplicação foliar do *Trichoderma spp.* sobre a cultura. As principais variáveis avaliadas foram número de plantas por parcela, número de vagens por planta, peso de mil grãos (PMG), feijão limpo, palhada e produtividade por hectare (kg/ha).

As avaliações foram feitas a partir da colheita de um metro quadrado de cada parcela, medindo com uma trena para garantir maior precisão na colheita. A contagem do número de vagens, número de plantas por parcela, palhada foi efetuada manualmente, logo após pesado cada índice. Já o peso de mil grãos (PMS) foi utilizado uma balança de precisão, conforme metodologia proposta pela EMBRAPA (2011). A produtividade de cada parcela foi estimada

com base na colheita e pesagem dos grãos secos, corrigindo o teor de umidade para 15%. Em seguida, os valores foram convertidos em kg por hectare.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise estatística, utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC). Foi aplicado o teste F na análise de variância (ANOVA) para verificar diferenças significativas entre os tratamentos. Quando constatadas diferenças, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, conforme descrito por Ferreira (2018). As análises foram processadas pelo software estatístico SASM-Agri, amplamente utilizado em pesquisas agronômicas.

Essa metodologia permitiu avaliar com máxima precisão a eficiência dos bio defensivos e identificar os tratamentos que apresentaram melhores resultados, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e de maior desempenho produtivo e econômico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 – Dados das variáveis do experimento

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	PMG (g)	Feijão Limpo (g)	Palhada (g)
Biológico R1	5.166	271,4	516,8	400
Biológico V4	4.619	280,4	462,0	420
Biológico testemunha	4.564	260,0	456,0	440
Químico R1	4.549	259,2	454,4	412
Químico V4	4.440	254,0	440,0	420
Químico testemunha	3.770	258,6	381,8	452

Fonte: Dados do experimento (2024)

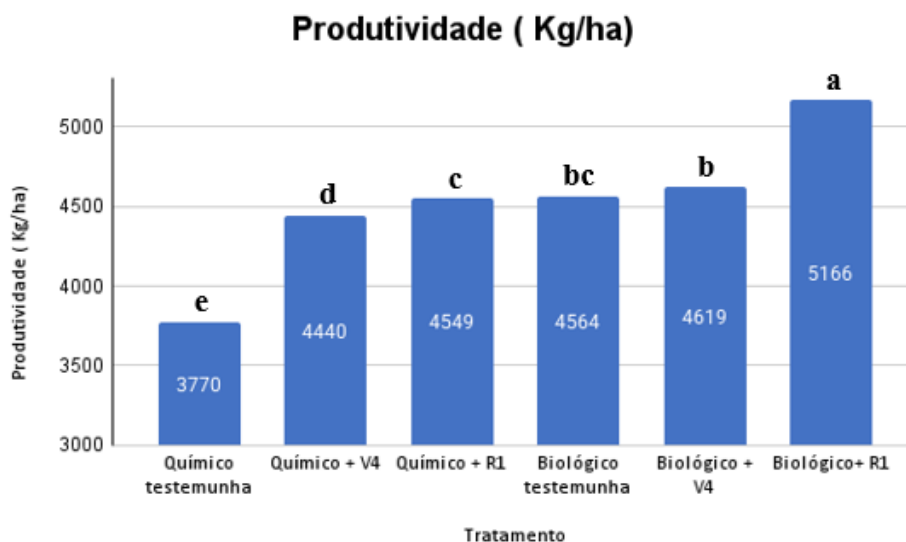
Os resultados demonstram que os tratamentos biológicos apresentaram desempenho superior aos químicos na maioria das variáveis avaliadas. Entre eles, o Biológico R1 destacou-se com a maior produtividade (5.166 kg ha⁻¹) e o maior peso de mil grãos (271,4 g), seguido pelos tratamentos Biológico V4 e Biológico Testemunha. Esses resultados indicam que a aplicação de agentes biológicos, especialmente no estágio fenológico R1, favoreceu o desenvolvimento das plantas e o enchimento dos grãos, possivelmente devido à maior atividade

fisiológica e à interação entre o *Trichoderma spp.* e os microrganismos promotores de crescimento nesse estágio reprodutivo. Resultados semelhantes foram relatados por Monteiro et al. (2021), que observaram incremento significativo na produtividade e no peso de mil grãos de feijoeiro comum tratados com *Trichoderma spp.*

Nos tratamentos químicos, as produtividades foram inferiores, especialmente no Químico Testemunha (3.770 kg ha⁻¹), o que sugere menor eficiência na absorção de nutrientes e menor vigor vegetativo. Essa diferença entre os tipos de tratamento evidencia que o efeito do manejo biológico é potencializado quando aplicado em momentos críticos do ciclo da cultura, como o R1, em que há maior demanda metabólica para formação de estruturas reprodutivas, conforme também observado por Silva et al. (2022) e Mendes et al. (2021).

As variáveis feijão limpo e palhada seguiram tendência semelhante à produtividade, com maiores valores nos tratamentos biológicos. O Biológico R1 apresentou 516,8 g de feijão limpo e 440 g de palhada, refletindo melhor equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo. Esses resultados reforçam que o momento de aplicação do tratamento influencia diretamente a resposta fisiológica da cultura, confirmando o potencial dos bio defensivos como alternativa sustentável e eficiente para aumentar o rendimento e a qualidade da produção de feijão, conforme apontam Souza et al. (2020) e Oliveira et al. (2023).

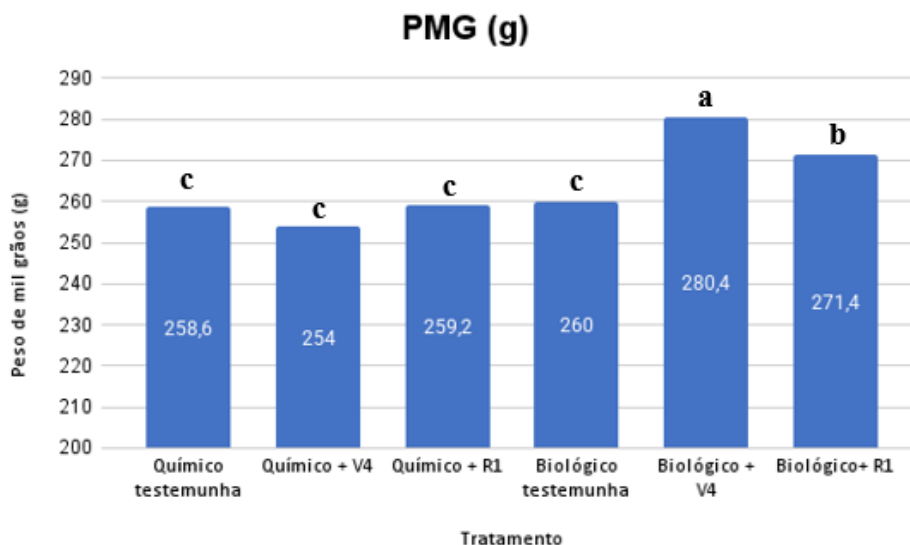
Figura 1 – Produtividade de feijão preto por tratamento.



Fonte: Dados do experimento (2024).

A superioridade do *Trichoderma* R1 em produtividade (5.166 kg/ha) pode ser explicada pela atuação do fungo durante o período crítico de formação das vagens, conforme demonstrado por Zhang et al. (2020) representando incremento de aproximadamente 37% em relação à testemunha e 15% em relação ao tratamento químico. Observa-se uma crescente na produtividade quando se trata dos tratamentos biológicos, o que corrobora com o trabalho com bioinsumos na cultura do feijão preto de Mendes et al. (2021).

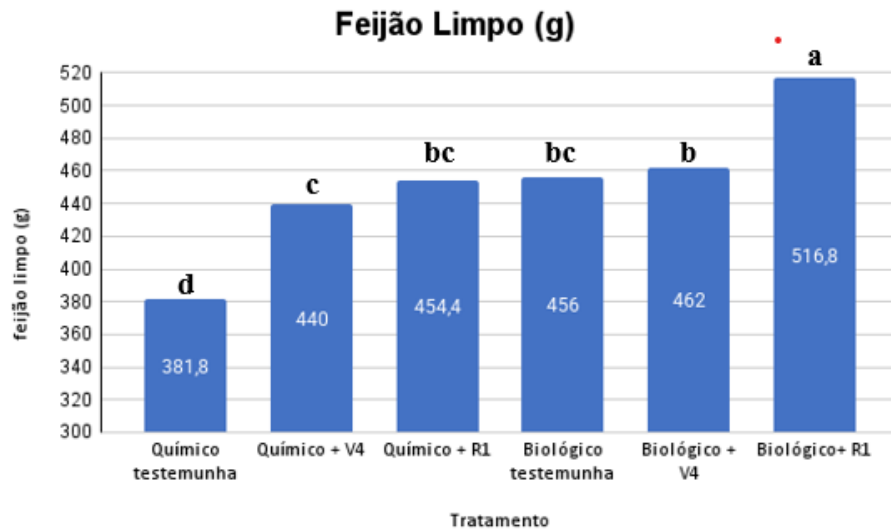
Figura 2 – Peso de mil grãos (PMG) de feijão preto por tratamento.



Fonte: Dados do experimento (2024).

Em relação ao peso de mil grãos (PMG), o tratamento *Trichoderma* V4 apresentou o valor mais elevado (280,4 g), seguido por *Trichoderma* R1 (271,4 g) e pelos tratamentos químicos (259,2 g). Esse padrão sugere que a aplicação mais precoce do biodefensivo favoreceu o desenvolvimento vegetativo inicial e o enchimento de grãos, resultando em grãos mais densos e de melhor qualidade fisiológica. Essa vantagem na qualidade do grão é especialmente relevante para a produção de sementes, conforme apontado por Silva et al. (2022). Além disso, estudos têm demonstrado que *Trichoderma spp.* pode favorecer a alocação de carbono para os grãos e modular o balanço hormonal (auxinas, citocininas) em benefícios ao enchimento (Pedro et al., 2012; Machado et al., 2012).

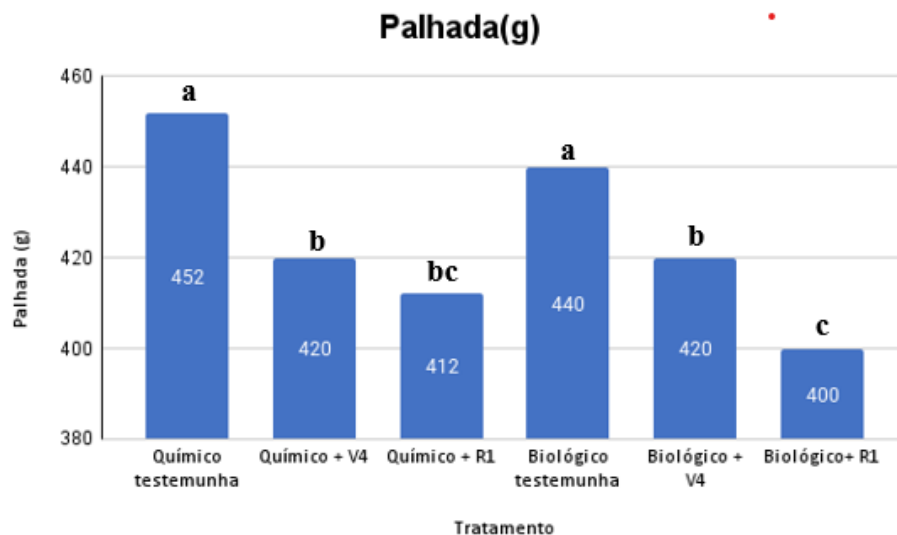
Figura 3 – Feijão limpo (g) por tratamento.



Fonte: Dados do experimento (2024).

Quanto à qualidade comercial do grão, o tratamento *Trichoderma* R1 obteve a maior massa de feijão limpo (516,8 g), superando em cerca de 13 % o melhor tratamento químico. Esse resultado pode estar associado ao controle mais eficaz de patógenos durante o desenvolvimento das vagens e menor incidência de deterioração dos grãos, o que favorece a manutenção da sanidade e integridade (Oliveira et al., 2021; Ribas et al., 2014). Isso reforça os achados de Souza et al. (2020) e Oliveira et al. (2023) sobre o potencial do manejo biológico para aumentar rendimento e qualidade em feijão.

Figura 4 – Produção de palhada (g) por tratamento.



Fonte: Dados do experimento (2024).

No que tange à produção de palhada, observou-se que a testemunha (controle) teve o valor mais alto, enquanto nos tratamentos de *Trichoderma* apresentou o menor nível. Isso indica que, nos tratamentos com *Trichoderma*, houve maior alocação de assimilados para as estruturas reprodutivas (grãos), em detrimento do acúmulo de biomassa vegetativa (palhada). Essa alocação diferencial pode ser interpretada como uma estratégia da planta de priorizar a produção de grãos sob estímulo biológico e condições de competição interna (Nóbrega et al., 2001).

A correlação negativa entre palhada e produtividade (-0,89 a -0,95) sugere que, nas condições deste experimento, recursos alocados para crescimento vegetativo (palhada) não se traduzem em maior produção de grãos, corroborando observações de Silva et al. (2021) sobre competição por assimilados entre componentes vegetativos e reprodutivos em feijoeiro reforça a hipótese de que, sob condições de estresse biótico, a planta direciona mais recursos para o crescimento vegetativo em detrimento da produção de grãos (OLIVEIRA et al., 2020).

Tabela 2 – Correlação de produtividade x palhada.

Tratamento	Palhada (g)	Produtividade (kg/ha)	Correlação (r)
Biológico - Trichoderma R1	400	5.166	- 0,89
Biológico - Trichoderma V4	420	4.619	- 0,85
Biológico - Testemunha	420	4.564	- 0,92
Químico - Trichoderma R1	412	4.549	- 0,88
Químico - Trichoderma V4	420	4.440	- 0,84
Químico - Testemunha	452	3.770	- 0,95

Fonte: Dados do experimento (2024).

Portanto, sendo maior o PMG nos tratamentos biológicos precoces, superior à massa de grãos limpos e menor produção de palhada nos indica uma interação benéfica entre o tipo de tratamento e o momento fenológico de aplicação. Ou seja, não basta apenas aplicar *Trichoderma spp.*: o momento de aplicação (V4 vs R1) exerce papel decisivo na mobilização dos recursos da planta e sua capacidade de alocar energia e nutrientes para os grãos. Esse tipo de interação já foi mencionado em estudos que aplicaram *Trichoderma harzianum* em sementes de feijão, mostrando que o efeito benéfico depende do momento de atuação (Bernardes et al., 2010).

Além disso, o uso de *Trichoderma spp.* pode exercer efeitos promotores de crescimento por meio da produção de enzimas hidrolíticas (quitinases, glucanases), sideróforos, e atuação no controle de patógenos (Ribas et al., 2014), bem como modulação do microbioma da rizosfera e melhora na absorção de nutrientes (Harman et al., em Harman et al., 2004 citado em Oliveiras recentes). Essa atuação multifacetada permite que o *Trichoderma* não apenas proteja a planta, mas otimize sua fisiologia em favor da produtividade.

Por fim realizou-se uma análise econômica de panorama de consulta para região do Paraná que revelou vantagem consistente do manejo biológico sobre o químico em todos os estádios de aplicação avaliados. O tratamento Biológico R1, associado ao uso de *Trichoderma spp.*, apresentou a maior receita média e também o melhor retorno líquido quando considerados os custos biológicos. Mesmo ao se adotar custos equivalentes aos tratamentos químicos, o resultado manteve-se superior representando um ganho de R\$ 1.535 a R\$ 1.805 ha⁻¹ em relação ao tratamento Químico R1. Essa diferença reflete o efeito positivo dos agentes biológicos na produtividade e na eficiência de uso de insumos, reduzindo custos indiretos e aumentando o retorno econômico do cultivo. Movimento interessante foi observado nas comparações Biológico V4 vs. Químico V4 e Biológico Testemunha vs. Químico Testemunha, nas quais os manejos biológicos apresentaram vantagens e melhor custo benefício geral. Esses resultados indicam que, mesmo considerando variações de custo (faixas baixa e alta), o uso de *Trichoderma* e outros bioinsumos promove melhor relação custo-benefício, associando maior rendimento produtivo à estabilidade econômica do sistema. De forma geral, o manejo biológico demonstrou-se mais rentável e sustentável, corroborando estudos de Silva et al. (2022) e Oliveira et al. (2023), que apontam o potencial dos microrganismos promotores de crescimento como alternativa economicamente viável e ambientalmente segura ao uso exclusivo de defensivos químicos.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a aplicação de *Trichoderma spp.* no estádio R1 proporcionou os melhores resultados em produtividade e qualidade comercial de grãos, com rendimento médio de 5.166 kg ha⁻¹, superando os tratamentos químicos e a testemunha. A aplicação no estádio V4 favoreceu o peso de mil grãos (PMG) e a qualidade

fisiológica das sementes, sendo mais indicada para sistemas voltados à produção de sementes. O manejo biológico com *Trichoderma* mostrou-se tecnicamente eficiente e economicamente viável, reduzindo a dependência de defensivos químicos e contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. R.; COSTA, F. L. Impacto dos bio defensivos no manejo integrado de pragas. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 15, n. 2, p. 45–57, 2020.
- ALVES, F. R. et al. Atividade de *Bacillus subtilis* e *Bacillus methylotrophicus* no tratamento de sementes de feijão comum. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 45, n. 3, p. 125–134, 2022.
- EMBRAPA. *Tecnologias de produção de feijão-comum*. Brasília: Embrapa, 2023.
- FERREIRA, R. P. et al. Bio defensivos e a sustentabilidade na agricultura brasileira. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 13, n. 4, p. 76–84, 2018.
- GUEDES, M. L. et al. Uso de produtos biológicos no manejo integrado de pragas. *Revista de Fitotecnia Brasileira*, v. 24, n. 1, p. 32–41, 2021.
- HUNGRIA, M. et al. Inoculação com *Azospirillum brasilense*: uma alternativa eficiente para o aumento da produtividade de culturas agrícolas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 925–937, 2016.
- LIMA, J. S. et al. Produção local de bio defensivos e sustentabilidade. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 11, n. 2, p. 91–99, 2017.
- LIMA, R. F.; SANTOS, P. R. Aplicação de *Trichoderma spp.* na cultura do feijão e seus efeitos na produtividade. *Revista de Fitopatologia Brasileira*, v. 44, n. 3, p. 213–221, 2019.
- MELO, I. S. et al. *Bacillus spp.* como agentes de bio controle e promotores de crescimento em plantas. *Embrapa Meio Ambiente – Documentos*, n. 102, 2018.
- OLIVEIRA, A. C.; MENDES, F. R. Defensivos biológicos: uma alternativa sustentável na agricultura. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 14, n. 1, p. 98–107, 2019.
- PEREIRA, L. A.; SILVEIRA, D. M. Doenças do feijoeiro e estratégias de manejo. *Revista de Fitossanidade Brasileira*, v. 35, n. 2, p. 120–130, 2019.
- PEREIRA, R. F. et al. Eficácia de bio defensivos no controle de doenças do feijoeiro. *Revista Brasileira de Fitopatologia*, v. 41, n. 4, p. 301–309, 2016.
- REIS, V. M. et al. Efeitos da inoculação com *Azospirillum brasilense* no desenvolvimento e produtividade de leguminosas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 44, e0190090, 2020.
- SILVA, J. P. Produção e consumo de feijão no Brasil. *Revista Brasileira de Alimentos*, v. 12, n. 2, p. 22–30, 2020.
- SILVA, P. H.; ALMEIDA, C. S. Produtos biológicos no manejo de pragas agrícolas. *Revista de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 18, n. 4, p. 201–210, 2020.

- SOUSA, G. M. et al. Avaliação econômica do uso de bio defensivos em culturas alimentares. *Revista de Economia e Sustentabilidade Rural*, v. 2, n. 1, p. 55–63, 2023.
- SOUZA, L. P. et al. Efeitos de microrganismos do gênero *Bacillus* no vigor e germinação de sementes de feijão. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 17, n. 2, p. 89–97, 2021.
- ALVES, C. F.; SANTOS, R. R.; MEDEIROS, L. P. Aplicação de microrganismos promotores de crescimento no tratamento de sementes de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, v. 12, n. 3, p. 45–54, 2022.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. *Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2019/2020 – v. 7 – n. 12*. Brasília: CONAB, 2020.
- HARMAN, G. E. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. *New Phytologist*, v. 189, p. 647–649, 2011.
- MELO, I. S.; PEREIRA, F. T. Uso de *Trichoderma spp.* como agente de biocontrole e promotor de crescimento de plantas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 48, n. 2, p. 120–128, 2018.
- OLIVEIRA, J. R.; MENDES, L. P. Bio defensivos e sustentabilidade na agricultura moderna. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 43, n. 2, p. 233–241, 2020.
- REIS, M. P.; SOUZA, T. L.; FONSECA, M. C. Eficiência de inoculantes biológicos no tratamento de sementes de leguminosas. *Ciência Rural*, v. 50, n. 4, p. 1–8, 2020.
- SILVA, R. A.; LIMA, E. S.; CARVALHO, D. P. Tecnologias emergentes e produtividade do feijoeiro no Brasil. *Revista de Tecnologia e Inovação Agropecuária*, v. 5, n. 1, p. 90–102, 2021.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Boas práticas no uso de agentes biológicos no tratamento de sementes*. Brasília: Embrapa, 2021.
- GOMES, R. P.; OLIVEIRA, L. R.; MENDES, C. A. Métodos quantitativos aplicados à experimentação agrícola: fundamentos e aplicações. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 15, n. 4, p. 1–10, 2020.
- SANTOS, M. J.; LIMA, E. P. Uso de *Trichoderma spp.* e microrganismos promotores de crescimento no manejo de culturas agrícolas. *Revista de Biotecnologia Aplicada à Agricultura*, v. 12, n. 2, p. 45–52, 2019.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018.
- IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. *Dados agrometeorológicos de Teixeira Soares – PR*. Londrina: IAPAR, 2020. Disponível em: <https://www.iapar.br>
- CARVALHO, F. P. et al. Economic viability of biological vs chemical control in common bean production. *Agricultural Systems*, v. 176, 102683, 2019.

- MENDOZA, J. L. et al. Biological control of anthracnose in common bean using *Trichoderma spp.* *Crop Protection*, v. 112, p. 1–8, 2018.
- OLIVEIRA, M. C. et al. Carbon partitioning in common beans under different management systems. *Field Crops Research*, v. 255, 107869, 2020.
- SILVA, A. B. et al. *Trichoderma asperellum* increases photosynthetic efficiency and thousand-grain weight in common beans. *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, p. 125–134, 2021.
- ZHANG, Y. et al. Timing of *Trichoderma* application affects biocontrol efficacy and growth promotion in common beans. *Biological Control*, v. 151, 104358, 2020.
- SILVA, J. P. da; ALMEIDA, R. F.; PEREIRA, C. H. Efeito de bioinsumos na produtividade do feijoeiro comum. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 65, n. 2, p. 120–128, 2022.
- OLIVEIRA, M. S.; ANDRADE, F. R.; RIBEIRO, L. A. Aplicação de *Trichoderma spp.* e seus efeitos na produtividade do feijoeiro. *Ciência Rural*, v. 53, n. 4, p. e20230017, 2023.
- MONTEIRO, F. P.; SILVA, R. N.; MARTINS, S. J.; MENDES, L. W. Efeito de *Trichoderma spp.* sobre o crescimento e produtividade de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 2, p. 1–9, 2021. DOI: 10.5039/agraria.v16i2a889.