

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TRIÂNGULO MINEIRO – *Campus* Uberaba
MESTRADO PROFISSIONAL EM PRODUÇÃO VEGETAL**

BIANCA CRISTINA DOS SANTOS

**Compatibilidade entre tratamentos químico e biológico para proteção de
sementes de feijão**

UBERABA - MG

2024

BIANCA CRISTINA DOS SANTOS

**Compatibilidade entre tratamentos químico e biológico para proteção de
sementes de feijão**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro, para conclusão e obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador:

Prof. Dr. Daniel Rufino Amaral

UBERABA - MG

2024

Ficha Catalográfica elaborada pelo Setor de Referência do IFTM –
Campus Uberaba-MG

S59c Santos, Bianca Cristina dos
Compatibilidade entre os tratamentos químico e biológico
para a proteção de sementes de feijão / Bianca Cristina dos
Santos - 2024.
35 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Rufino Amaral.
Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal) –
Instituto Federal do Triângulo Mineiro- *Campus Uberaba-MG*,
2024.

1. Fungicida. 2. *Trichoderma*. 3. Germinação. 4. Fitossanidade.
I. Amaral, Daniel Rufino. II. Título.

CDD 635.652

BIANCA CRISTINA DOS SANTOS

**“COMPATIBILIDADE ENTRE TRATAMENTOS QUÍMICO E BIOLÓGICO PARA PROTEÇÃO DE
SEMENTES DE FEIJÃO”**

FOLHA DE APROVAÇÃO DEFESA DISSERTAÇÃO

Data da aprovação: 29/11/2024

MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:

Presidente

Prof. Dr. Daniel Rufino Amaral

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Prof. Dr. Márcio José de Santana

IFTM Campus Uberaba

Membro Titular

Profª. Drª. Mychelle Carvalho

IFTM Campus Uberaba

Local: Sala de videochamada: <https://meet.google.com/pqn-cqro-tqw>

DANIEL RUFINO AMARAL
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por DANIEL RUFINO AMARAL, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 29/11/2024, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por MÁRCIO JOSÉ DE SANTANA, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 29/11/2024, às 14:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

MYCHELLE CARVALHO
PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO



Documento assinado eletronicamente por MYCHELLE CARVALHO, PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO, TÉCNICO E TECNOLÓGICO, em 29/11/2024, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 4º, § 3º, do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://iftm.edu.br/autenticacao/> informando o código verificador **DFB24B9** e o código CRC **5E0E2C6F**.

Referência: NUP: 23200.009875/2024-00

DOCS nº 0000660528

RESUMO

O feijão é uma cultura essencial para a segurança alimentar global, e o uso de tratamentos fitossanitários, como fungicidas biológicos e químicos, pode melhorar o vigor das sementes. O objetivo deste estudo foi avaliar a germinação de sementes de feijão submetidas a tratamentos químico e biológico; analisar o impacto do fungicida sobre o desenvolvimento de *Trichoderma*, baseado no crescimento e a saúde das plântulas. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), utilizando a cultivar BRS Uai, com quatro tratamentos: T1 (testemunha), T2 (fungicida biológico), T3 (fungicida químico) e T4 (combinação dos dois). Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro com 4 repetições e o segundo com 5 repetições. As variáveis analisadas incluíram porcentagem de germinação, comprimento da raiz e parte aérea, massa fresca e seca de plântulas, presença de plântulas anormais e fungos. Os dados foram analisados por ANOVA e teste Tukey. A análise mostrou resultados significativos para as variáveis porcentagem de plântulas anormais e de plântulas com fungos, comprimento de raiz e de parte aérea e massa fresca de plântulas.

Palavras-chave: fungicida; *Trichoderma*; germinação; fitossanidade.

ABSTRACT

Beans are an essential crop for global food security, and the use of phytosanitary treatments, such as biological and chemical fungicides, can improve seed vigor. The objective of this study was to evaluate the germination of bean seeds subjected to chemical and biological treatments; analyze the impact of the fungicide on the development of *Trichoderma*, based on the growth and health of the seedlings. The experiment was carried out at Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM), using the BRS Uai cultivar, with four treatments: T1 (control), T2 (biological fungicide), T3 (chemical fungicide) and T4 (combination of the two). Two experiments were carried out, the first with 4 repetitions and the second with 5 repetitions. The variations found included germination percentage, root and shoot length, fresh and dry mass of seedlings, presence of abnormal seedlings and fungi. Data were analyzed by ANOVA and Tukey test. The analysis showed significant results for the percentage variations of abnormal seedlings and seedlings with fungi, root and shoot length and seedling fresh weight.

Keywords: fungicide; *Trichoderma*; germination; phytosanitary.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 9 |
| 2. REFERÊNCIAL TEÓRICO | 11 |
| 2.1. Tratamento químico em sementes de feijão | 11 |
| 2.2. Feijão: cultivo e importância | 12 |
| 2.3. Uso de produtos químicos e sua influência no ecossistema | 13 |
| 2.4. Produtos biológicos na agricultura e no tratamento de sementes | 14 |
| 2.5. Interação entre produtos biológicos | 18 |
| 2.6. Recuperação de produtos biológicos | 21 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 23 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 5. CONCLUSÃO | 31 |
| REFERÊNCIAS | 32 |

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados da FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), os maiores produtores de feijão no mundo são Índia, seguido do Brasil, Myanmar, Tanzânia e Uganda (FAO, 2022). Contudo, a produção de feijão é influenciada por uma variedade de fatores, incluindo estresses ambientais, estresses bióticos e as políticas governamentais dos países. Além disso, essa cultura é vulnerável a diversas doenças, especialmente em condições de altas temperaturas e umidade excessiva do ar, que podem reduzir a produtividade da cultura. Desta maneira, são necessárias estratégias de manejo integradas e sustentáveis para garantir a produtividade e a sustentabilidade a longo prazo.

A produção de feijão no Brasil desempenha um papel fundamental na agricultura do país, sendo uma das principais fontes de proteína vegetal. O cultivo ocorre em diversas regiões, com destaque para o Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste. A produção total varia anualmente, mas, de acordo com a CONAB (2024), a área cultivada na safra 2023/24 foi de 2,3 milhões de hectares, resultando em uma produção de 3.249 milhões de toneladas, um aumento de 7% em relação à safra anterior (2022/23).

Nesse contexto, o tratamento de sementes desempenha um papel essencial na redução dos danos durante a implantação da cultura. Essa prática envolve a aplicação de produtos como fungicidas e inseticidas, com o objetivo de proteger sementes e plântulas no campo, promovendo uma lavoura mais uniforme e vigorosa (Pieper *et al.*, 2024).

Dessa forma, o tratamento de sementes pode ser realizado por meio de métodos químicos, que utilizam moléculas com ação fungicida, inseticida ou nematicida (Pieper *et al.*, 2024), além de tratamentos biológicos, que empregam agentes benéficos, como fungos do gênero *Trichoderma*. Esses microrganismos atuam no controle de patógenos por meio de mecanismos como competição, parasitismo e produção de substâncias antagonistas (Sales *et al.*, 2023).

Para garantir a eficácia do manejo integrado, é fundamental que haja compatibilidade entre os tratamentos químico e biológico (Bueno *et al.*, 2022). Portanto, é necessário investigar os efeitos combinados desses tratamentos, considerando fatores como tipo de produto, dosagem e condições de aplicação. Essa análise é essencial para evitar a inibição do crescimento de agentes biológicos benéficos, tanto os naturalmente presentes no solo quanto os aplicados via tratamento biológico (Bueno *et al.*, 2022).

Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo avaliar a germinação de sementes de feijão submetidas a tratamentos químico e biológico; analisar o impacto do fungicida sobre o desenvolvimento de *Trichoderma*, baseado no crescimento e a saúde das plântulas.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Tratamento químico em sementes de feijão

O tratamento de sementes é uma prática amplamente utilizada na agricultura, com o objetivo de garantir um estande adequado de plantas, promover o vigor das culturas e retardar o ataque de patógenos e insetos-praga. Trata-se de uma técnica econômica e de fácil implementação, pois os produtos são aplicados em pequenas quantidades e têm contato direto com o alvo, tornando-a menos prejudicial ao ambiente em comparação aos métodos tradicionais de aplicação de defensivos, como a pulverização aérea (Balestrin; Frandaloso; Casagrande, 2020).

Essa prática desempenha um papel fundamental no desenvolvimento inicial da cultura do feijão, visto que a semente é o principal meio de propagação e introdução de microrganismos em novas áreas, os quais podem causar danos consideráveis à cultura. Para isso, são utilizados produtos como inseticidas, fungicidas e filmes de recobrimento, que proporcionam benefícios sanitários e fisiológicos. Além disso, esses tratamentos possibilitam o armazenamento das sementes por períodos mais longos, com menor risco de perda de qualidade fisiológica. Dessa forma, é possível controlar de forma eficaz diversos fitopatógenos presentes nas sementes e no solo.

O tratamento de sementes pode ser realizado de duas formas distintas: o tratamento On-Farm, realizado na própria fazenda do agricultor, geralmente com equipamentos de menor precisão, e o tratamento industrial (TI), conduzido por agricultores ou empresas especializadas, utilizando maquinário adequado durante o processamento e armazenamento das sementes (Reis *et al.*, 2023). O TI possibilita a aplicação de diversos produtos, como pesticidas, micronutrientes e polímeros (Bem-Júnior *et al.*, 2020).

A semeadura, em geral, não acontece em condições ideais de campo ou em áreas livres de pragas e doenças; por essa razão, o tratamento de sementes é crucial, pois ajuda a reduzir a incidência de pragas no início do ciclo e, assim, diminui os riscos em áreas ainda não afetadas (Pereira *et al.*, 2024).

No entanto, em algumas circunstâncias, certos princípios ativos ou interações entre produtos podem ocasionar a diminuição da germinação e do vigor, resultando em um menor estabelecimento de plântulas devido à fitotoxicidade nas sementes (Bem-Júnior *et al.*, 2020). Alguns trabalhos realizados com sementes de soja demonstraram que determinados produtos químicos aplicados podem prejudicar o potencial de germinação, além de afetar a emergência e o vigor das plântulas.

Os inseticidas impactam de forma adversa na germinação das sementes e no crescimento das plântulas. Uma pesquisa revelou que a aplicação isolada ou em combinação do fungicida Derosal Plus® e do inseticida Cruiser prejudicou a qualidade e o vigor de três cultivares de soja (M7110 IPRO, RR-8473RSF e M7739 IPRO). Após o tratamento químico, as sementes foram armazenadas e conseguiram manter os padrões comerciais (>80%) por até 60 dias.

Segundo Vidal *et al.* (2021) são necessárias estratégias coordenadas para fornecer insumos que promovam benefícios ao meio ambiente e à saúde de animais e seres humanos, sendo uma preocupação antiga em diversas abordagens de agricultura sustentável, e que essa necessidade tem crescido recentemente no Brasil.

Nesse contexto, é fundamental buscar técnicas que elevem a produtividade das culturas sem causar danos ao meio ambiente, promovendo uma agricultura mais sustentável. Além disso, é essencial aprofundar o conhecimento sobre a compatibilidade entre métodos de controle biológico e químico, garantindo que a interação entre eles potencialize os benefícios ao sistema agrícola, sem comprometer a eficiência dos insumos ou gerar impactos negativos ao ecossistema. O uso consciente de tais técnicas pode contribuir para o equilíbrio entre produção agrícola e preservação ambiental.

2.2. Feijão: cultivo e importância

O feijão é uma das culturas alimentares mais relevantes globalmente, sendo uma fonte primária de proteína vegetal e nutrientes essenciais. No Brasil, ele é um alimento básico na dieta da população. Além de seu valor nutricional, o feijão desempenha um papel significativo na agricultura, pois promove a fixação biológica de nitrogênio no solo, contribuindo para a melhoria da fertilidade (Silva *et al.*, 2023).

O cultivo do feijão requer atenção a diversos fatores agronômicos, sendo essencial a escolha da variedade adequada, a preparação do solo e o manejo eficiente de pragas e doenças para garantir o sucesso da produção. Para alcançar altas produtividades, é fundamental adotar técnicas sustentáveis, como irrigação, fertilização e proteção de cultivos. Além disso, práticas que promovem funções ecológicas e a sustentabilidade econômica são indispensáveis para assegurar a segurança alimentar e reduzir os custos de manejo (Silva *et al.*, 2023).

O cultivo de feijão pode ser feito em três épocas distintas, sendo elas a safra de verão, também chamada de primeira safra com semeadura entre agosto à novembro; safra de outono-inverno, que é a segunda safra, sendo semeada entre janeiro à março; e safra de inverno, chamada de terceira safra, que normalmente é semeada entre abril à julho (Pereira *et al.*, 2023).

O plantio de feijão é feito por meio de sementes, que representam um dos principais insumos para o cultivo da cultura. Por isso, é essencial que apresentem alta qualidade genética, além de boas características físicas, sanitárias e fisiológicas, garantindo o pleno desenvolvimento da planta e seu potencial produtivo. A presença de patógenos e insetos-praga nas sementes é um dos principais fatores que comprometem a lavoura, principalmente pela redução do estande de plantas (Balestrin; Frandaloso; Casagrande, 2020).

Dentre as principais doenças que afetam o feijão, destacam-se: *Colletotrichum lindemuthianum* (antracnose), *Nematospora coryli* (mancha de levedura), *Phaeoisariopsis griseola* (mancha angular), *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo branco), *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* (murcha de fusarium), *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (podridão radicular), *Rhizoctonia solani* (tombamento) e *Macrophomina phaseolina* (podridão cinzenta do caule) (Balestrin; Frandaloso; Casagrande, 2020).

Em relação às pragas, os principais insetos-praga que ocorrem em plântulas de feijão são as lagartas: *Elasmopalpus lignosellus*, *Spodoptera frugiperda* e *Agrotis ipsilon*. Também é possível que outros invertebrados, como piolhos-de-cobra, lesmas e caracóis se alimentem de plântulas de soja e feijão (Balestrin; Frandaloso; Casagrande, 2020).

Devido à presença de insetos-pragas e patógenos causadores de doenças, que podem reduzir a produtividade e até mesmo inviabilizar os cultivos, faz-se necessário o uso de tratamento de sementes.

2.3. Uso de produtos químicos e sua influência no ecossistema

De maneira geral, a gestão de agrotóxicos no Brasil é permissiva, com muitos ingredientes ativos registrados, incluindo tanto substâncias de origem biológica quanto produtos químicos, sendo essas a grande maioria. Uma parte significativa desses químicos não é autorizada para uso na União Europeia, como clorotalonil e imidacloprido, devido aos seus efeitos adversos sobre a saúde humana e outros organismos, conforme relatado na literatura científica. Além da União Europeia, a China também cancelou registros de agrotóxicos que ainda eram permitidos no Brasil, incluindo substâncias como cadusafós e fipronil (Hess; Nodari, 2022).

Outra questão relevante, é que o uso contínuo de variedades transgênicas de soja, milho e algodão, que foram desenvolvidas com a promessa de reduzir o uso de agrotóxicos devido à resistência a herbicidas e produção de toxinas inseticidas, acabou resultando no aumento do consumo de agrotóxicos. Isso ocorreu porque as plantas invasoras e as pragas desenvolveram

resistência às toxinas dessas variedades, o que levou à necessidade de uma maior aplicação de herbicidas e inseticidas (Hess, 2018; Hess *et al.*, 2021).

Além disso, o uso constante de produtos químicos, como fungicidas e inseticidas, combinado ao uso inadequado de equipamentos de proteção e ao descumprimento das leis, tem contribuído para o aumento das intoxicações e da contaminação ambiental no Brasil. Diante desse cenário, torna-se essencial realizar um monitoramento contínuo dos compostos químicos perigosos e avaliar seus efeitos sobre organismos não-alvos (Bassani *et al.*, 2018).

É importante lembrar que há um ecossistema, tanto no solo quanto acima dele, envolvendo plantas, herbívoros e seus predadores naturais, que são fundamentais tanto ecologicamente quanto economicamente. Apesar de alguns artrópodes herbívoros serem pragas agrícolas, também temos a presença de inimigos naturais, como predadores e insetos parasitoides, que contribuem para o controle dessas pragas, levando à morte dos fitófagos de maneira direta ou indireta, através de seu ciclo de vida nos hospedeiros (Beringue *et al.*, 2024).

Em paisagens agrícolas, os sistemas tróficos de plantas e predadores estão frequentemente expostos a diversos pesticidas e seus produtos de degradação. Essa contaminação pode ocorrer através da deriva durante a aplicação dos pesticidas ou pelo escoamento da água do solo. A lixiviação transfere os pesticidas das plantas para os níveis tróficos superiores, o que leva à contaminação do solo. Além disso, a deriva pode causar a deposição direta de pesticidas sobre organismos, resultando em contaminação dos tecidos por difusão através da cutícula de plantas ou insetos. No entanto, revisões sobre os efeitos dos pesticidas frequentemente negligenciam as interações entre espécies e o funcionamento das teias alimentares terrestres (Beringue *et al.*, 2024).

2.4. Produtos biológicos na agricultura e no tratamento de sementes

Uma prática já antiga na agricultura é o uso intensivo de produtos químicos como estratégia para aumentar a produtividade e controlar fatores bióticos e abióticos (Rempelos *et al.*, 2023).

Mesmo esses produtos contribuindo para o aumento da produção das lavouras, baseado no controle de pragas e doenças que afetam as plantações, seu uso excessivo pode causar riscos ambientais, como a perda de biodiversidade, contaminação do solo e da água, além dos impactos à saúde humana.

Assim, os bioinsumos surgem como uma solução tecnológica inovadora, oferecendo a oportunidade de conciliar interesses no setor agrícola, criando alternativas para responder à crescente demanda de consumidores e do mercado, que buscam a redução do uso de agrotóxicos

(Vidal *et al.*, 2020). O controle biológico pode ser utilizado para controlar problemas sanitários como doenças, pragas e plantas invasoras na agricultura.

O emprego de manejos ecológicos tem se mostrado eficaz no controle de pragas e doenças, além de favorecer o crescimento e desenvolvimento das plantas, contribuindo também para a mitigação dos efeitos causados por estresses abióticos (Samada; Tambunan, 2020).

A pesquisa científica tem sido um motor para o desenvolvimento de novos produtos biológicos, que passam por testes rigorosos para assegurar seus benefícios às plantas. No entanto, apesar dos avanços e da segurança demonstrada pelos ensaios, essas tecnologias precisam necessariamente ser patenteadas antes de serem disponibilizadas comercialmente (Santos; Oliveira; Putti, 2024).

O controle biológico utiliza produtos baseados em microrganismos, como fungos e bactérias, além de macrorganismos, como vespas e ácaros, para combater pragas e doenças nas culturas agrícolas. Esses bioinsumos oferecem benefícios significativos para a sustentabilidade, ao reduzir os impactos decorrentes do uso excessivo de pesticidas. No entanto, enfrentam desafios, como a resistência dos produtores, que estão acostumados ao uso de pesticidas e necessitam de capacitação e transferência de tecnologia sobre soluções biológicas. Além disso, questões relacionadas à disponibilidade, qualidade, transporte, armazenamento e às interações com as estruturas regulatórias também são fundamentais para o sucesso dessa abordagem (Parra *et al.*, 2024).

O controle biológico resulta da interação entre patógenos, hospedeiros e o ambiente. Os fungos e bactérias que atuam no controle biológico são organismos benéficos que interagem com diversos patógenos agrícolas.

No que diz respeito ao tratamento de sementes, é importante destacar que a semente é um insumo essencial, e sua sanidade desempenha um papel crucial no sucesso do desenvolvimento das culturas. Isso se deve ao fato de que a semente contém todo o potencial genético da cultivar e assegura a distribuição uniforme das plantas no solo (Amaro *et al.*, 2020). No entanto, ela também pode atuar como um veículo para a disseminação de fitopatógenos, que podem comprometer tanto a germinação quanto o vigor das plântulas (Into; Noronha; Mosser, 2021). Entre as doenças de relevância econômica que afetam o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), muitas são causadas por patógenos que são transmitidos pelas sementes. Isso ocorre porque as estruturas desses patógenos, presentes nas sementes, conseguem permanecer viáveis durante o armazenamento, servindo como inóculo primário para o surgimento de epidemias (Silva *et al.*, 2020).

O controle químico tem sido a principal abordagem para o tratamento de sementes. No entanto, a busca por métodos alternativos tem recebido atenção global, pois estes tendem a causar menos impacto ambiental devido à sua origem (Vidal *et al.*, 2020). Assim, o tratamento de sementes pode envolver o uso de produtos químicos, como fungicidas e inseticidas, bem como formulações à base de fungos e bactérias, visando o controle biológico e a promoção do crescimento das plantas.

Os microrganismos usados no tratamento biológico de sementes agem através de mecanismos como hiperparasitismo, antibiose e competição por nutrientes e espaço, por meio da produção de metabólitos (Yang *et al.*, 2020). Além disso, os microrganismos estabelecem interações complexas (Siddiqui; Aziz, 2024), sendo capazes de identificar e reagir a estímulos bióticos e abióticos presentes no ambiente (Saritha *et al.*, 2021).

Um exemplo da ação de microrganismos são as bactérias, que utilizam diversos mecanismos, como a antibiose, por meio da produção de substâncias tóxicas, a competição pelos microhabitats ocupados pelos nematoides, com a secreção de enzimas líticas, e a indução de resistência sistêmica nas plantas. (Khan *et al.*, 2023).

Diversas cepas fúngicas e bacterianas, como *Trichoderma* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp., *Bacillus* spp., *Beauveria bassiana*, *Gliocladium virens* e *Pythium oligandrum*, foram aproveitadas como promotores de crescimento de plantas e agentes de controle biológico (Sharma 2019; Subedi *et al.*, 2020). A utilização e exploração desses microrganismos oferecem uma abordagem ecológica e sustentável para reduzir a dependência de fertilizantes minerais, pesticidas e melhorar a saúde do solo.

Uma rizobactéria que vem sendo frequentemente estudada em produtos para uso em controle biológico são as do gênero *Bacillus*. São bactérias comumente encontradas no solo, com formato bastonete, resistentes a fatores adversos e, que em condições específicas, produzem endósporos e uma grande diversidade de antibióticos e metabólitos (Tiwari *et al.*, 2019).

Dentre as espécies mais conhecidas e empregadas na agricultura brasileira estão *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefasciens*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus methylotrophicus* e *Bacillus velezensis* (MAPA, 2022).

As distintas características genéticas do *Bacillus* conferem-lhe propriedades antipatogênicas, pois podem se multiplicar ativamente e resistir a ambientes adversos. Várias linhagens de *Bacillus* têm sido reconhecidas como agentes eficientes de biocontrole, promovendo a colonização da rizosfera, o manejo de doenças radiculares e a diminuição da contaminação por fumonisina em grãos de milho (Guimarães *et al.*, 2021). Além disso, essas

bactérias podem favorecer o crescimento das plantas através da liberação de substâncias bioativas (Cruz *et al.*, 2024).

Trabalhos mostram que o sucesso no uso de isolados de *Bacillus* spp. no controle de *S. sclerotiorum* em plantas de feijão, onde foram identificados compostos antifúngicos capazes de inibir o crescimento do fungo (Santos, 2021). Ocorre que o *Bacillus* age de maneira preventiva, dificultando a infecção da planta pela doença, ou de forma inibitória, impedindo a germinação das estruturas fúngicas, além de ser capaz de penetrar nas estruturas ou tubos germinativos do patógeno.

Outro microrganismo muito estudado para uso em controle biológico é o *Trichoderma* spp. Ele vem sendo empregado no controle de doenças tem sido amplamente pesquisado, especialmente devido à sua capacidade de combater diferentes patógenos por meio de mecanismos como parasitismo, competição e produção de metabólitos secundários, como os antibióticos (Cruz *et al.*, 2024).

Consiste em um grupo de fungos filamentosos, sendo um gênero de fungos ascomicetos amplamente distribuído e oportunista, com diversas espécies que têm relevância para a agricultura, atuando como agentes de biocontrole de fitopatógenos e como estimuladores do crescimento das plantas (Woo *et al.*, 2022). A invasão das raízes por micélios de *Trichoderma* provoca alterações significativas no metabolismo das plantas hospedeiras e desencadeia uma resposta de defesa sistêmica, eficaz contra uma ampla gama de patógenos (Abdelmoteleb; Gonzalez-Mendoza; Zayed, 2022).

O cultivo in vivo da cepa de *T. asperellum* gera metabólitos com ação antibiótica, que inibem fungos patogênicos por meio de antibiose. Além disso, cepas de *Trichoderma* produzem moléculas como β -1,3-glucanases, quitinases e proteases, permitindo o parasitismo das hifas e escleródios do patógeno, invadindo suas células e provocando lise (Mukherjee *et al.*, 2022)

Entretanto, *Trichoderma* faz mais do que apenas aumentar a disponibilidade de nutrientes; eles induzem resistência sistêmica (ISR) nas plantas e geram compostos que promovem o crescimento, resultando em um aumento significativo no desenvolvimento das plantas (Zhang *et al.*, 2019).

Esses microrganismos benéficos atuam como uma fonte valiosa de nutrientes para as plantas e oferecem serviços adicionais, como a redução das emissões de gases de efeito estufa, a facilitação da fixação biológica de nitrogênio, o aumento da disponibilidade de nutrientes e a supressão de doenças de plantas causadas por patógenos do solo (Wu *et al.*, 2022).

Apesar de ser uma prática cada vez mais crescente, o uso de produtos biológicos no tratamento de sementes enfrenta desafios para o mercado e de eficácia no campo. Por serem

compostos por microrganismos vivos, exigem transporte e armazenamento adequados para serem aplicados corretamente, o que permite seu estabelecimento no solo e a efetividade no controle de pragas. No entanto, frequentemente, apresentam uma vida útil reduzida em comparação aos produtos químicos e podem não ser manuseados adequadamente, comprometendo seu desempenho e gerando desconfiança entre os produtores. Além disso, devido às suas particularidades, é essencial que empresas e instituições de pesquisa invistam na seleção de biocontroladores eficientes e no desenvolvimento de formulações tecnológicas que superem essas dificuldades.

2.5. Interação entre produtos biológicos

Fatores que influenciam a interação entre o uso de produtos químicos e biológicos incluem as condições de armazenamento das sementes tratadas, assim como os métodos e o momento da aplicação dos tratamentos. Esses aspectos impactam a viabilidade dos microrganismos utilizados nos tratamentos biológicos.

Em relação ao uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, os tratamentos de sementes que incluem inseticidas, fungicidas, micronutrientes e bioestimulantes, os quais podem interagir com as mesmas, podendo impactar os processos de nodulação e fotossíntese, afetando, por sua vez, o rendimento de grãos. No entanto, esse efeito varia conforme o intervalo entre o tratamento das sementes e a semeadura (Bueno *et al.*, 2022).

Segundo Oliveira *et al.* (2023), foi observado um efeito negativo no processo de nodulação em plantas de soja, e, conseqüentemente, no rendimento de grãos, especialmente quando as sementes foram inoculadas e tratadas com tiabendazol, fludioxonil e metalaxil-M 30 dias antes da semeadura, em comparação com a inoculação e tratamento realizados 3 horas antes da semeadura.

Em relação à cultura da soja e ao uso de bactérias fixadoras de nitrogênio, entender os fatores que contribuem para a variabilidade nas respostas das sementes à inoculação com rizóbios de longa vida e suas misturas com pesticidas agrícolas, como fungicidas e inseticidas, aplicados por meio do tratamento industrial de sementes é um passo importante para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (Alves *et al.*, 2020).

Dentre os benefícios da utilização conjunta de bioinsumos e insumos sintéticos incluem uma maior sustentabilidade do sistema produtivo, com uma diminuição na frequência de surtos de pragas devido ao equilíbrio do agroecossistema. Além disso, há uma redução nos custos de aplicação, uma maior eficiência na fixação biológica de nitrogênio e um estímulo ao

crescimento das plantas. Essas vantagens resultarão em maior rentabilidade para os produtores de soja e apoiarão uma agricultura mais sustentável (Bueno *et al.*, 2022).

Para entender sobre a compatibilidade entre o uso de produtos químicos e biológicos é preciso estudar sobre a seletividade dos insumos agrícolas aos organismos benéficos nas culturas. A seletividade está diretamente relacionada aos efeitos de produtos sintéticos sobre agentes de controle biológico de pragas e doenças e a compatibilização de insumos biológicos e químicos visando o manejo sustentável (Bueno *et al.*, 2022).

Este termo refere-se ao impacto de um produto químico sobre organismos benéficos, resultante das diferenças fisiológicas, comportamentais e/ou ecológicas entre as espécies (Carvalho *et al.*, 2021). Quando um composto ou uma mistura de produtos é aplicado a uma praga-alvo e apresenta baixa toxicidade para um organismo benéfico, é considerado seletivo. Portanto, as formas como um produto químico pode ser ou não compatível com um bioinsumo não são únicas, mas, de modo geral, podem ser classificadas em seletividade fisiológica ou seletividade ecológica.

A seletividade fisiológica refere-se à situação em que um insumo químico, em uma concentração específica, ao interagir com um organismo benéfico, como um defensivo biológico ou um inoculante, se revela inofensivo ou provoca baixa toxicidade, permitindo que esse organismo continue exercendo sua função desejada. No que diz respeito aos inoculantes, especialmente em relação aos produtos químicos aplicados simultaneamente no tratamento de sementes, a compatibilidade depende do princípio ativo, da formulação e do tempo de exposição ao microrganismo (Santos *et al.*, 2021).

Produtos fitossanitários que não possuem seletividade fisiológica podem ser aplicados de maneira seletiva, o que é chamado de seletividade ecológica. Essa seletividade ecológica refere-se ao uso de insumos químicos de forma a reduzir sua exposição aos organismos benéficos (ou ao bioinsumo), enquanto se mantém a eficácia dos insumos químicos e biológicos utilizados (Carvalho *et al.*, 2021).

A seletividade ecológica é classificada com base na maneira como a exposição ao produto químico varia entre as espécies benéficas e prejudiciais, podendo ser temporal ou espacial. Aplicações localizadas de produtos fitossanitários, baseadas em mapas de infestação, podem preservar as espécies benéficas nas áreas não afetadas, de modo que, mesmo não sendo seletivos, esses produtos podem demonstrar seletividade ecológica espacial (Bueno *et al.*, 2021).

Em relação ao tratamento de sementes, os produtos químicos nessa prática podem ter efeitos variados sobre organismos benéficos, dependendo da formulação, do princípio ativo, do mecanismo de ação, bem como da forma e da sequência de aplicação (Santos *et al.*, 2021).

A utilização de produtos químicos no tratamento de sementes (TS) pode ser incompatível com outros bioinsumos empregados na cultura da soja, especialmente com agentes de controle biológico de pragas e doenças. Como dito, o controle biológico pode ser feito através de produtos à base de bactérias e fungos. Entre os produtos baseados em bactérias, destacam-se aqueles que contêm *Bacillus* spp. como ingredientes ativos. Já entre os fungos, são notáveis o *Trichoderma* spp., o *Purpureocillium lilacinum* (sinônimo de *Paecilomyces lilacinus*) e o *Pochonia chlamydosporia*, todos registrados para o controle de doenças radiculares provocadas por fungos e nematoides, além de outras patologias fúngicas (Bueno *et al.*, 2022). Esses bioinsumos podem sofrer impactos adversos devido ao uso de produtos químicos no tratamento de sementes. Para atenuar esses efeitos prejudiciais, tem-se observado um aumento na adoção e na aplicação de produtos biológicos diretamente no sulco de semeadura (Bueno *et al.*, 2022).

A fim de melhorar a compatibilidade entre esses insumos em campo, práticas como o de equipamentos que realizam a aplicação do produto por meio de jato dirigido, juntamente com a aplicação exclusiva de insumos biológicos e um maior volume de calda (cerca de 40 L/ha) durante o sulco de semeadura, vêm sendo utilizadas. No entanto, ainda são limitados os estudos que investigaram essa abordagem (Bueno *et al.*, 2022).

Em relação à compatibilidade entre produtos utilizados no TS e fungos do gênero *Trichoderma*, os efeitos podem ser adversos, como por exemplo impactar o crescimento do micélio, seus mecanismos de ação ou até mesmo degradando seus metabólitos secundários.

Alguns fungicidas químicos são classificados como inibidores da desmetilação e impedem de maneira eficaz a síntese de esteróis, levando à degradação da membrana plasmática nos fungos-alvo. Segundo Wang *et al.* (2024), o uso de compostos químicos sintéticos pode impactar negativamente a viabilidade e/ou a atividade dos agentes de biocontrole. Fungicidas DMI apresentam um amplo espectro antifúngico e inibem de forma significativa o crescimento de *T. harzianum*, comprometendo sua de biocontrole.

Já segundo Lezama *et al.* (2023), avaliando a compatibilidade in vitro de quatro espécies de *Trichoderma* (*Trichoderma harzianum* , *Trichoderma koningiopsis* , *Trichoderma asperellum* e *Trichoderma hamatum*) com três fungicidas de amplo espectro (Clorotalonil, Captan e Mancozeb), observaram que os fungicidas Captan e Mancozeb foram altamente compatíveis com as quatro linhagens de *Trichoderma* spp. e inibiram o crescimento do

patógeno *Fusarium solani*. Ainda, constatou-se que as quatro linhagens de *Trichoderma* spp. eram incompatíveis com o fungicida Clorotalonil nas concentrações de 450, 900 e 1350 mg L⁻¹.

Para Mayo-Prieto *et al.* (2022), que avaliaram a compatibilidade de cepas autóctones de *Trichoderma* (*T. citrinovirida*, *T. harzianum*, *T. velutinum*, *T. virens*) com pesticidas orgânicos e convencionais para feijão (incluindo fungicidas, acaricidas, inseticidas e herbicidas sintéticos). Foi constatado que os fungicidas Mancozeb, Tiofanato-metil e Tiram, que não tem uso permitido na UE devido ao seu alto risco para aves, mamíferos, artrópodes não alvo e macroorganismos do solo, afetaram o desenvolvimento de todas as cepas nativas de *Trichoderma* examinadas no meio de cultivo. A combinação de Azoxistrobina e Difenconazol, também afetou o desenvolvimento de *Trichoderma*. O fungicida tiram prejudicou o crescimento de *T. citrinoviride*, que teve um desenvolvimento inferior ao controle durante o período de avaliação, enquanto as demais cepas se tornaram semelhantes ao controle a partir do quinto dia. Clorotalonil, Metiltiofanato, Tebuconazol e Cobre reduziram drasticamente o crescimento de todas as cepas de *Trichoderma* analisadas.

É crucial investigar a influência dos fungicidas químicos sobre os biológicos no tratamento de sementes, devendo considerar a seletividade dos produtos químicos para que não prejudiquem a eficácia dos agentes biológicos. É preciso compreender as condições que permitem a recuperação dos microrganismos após a aplicação de fungicidas, buscando manter os benefícios do controle biológico. Estratégias que promovam a coexistência entre esses fungicidas podem favorecer práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes.

2.6. Recuperação de produtos biológicos

A viabilidade do *Trichoderma* é fortemente influenciada por fatores ambientais como temperatura, pH e umidade, dentre outros fatores, podendo ser bióticos ou abióticos. Cada um desses elementos desempenha um papel crucial na sobrevivência e eficácia do fungo. Temperaturas adequadas favorecem seu crescimento e a produção de metabólitos. A umidade do solo é igualmente importante, pois a umidade afeta a germinação dos conídios de *Trichoderma* e a ação das enzimas hidrolíticas produzidas durante o micoparasitismo (Meyer; Mazaro; Silva, 2019).

Após o tratamento químico de sementes, a preservação da viabilidade do *Trichoderma* se torna essencial, já que muitos fungicidas podem ser prejudiciais a microrganismos benéficos (Lezama *et al.* 2023; Mayo-Prieto *et al.*; 2022). A resistência de algumas cepas do *Trichoderma* a esses produtos químicos é uma característica desejável para garantir sua eficácia, principalmente em relação ao uso de fungicidas e de produtos utilizados no tratamento de sementes, pois isso

facilitaria o manejo integrado das doenças de plantas (Meyer; Mazaro; Silva, 2019). Um *Trichoderma* viável é capaz produzir metabólitos secundários e enzimas antimicrobianas, e colonizam rapidamente a rizosfera. Eles induzem mecanismos de defesa nas plantas, aumentando a eficiência fisiológica e são importantes biofertilizantes e bioestimulantes (Adnan *et al.*, 2019; Manzar *et al.*, 2022). Assim, eles inibem o crescimento de patógenos vegetais, o que está relacionado à formação de biofilmes no solo (Moreira *et al.*, 2022).

Assim, a recuperação de *Trichoderma* após a aplicação de fungicidas é influenciada por diversos fatores, incluindo a seletividade dos fungicidas, a densidade populacional inicial do microrganismo e as condições ambientais, como umidade e temperatura. Segundo Mayo-Prieto *et al.* (2022), fungicidas de amplo espectro reduzem o crescimento de cepas de *Trichoderma*, comprometendo sua atividade e inibindo sua capacidade de colonização.

Portanto, entender e otimizar as condições ambientais e a interação do *Trichoderma* com tratamentos químicos é fundamental para o sucesso do controle biológico, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis e eficazes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Sementes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM). O primeiro experimento foi realizado entre os dias 01 e 10 de outubro e o segundo experimento foi realizado entre os dias 07 a 15 de novembro de 2024. Utilizou-se a cultivar de feijão comum BRSMG Uai, com ciclo de 85 a 95 dias. Ela possui hábito de crescimento indeterminado e é resistente às raças 65, 73, 81 e 89 de antracnose e a ao vírus do mosaico comum (Embrapa Arroz e Feijão, 2018).

No primeiro experimento, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo cada repetição composta por 50 sementes por tratamento. O segundo experimento contou com cinco repetições, com 50 sementes por tratamento em cada uma..

Os tratamentos consistiram na aplicação de produtos fitossanitários, incluindo fungicidas de origem química e biológica. O fungicida químico utilizado foi o Maxim[®] (com o ingrediente ativo metalaxil-M a 10 g/L e fludioxonil a 25 g/L). O fungicida biológico utilizado foi o Tricho Turbo[®] (contendo *Trichoderma asperellum* a 1×10^{10} conídios viáveis/mL de produto).

Os tratamentos foram distribuídos da seguinte forma: T1 (Testemunha): Sementes não tratadas (apenas água destilada); T2 (Biológico): Sementes tratadas com fungicida biológico Tricho Turbo[®], na dose de 4 mL/kg de semente; T3 (Químico): Sementes tratadas com fungicida químico Maxim[®], na dose de 200 mL de produto comercial (PC) para cada 100 kg de semente e T4 (Biológico + Químico): Sementes tratadas com a combinação de Tricho Turbo[®] (4 mL/kg de semente) e Maxim[®] (200 mL PC/100 kg de semente).

Após a aplicação dos tratamentos, o vigor das sementes foi avaliado por meio do teste de germinação, utilizando 200 sementes por tratamento. As sementes foram dispostas em rolos de papel germitest, umedecidos com uma quantidade de água equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, e mantidas em germinador a 25°C, com fotoperíodo de 12 horas.

As avaliações foram realizadas a partir do segundo até o sétimo dia após a instalação do experimento. Diariamente, foram contabilizadas as plântulas mortas. No sétimo dia, foram feitas as seguintes avaliações: comprimento de raiz e da parte aérea, que foi medido com régua plástica graduada; peso de massa fresca, onde as plântulas foram pesadas para determinar a massa fresca. Após a coleta desses dados, as plântulas foram secas em estufa a 60°C por 48 horas, e, posteriormente, pesadas para determinação da massa seca.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para verificar a significância das diferenças entre os tratamentos. Quando as diferenças foram significativas, as

médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados da análise estatística das variáveis porcentagem de germinação, porcentagem de plântulas anormais e porcentagem de plântulas com fungos:

Tabela 1: Porcentagem de germinação, plântulas anormais e presença de fungos em plântulas de feijão de comum tratadas com diferentes fungicidas no experimento 1.

| Tratamentos | Germinação (%) | Plantas anormais (%) | Plantas com fungo (%) |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Tratamento 1 | 99,75 | 9,75 a | 0,37 b |
| Tratamento 2 | 99,00 | 4,00 b | 2,25 a |
| Tratamento 3 | 99,00 | 4,25 b | 0,50 b |
| Tratamento 4 | 99,87 | 1,25 b | 0,00 b |
| <i>p</i> > F | 0,0668 ns | <0,001* | <0,001* |
| CV (%) | 90,1400 | 48,0800 | 0,3576 |
| <i>p</i> -valor SW | 0,9431 | 0,6306 | 0,0000 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Nota: No teste F, "ns" indica não significativo a 5% de probabilidade ($p\text{-valor} > 0,05$), "*" indica significativo a 5% de probabilidade ($p\text{-valor} < 0,05$). No teste Tukey médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Tabela 2: Porcentagem de germinação, plântulas anormais e presença de fungos em plântulas de feijão de comum tratadas com diferentes fungicidas no experimento 2.

| Tratamentos | Germinação (%) | Plantas anormais (%) | Plantas com fungo (%) |
|--------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Tratamento 1 | 99,76 | 2,24 | 0,64 a |
| Tratamento 2 | 99,84 | 2,16 | 0,16 b |
| Tratamento 3 | 99,92 | 1,84 | 0,00 b |
| Tratamento 4 | 99,92 | 1,76 | 0,00 b |
| <i>p</i> > F | 0,6949 ns | 0,7527 ns | <0,001 * |
| CV (%) | 174,96 | 41,47 | 104,88 |
| <i>p</i> -valor SW | 0,003 | 0,143 | 0,004 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Nota: No teste F, "ns" indica não significativo a 5% de probabilidade ($p\text{-valor} > 0,05$), "*" indica significativo a 5% de probabilidade ($p\text{-valor} < 0,05$). No teste Tukey médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Em ambos os experimentos realizados não foram encontradas diferenças significativas para a variável germinação de plântulas, sugerindo que todos os fungicidas testados têm um efeito similar na germinação das sementes.

Esses dados contrariam o que foi observado por Ishizuka *et al.* (2020), quando sementes de feijão tratadas com *T. asperellum* GF 422 e a associação de flutriafol + GF 422 prejudicaram a germinação, alcançando as menores porcentagens, mostrando que o tratamento de sementes pode influenciar na germinação das plântulas. Contudo, ainda para esses autores, a associação de Flutriafol + *T. asperellum* SF alcançou umas das maiores porcentagens de germinação de sementes inoculadas com *Fusarium oxysporum*, não diferindo estatisticamente de sementes não tratadas com fungicidas químicos ou biológicos e que também não foram inoculadas com *F. oxysporum*.

Em relação à presença de plântulas anormais, no experimento 1 o tratamento T1 obteve a maior porcentagem de plântulas anormais (9,75%), sendo estatisticamente superior a porcentagem de plântulas anormais nos demais tratamentos testados. No segundo experimento realizado não foram encontradas diferenças significativas para essa variável.

Ainda, em ambos os experimentos, a menor porcentagem de plântulas anormais foi observada no tratamento T4 (fungicida químico + biológico), obtendo percentuais de 1,25% no experimento 1 e 2,20% no experimento 2. Assim, a aplicação de fungicida químico e biológico pode ter influenciado positivamente a obtenção de um estande adequado e uniforme de plantas. Esses resultados vão contra os encontrados por Couto *et al.* (2021) em que sementes tratadas com carboxina + tiram (fungicidas químicos) aumentaram o número de plântulas anormais, sendo fitotóxico para a cultivar “Sossego” de trigo. Ishizuka *et al.* (2020), observaram que sementes de feijão tratadas com *T. asperellum* GF 422 e a associação de flutriafol + GF 422 prejudicaram a germinação das sementes, refletindo no maior número de plântulas anormais e sementes mortas, apesar de reduzir a incidência do patógeno *F. oxysporum* nas sementes.

Para a presença de fungos nas plantas, no experimento 1 o tratamento T2, onde foi realizada a aplicação de fungicida biológico a base de *Trichoderma*, apresentou a maior porcentagem de plântulas (2,25%) com a presença de fungos, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Já no experimento 2 a maior porcentagem de plântulas com fungos foi observada no tratamento T1, onde não foi realizada a aplicação de fungicidas.

Contudo, em ambos os experimentos realizados, a menor presença de fungos foi observada ao associar o fungicida biológico com o fungicida químico (tratamento T4), onde não foi observada a presença de nenhum fungo. Isso mostra que possivelmente a aplicação do fungicida biológico sozinho não foi eficaz em reduzir significativamente a presença de fungos em comparação com os tratamentos químicos, no entanto, a combinação de fungicidas mostrou-se mais eficaz na proteção contra doenças fúngicas..

Esses dados são contrários aos resultados obtidos por Couto *et al.* (2021), para sementes de trigo ‘Toruk’ tratadas com *T. asperellum* SF, em que foi observado a maior porcentagem de sementes sem fungos patogênicos, não diferindo estatisticamente dos fungicidas químicos piraclostrobina + tiofanato-metilo + fipronil e Carboxin + tiram. Os resultados observados no presente estudo também vão contra os dados obtidos por Ishizuka *et al.* (2020), que observaram que o controle de *F. oxysporum* em sementes de feijão comum foi mais eficiente ao utilizar agentes biológicos isoladamente, que reduziram a incidência do patógeno em 66 a 68%. Ao testar fungicidas químicos o controle foi de 25 a 30%, sendo os fungicidas Fludyoxonil, Flutriafol e Tiofanato metil. Esses mesmos autores observaram que fungicidas químicos combinados com produtos biológicos mostraram grande eficácia na redução da incidência de *F. oxysporum*. A mistura de tiofanato de metila com biológicos foi a mais eficaz, diminuindo entre 91% e 95% a presença do patógeno nas sementes. Para as combinações de flutriafol com biológicos (SF 04, GF 422 e cepa 1306), as incidências de *F. oxysporum* variaram entre 42% e 58%. Embora essas associações não tenham superado o controle do fungicida biológico isolado, mostrando maior eficiência do que o flutriafol sozinho, que apresentou uma incidência de 80%.

Para as demais variáveis avaliadas os resultados da análise de variância mostrou que, embora algumas diferenças nas médias tenham sido observadas através do teste de Scott Knott, a análise estatística não indicou que os tratamentos influenciaram de maneira significativa o comprimento de raiz e a massa fresca das plantas (Tabela 2).

Tabela 3. Médias de comprimento de raiz (cm), comprimento de plântula (cm), peso de massa fresca e seca (g) de plântulas de feijão oriundas de sementes tratadas com diferentes fungicidas no experimento 1.

| Tratamentos | Comprimento da raiz (cm) | Comprimento de plântula (cm) | Massa fresca (g) | Massa seca (g) |
|--------------|--------------------------|------------------------------|------------------|----------------|
| Tratamento 1 | 12,489 ab | 7,329 b | 19,533 b | 2,917 a |
| Tratamento 2 | 11,007 b | 7,941 ab | 22,256 a | 3,172 a |

| | | | | |
|---------------|-----------|----------|-----------|---------|
| Tratamento 3 | 13,221 ab | 8,077 ab | 20,840 ab | 3,185 a |
| Tratamento 4 | 14,504 a | 8,717 a | 20,863 ab | 2,870 a |
| $p>F$ | 0.0051* | 0.0034* | 0.0392* | 0.0226* |
| CV (%) | 8,51 | 5,030 | 5,450 | 5,080 |
| p -valor SW | 0,990 | 0,542 | 0,571 | 0,648 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Nota: No teste F, "ns" indica não significativo a 5% de probabilidade (p -valor $> 0,05$), "*" indica significativo a 5% de probabilidade (p -valor $< 0,05$). No teste Tukey médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Médias de comprimento de raiz (cm), comprimento de plântula (cm), peso de massa fresca e seca (g) de plântulas de feijão oriundas de sementes tratadas com diferentes fungicidas no experimento 2.

| Tratamentos | Comprimento da raiz (cm) | Comprimento de plântula (cm) | Massa fresca (g) | Massa seca (g) |
|---------------|--------------------------|------------------------------|------------------|----------------|
| Tratamento 1 | 12,680 a | 7,670 | 25,315 | 2,967 |
| Tratamento 2 | 9,690 b | 8,130 | 24,762 | 2,984 |
| Tratamento 3 | 15,065 a | 7,570 | 23,981 | 2,721 |
| Tratamento 4 | 12,843 a | 8,237 | 25,519 | 2,920 |
| $p>F$ | $<0,001^*$ | 0,247 ns | 0,3403 ns | 0,477 ns |
| CV (%) | 12,410 | 7,590 | 5,630 | 10,00 |
| p -valor SW | 0,462 | 0,323 | 0,732 | 0,024 |

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Nota: No teste F, "ns" indica não significativo a 5% de probabilidade (p -valor $> 0,05$), "*" indica significativo a 5% de probabilidade (p -valor $< 0,05$). No teste Tukey médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem significativamente a 5% de probabilidade.

Os resultados dos experimentos 1 e 2 mostraram diferenças significativas no comprimento da raiz entre os tratamentos. No experimento 1 (Tabela 3), observou-se que houve diferença estatística entre os tratamentos, em que o tratamento T4 apresentou o maior comprimento da raiz (14,504 cm), se equiparando aos tratamentos T3 e T1. Enquanto o T2 promoveu o menor crescimento de raiz, com 11,007 cm. Já no experimento 2, os tratamentos houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados, sendo que o tratamento T3 apresentou a maior média de comprimento de raiz (15,065 cm) e se equiparou estatisticamente aos tratamentos T4 e T1 com valores de 12,843 e 12,680 cm, respectivamente. Em

contrapartida, o T2 apresentou o menor valor médio (9,690 cm) para a variável avaliada e não diferiu de forma significativa dos demais tratamentos.

Esses dados vão contra os resultados encontrados por Couto *et al.* (2021), que não observaram diferenças significativas nos tratamentos químicos e biológicos de sementes de trigo com fungicidas, em condições de laboratório, para as variáveis comprimento de raiz e massa seca. Ainda, esses autores acreditam que plantas cultivadas em papel germitest sob condições de laboratório e tratadas com fungos podem sofrer estresse devido à competição por espaço e nutrientes entre as sementes e os fungos, podendo prejudicar o desenvolvimento das raízes. Assim, como não havia nutrientes disponíveis para o *Trichoderma* durante o processo de estabelecimento da relação endofítica, os fungos podem ter consumido as reservas das sementes ou as plântulas em desenvolvimento, comprometendo o crescimento das plantas.

Em relação a variável comprimento de plântula, a análise estatística mostrou que no experimento 1 houve diferença estatística entre os tratamentos aplicados, destacando-se o tratamento T4 que alcançou a maior média (8,717 cm), e diferindo estatisticamente da testemunha com média de 7,329 cm de comprimento de plântula. Para o experimento 2 não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados.

O resultado positivo observado a partir da associação do tratamento químico e biológico (tratamento T4) no experimento 1 pode refletir de um efeito sinérgico entre os tipos de fungicidas, favorecendo o desenvolvimento das plântulas, como foi observado em alguns estudos. Ishizuka *et al.* (2020) observaram que ao testar fungicidas químicos e isolados de *Trichoderma* em sementes de feijão comum inoculadas com *Fusarium oxysporum*, o comprimento de parte aérea não diferiu estatisticamente entre as médias dos isolados de *Trichoderma* (*Trichoderma asperellum* SF04 e GF422), o fungicida químico tiofanato metílico e a associação de fludioxonil+SF04 e fludioxonil+GF422.

Esses dados contradizem os resultados de Couto *et al.* (2021), que observaram um maior crescimento de plântulas de trigo ao receber apenas o tratamento químico com carboxina + tiram.

No que se refere à variável massa fresca, os resultados da análise de variância mostraram diferenças significativas apenas no experimento 1, indicando que os tratamentos influenciam de maneira distinta o crescimento das plântulas entre os experimentos. No experimento 1, houve diferença estatística apenas entre o tratamento T2 com a maior média de massa fresca (22,256 g) e a testemunha com o menor desempenho (19,533 g), porém não ocorreu diferença estatística entre os tratamentos aplicados (T2, T3 e T4) que promoveram valores médios de massa fresca de 22,256 a 20,840 g).

No experimento 2 não houve diferenças significativas entre os tratamentos. As médias dos tratamentos variaram de 25,519 a 23,981 g.

Conto *et al.* (2021) observou que ao se testar uma testemunha e três isolados de *Trichoderma harzianum* em casa de vegetação, sendo dois isolados nativos do Mato Grosso do Sul, não foram observadas diferenças significativas para as variáveis altura, massa fresca da parte aérea e raízes, massa seca da parte aérea e raízes de plantas de soja em casa de vegetação aos 40 dias de cultivo. Apesar de não serem encontradas diferenças significativas entre esses tratamentos, observa-se que a maior média foi alcançada ao utilizar apenas o fungicida biológico a base de *Trichoderma*. É possível que este fato esteja relacionado ao uso do agente biológico favorecer o desenvolvimento de plântulas. A aplicação de isolados de *Trichoderma* spp., pode favorecer o crescimento das plantas por meio de vários mecanismos, incluindo a produção de hormônios como auxinas, giberelinas e citocininas. Esses hormônios estimulam o desenvolvimento das plantas, promovendo aumento na altura, diâmetro do caule e na produção de frutos (Ramada; Lopes; Ulhoa, 2019),

Para a variável massa seca, no experimento 1, embora o valor de p do teste F (0,0226) indique que há uma diferença significativa entre os tratamentos em relação à massa seca das plântulas, os resultados do teste de Tukey não mostraram diferenças significativas entre os tratamentos, uma vez que todas as médias receberam a mesma letra. Ainda assim, numericamente os resultados mostram que o tratamento T3, sendo constituído apenas de fungicida químico, foi o que obteve o maior média (3,185 g), mas não se diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, o que mostra que a aplicação de fungicidas químicos ou biológicos não teve um efeito relevante sobre a acumulação de massa seca das plântulas. Para o experimento 2 não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos estudados.

Esses dados são corroborados por Ishizuka *et al.* (2020), que encontraram valores estatisticamente semelhantes de massa seca em mudas de feijão comum em que as sementes receberam tratamentos a base de tiofanato metílico, *Trichoderma asperellum* SF 04, *Trichoderma asperellum* GF422, fludioxonil+GF 422 e tiofanato metílico+GF 422, não obtiveram diferenças estatísticas entre si e alcançaram as maiores médias dentre os tratamentos utilizados, mostrando que não houve maiores incrementos de matéria seca entre plantas que receberam tratamento químicos ou biológicos.

Esses resultados sugerem que, em relação às variáveis analisadas, o tipo de tratamento teve um efeito mais pronunciado sobre a parte aérea, e não sobre as demais variáveis relacionadas ao crescimento das plantas, como massa da raiz, massa fresca e massa seca.

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que os fungicidas testados não afetaram significativamente a germinação das sementes de feijão. No primeiro experimento, o tratamento com fungicida químico e biológico (tratamento T4) resultou na menor porcentagem de plântulas anormais, indicando um estande mais uniforme, mas no segundo experimento não houve diferenças significativas. Quanto ao crescimento das plântulas, os tratamentos não influenciaram significativamente o comprimento da raiz e a massa fresca. No entanto, no comprimento da raiz, o tratamento T4 teve os melhores resultados no experimento 1. Para a massa seca, apesar de uma diferença significativa, o teste de Tukey não mostrou variações entre os tratamentos. Em relação aos fungos, a combinação de fungicidas químicos e biológicos foi mais eficaz no controle de doenças fúngicas nas plântulas. Esses resultados sugerem que a associação de fungicidas pode ser mais eficaz no controle de fungos, mas não afetou significativamente a germinação e o desenvolvimento das plântulas.

REFERÊNCIAS

- ABDELMOTELEB, A.; GONZALEZ-MENDOZA, D. ; ZAYED, O.. Cell-free culture filtrate of *Trichoderma longibrachiatum* AD-1 as alternative approach to control *Fusarium solani* and induce defense response *Phaseolus vulgaris* L. plants. **Rhizosphere**, Amsterdã, v. 25, e. 100648, p. 1-7, Mar. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100648>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452219822001781>. Acesso em: 15 out. 2024.
- ADNAN, M.; ISLAM, W.; SHABBIR, A.; KHAN, K. A.; GHRAH, . A.; HUANG, Z.; CHEN, H. Y.H.; LU, Guo-Dong. Plant defense against fungal pathogens by antagonistic fungi with *Trichoderma* in focus. **Microbial Pathogenesis**, Amsterdã, v. 129, p. 7-18, Apr. 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2019.01.042>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882401018320631?via%3Dihub>. Acesso em: 15 out. 2024.
- ALVES NETO, A. J.; LANA, M. do C.; LORENZETTI, E.; HENKEMEIER, N. P.; SCHIMILOSKI, S.; RITTER, G. Inoculantes convencionais e protetores biológicos, co-inoculação e adubação nitrogenada em soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 19, n. 2, p. 187-195, 2020. DOI: 10.18188/sap.v19i2.23522. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/scientiaagraria/article/view/23522>. Acesso em: 30 set. 2024.
- AMADA, M. H.; LOPES, F. A. C.; ULHÓA, C. J. *Trichoderma*: metabólitos secundários. In: MEYER, M. C.; MAZARO, S. L. M.; SILVA, J. C. (ed.). **Trichoderma uso na agricultura**. Brasília: EMBRAPA, p. 201-218, 2019. 538 p.
- AMARO, H. T. R.; C.OSTA, R. C.; PORTO, E. M. V.; ARAÚJO, E. C. M.; FERNANDES, H. M. F.. Tratamento de sementes com produtos à base de fertilizantes e reguladores de crescimento. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 222-242, ago. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.36812/pag.2020261222-242>. Disponível em: <https://revistapag.agricultura.rs.gov.br/ojs/index.php/revistapag/article/view/625>. Acesso em: 15 out. 2024.
- BALESTRIN, J. T.; FRANDALOSO, D.; CASAGRANDE, R.. Influência do tratamento de sementes e da profundidade de semeadura na emergência de plântulas de soja e feijão. **Brazilian Journal Of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 7, p. 49804-49810, jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n7-579>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343494733_Influencia_do_tratamento_de_sementes_e_da_profundidade_de_semeadura_na_emergencia_de_plantulas_de_soja_e_feijao. Acesso em: 28 set. 2024.
- BEM JUNIOR, L. del; FERRARI, J. L.; DARIO, G.; RAETANO, C. G.. Impact of storage on the physiological quality of soybean seeds after treatment with fungicides and insecticides. **Journal Of Seed Science**, Viçosa, v. 42, n. 0, p. 1-10, jan. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v42236236>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jss/a/pjv5CWRNKTDdbPhtvzzYTZvz/>. Acesso em: 28 set. 2024.
- BISCAIA, W. F.; BERTACI, M. J. O. O mercado da soja no Brasil pós-pandemia da COVID-19. **Revista Interface Tecnológica**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 641-652, 2022. DOI:

10.31510/inf.v19i2.1472.

Disponível

em:

<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1472>. Acesso em: 1 jun. 2024.

BUENO, A. de F.; CARVALHO, G. A.; NOGUEIRA, M. A.; MEDEIROS, F. H. V. de; MEDEIROS, F. C. L. de; HUNGRIA, M.; ARDISSON-ARAUJO, D. M.; RIBEIRO, B. M.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; HIROSE, E. Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja. In: MEYER, M. C.; BUENO, A. de F.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília: Embrapa, 2022. p. 472-492.

Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1147068/1/cap-27-Bioinsumos-na-cultura-da-soja.pdf>. Acesso em: 03 out. 2024.

CARVALHO, G. A.; REIS, P. R.; GRUTZAMACHER, A. D.; DEGRANDE, P. E.; YAMAMOTO, P. T.; BUENO, A. F. Seletividade de produtos fitossanitários: uma estratégia viável para a agricultura sustentável. In: PARRA, J. R. P.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; PINTO, A. S.; DINIZ, A. J. F. (org.). **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2021. v. 1, p. 481-510.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas. Brasília, DF: CONAB, 2024.**

Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5728-ultimolevantamento-da-safra-2023-2024-estima-producao-de-graos-em-298-41-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 06 out. 2024

CONTO, L. M. de; COSTA, F. A.; COSTA, A. C. da; ULHOA, C. J.. Potencial de isolados de trichoderma spp. Nativos em controlar o fungo sclerotinia sclerotiorum e como promotor de crescimento na cultura da soja. **Brazilian Journal Of Development**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 3, p. 30616-30632, jan. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n3-673>. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/350643736_POTENCIAL_DE_ISOLADOS_DE_TRICHODERMA_SPP_NATIVOS_EM_CONTROLAR_O_FUNGO_SCLEROTINIA_SCLEROTIORUM_E_COMO_PROMOTOR_DE_CRESCIMENTO_NA_CULTURA_DA_SOJA_POTENTIAL_OF_NATIVES_TRICHODERMA_SPP_ISOLATES_TO_CONTRO. Acesso em: 16 nov. 2024.

COUTO, A. P. S.; PEREIRA, A. E.; ABATI, J.; FONTANELA, M. L. C.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; KROHN, N. G.. Seed treatment with trichoderma and chemicals to improve physiological and sanitary quality of wheat cultivars1. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 34, n. 4, p. 813-823, dez. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252021v34n408rc>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/bkPHP48ZhbKfJfFqPFpQfx/#:~:text=This%20study%20aimed%20to%20determine%20the%20most%20efficient,comparing%20the%20performance%20of%20biological%20and%20chemical%20agents..> Acesso em: 16 nov. 2024.

CRUZ, A. F. da S.; ARAÚJO, D. B.; NEVES, E. G. das; FARIAS, O. R. de; NASCIMENTO, L. C. do. CONTROLE BIOLÓGICO SOBRE A QUALIDADE DE SEMENTES DE CAJANUS CAJAN (L.) MILLSP. **Revista Científica Faema**, Ouro Preto, v. 15, n. 1, p. 141-155, jul. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.31072/rcf.v15i1.1429>. Disponível em: <https://revista.unifaema.edu.br/index.php/Revista-FAEMA/article/view/1429>. Acesso em: 30 set. 2024.

DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Production: Brazil. Washington, DC: USDA, 2024.** Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/production/country/br>. Acesso em: 1 jun. 2024.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. BRSMG Uai: cultivar de feijão tipo carioca com planta de arquitetura ereta. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. 7 p. Comunicado Técnico, 246. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1103800>. Acesso em: 09 set. 2024.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **FAOSTAT: Estatísticas de comércio de produtos agrícolas.** Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Acesso em: 25 set. 2024.

GUIMARÃES, R. A.; ZANOTTO, E.; PERRONY, P. E. P.; ZANOTTO, L. A. S.; SILVA, L. J. da; MACHADO, J. da C.; PINTO, F. A. M. F.; MEDEIROS, H. N.; VON PINHO, R. G.; MELO, I. S. de. Integrating a chemical fungicide and *Bacillus subtilis* BIOUFLA2 ensures leaf protection and reduces ear rot (*Fusarium verticillioides*) and fumonisin content in maize. **Journal Of Phytopathology**, Weinheim, v. 169, n. 3, p. 139-148, Mar. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/jph.12968>. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Integrating-a-chemical-fungicide-and-Bacillus-leaf-Guimar%C3%A3es-Zanotto/0b68a0f234e18b0ed78e2812b65f67d1706e70a8>. Acesso em: 28 ago. 2024.

ISHIZUKA, M. S.; CASTRO, R. R. L. de; MORAES, M. H. D. de; MENTEN, J. O. M.. Effect of chemical and biological seed treatments on common bean seeds inoculated with *Fusarium oxysporum* f. sp. phaseoli. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 87, p. 1-10, jan. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000702018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aib/a/v84Bnv8zJdp36Xmst7Fvrhm/?lang=en>. Acesso em: 16 nov. 2024.

KHAN, A.; HARIS, M.; HUSSAIN, T.; KHAN, A. A.; LAASLI, S. E.; LAHLALI, R.; MOKRINI, F.. Counter-attack of biocontrol agents: environmentally benign approaches against root-knot nematodes (*meloidogyne* spp.) on agricultural crops. **Heliyon**, Amsterdã, v. 9, n. 11, p. 21653, Nov. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21653>. Disponível em: <https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-8440%2823%2908861-8>. Acesso em: 16 nov. 2024.

LEZAMA, C. P.; ROMERO-ARENAS, O.; ITA, M. de L. A. V. de; RIVERA, A.; JARQUÍN, D. M. S.; HUERTA-LARA, M.. In Vitro Study of the Compatibility of Four Species of *Trichoderma* with Three Fungicides and Their Antagonistic Activity against *Fusarium solani*. **Horticulturae**, Basel, v. 9, n. 8, p. 905-919, Aug. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/horticulturae9080905>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/8/905>. Acesso em: 12 nov. 2024.

MANZAR, N.; KASHYAP, A. S.; GOUTAM, R. S.; RAJAWAT, M. V. S.; SHARMA, P. K.; SHARMA, S. K.; SINGH, H. V.. *Trichoderma*: advent of versatile biocontrol agent, its secrets and insights into mechanism of biocontrol potential. **Sustainability**, Basel, v. 14, n. 19, p. 12786-12818, Oct. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141912786>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/19/12786>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MAYO-PRIETO, S.; SQUARZONI, A.; CARRO-HUERGA, G.; PORTEOUS-ÁLVAREZ, A. J.; GUTIÉRREZ, S.; CASQUERO, P. A.. Organic and Conventional Bean Pesticides in Development of Autochthonous Trichoderma Strains. **Journal Of Fungi**, Basel, v. 8, n. 6, p. 603-621, June 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/jof8060603>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/6/603>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. da (ed.). **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. 536 p.. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1117296>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MOREIRA, V. de A.; OLIVEIRA, C. E. da S.; JALAL, A.; GATO, I. M. B.; OLIVEIRA, T. J. S. S.; BOLETA, G. H. M.; GIOLO, V. M.; VITÓRIA, L. S.; TAMBURI, K. V.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.. Inoculation with Trichoderma harzianum and Azospirillum brasilense increases nutrition and yield of hydroponic lettuce. **Archives Of Microbiology**, Berlin, v. 204, n. 7, p. 440-452, June 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00203-022-03047-w>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/361653694_Inoculation_with_Trichoderma_harzianum_and_Azospirillum_brasilense_increases_nutrition_and_yield_of_hydroponic_lettuce. Acesso em: 16 nov. 2024.

MUKHERJEE, P. K.; MENDOZA-MENDOZA, A.; ZEILINGER, S.; HORWITZ, B. A.. Mycoparasitism as a mechanism of Trichoderma-mediated suppression of plant diseases. **Fungal Biology Reviews**, Amsterdã, v. 39, p. 15-33, Mar. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2021.11.004>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/356682328_Mycoparasitism_as_a_mechanism_of_Trichoderma-mediated_suppression_of_plant_diseases. Acesso em: 10 nov. 2024.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. de S.; NAVA, D. E.; OLIVEIRA, R. C. de; DINIZ, A. J. F.. **Controle biológico com parasitoides e predadores na agricultura brasileira [prefácio]**. Piracicaba: FEALQ, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003041641>. Acesso em: 02 nov. 2025

PEREIRA, R. B.; TEIXEIRA, M. B.; CUNHA, F. N.; MORAIS, W. A.; CUNHA, G. N.; CABRAL FILHO, F. R.. Feijão comum irrigado e fertilizado com vinhaça. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 38, n. 3, p. 12-19, set. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/energagric.2023v38n3p12-19>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377285492_FEIJAO_COMUM_IRRIGADO_E_FERTILIZADO_COM_VINHACA. Acesso em: 03 nov. 2024.

PEREIRA, R. C.; BRACCINI, A. L.; SILVA, B. G. da; PELLOSO, M. F.; FRACASSO, J. L. V.; OLIVEIRA, F. dos S. de; ROSENDO, A. A.; BORGES, Y. M.. Physiological potential of soybean seeds subjected to industrial treatment and storage time. **Australian Journal Of Crop Science**, Kenmore, v. 1, n. 18, p. 45-49, Jan. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.24.18.01.p4048>. Disponível em: <https://www.cropj.com/pereira-18-1-2024-45-49.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2024.

PIEPER, M. S.; MENEGHELLO, G. E.; POSSER, G. F.; BRUINSMA, M. S.; FRANCO, M. S.; MACHADO, N. L. Avaliação e respostas do tratamento químico em sementes de soja com e sem tegumento rompido. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, Havana, v. 17, n. 3, Mar. 2024. DOI: <https://doi.org/10.55905/revconv.17n3-200>. Disponível em:

<https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5597>. Acesso em: 01 jun. 2024.

SANTOS, J. P. dos; OLIVEIRA, A. L. P. de; PUTTI, F. F. Bioinsumos na agricultura: panorama tecnológico das patentes biológicas. **Revista de Gestão e Secretariado**, Curitiba, v. 15, n. 9, p. e4137, 2024. DOI: 10.7769/gesec.v15i9.4137. Disponível em: <https://ojs.revistasgesec.org.br/secretariado/article/view/4137>. Acesso em: 30 set. 2024.

SANTOS, M. S.; RODRIGUES, T. F.; NOGUEIRA, M. A.; HUNGRIA, M. The challenge of combining high yields with environmentally friendly bioproducts: A review on the compatibility of pesticides with microbial inoculants. **Agronomy**, Basel, v. 11, p. 870, 2021. DOI: 10.3390/agronomy11050870. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/5/870>. Acesso em: 30 set. 2024.

SARITHA, M.; KUMAR, P.; PANWAR, N. R.; BURMAN, U.. Intelligent plant–microbe interactions. **Archives Of Agronomy And Soil Science**, Londres, v. 68, n. 7, p. 1002-1018, Jan. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2020.1870677>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03650340.2020.1870677>. Acesso em: 30 set. 2024.

SARTORI, F. F.; ENGROFF, T. D.; SANCHES, T. H. G.; SOAVE, J. M.; PESSOTTO, M. V.; FELISBERTO, G.; HILGEMBERG JUNIOR, V. E.; REIS, A. F. de B.; HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A.. Potentially harmful effects of seed treatment and pre-inoculation on soybean biological nitrogen fixation and yield. **European Journal Of Agronomy**, Amsterdã, v. 142, p. 126660, Jan. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2022.126660>. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1150746?mode=full>. Acesso em: 30 set. 2024.

SIDDIQUI, Z. A.; AZIZ, S.. Plant parasitic nematode-fungus interactions: recent concepts and mechanisms. **Plant Physiology Reports**, Berlim, v. 29, n. 1, p. 37-50, Jan. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40502-023-00762-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40502-023-00762-4>. Acesso em: 02 nov. 2024.

SILVA, I. L.; CAMARGO, F. R. T. de; SOUZA, R. T. G. de; TEIXEIRA, I. R.; KIKUTI, H. Armazenamento de sementes de soja tratadas com produtos químicos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina v. 40, n. 6, p. 2961–2972, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl2p2961. Disponível em: <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=eca004b21b9ab2d49492a7b9534ed28d40a9b201fb00fe91c2faf1c2a0893e4dJmltdHM9MTc0Mjg2MDgwMA&ptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=14a86612-5e13-62ef-1d05-72895f07639e&psq=10.5433%2f1679-0359.2019v40n6Supl2p2961&u=a1aHR0cHM6Ly9vanMudWVsLmJyL3JldmlzdGFzL3VlbC9pbmRleC5waHAvc2VtYWdyYXJpYXMvYXJ0aWNsZS9kb3dubG9hZC8zNDUyNi8yNjE5Ny8xODQxNzA&ntb=1>. Acesso em: 02 nov. 2024.

SILVA, J. H. B. da; SILVA, D. M. de A.; SILVA, K. M.; CUSTÓDIO, B. A.; BARBOSA, J. M. da S.; SILVA, J. S. L. da; FERRO, F. C.; MARTINS, A. H. P. da C.; FRANÇA, K. C. de B.; SILVA, E. M. da. Técnicas agronômicas visando o aumento da produção e qualidade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): Uma revisão integrativa. **Scientific Electronic Archives**, São Carlos, v. 16, n. 12, p. 68-72, nov. 2023. DOI: 10.36560/161220231816. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1816>. Acesso em: 27 set. 2024.

SILVA, Q. C. de L.; MELO, R. R. L. de; CRISTO, C. C. N. de; SILVA, J. M. da; MELO, L. H. V.; CARNAÚBA, J. P. Detecção de fungos em sementes de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 11, 2020, São Cristóvão. Anais [...] São Cristóvão: CBA - Manejo de Agroecossistemas de Base Ecológica, 2020. v. 15, p. 1–11. Disponível em: <https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/article/view/3958/4383>. Acesso em: 1 out. 2024.

TIWARI, S.; PRASAD, V.; LATA, C. *Bacillus*: Plant growth promoting bacteria for sustainable agriculture and environment. In: SHANKAR, S. J.; SINGH, D. P. (ed.). **New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering**. Lucknow: Elsevier, 2019. p. 43–55.

VIDAL, M. C.; AMARAL, D. F. S.; NOGUEIRA, J. D.; MAZZARO, M. A. T.; LIRA, V. M. C.. Bioinsumos: A construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, Berlim, v. 12, n. 3, p. 557–574, 2021. DOI: 10.31501/ealr.v12i3.12811. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/index.php/acervo/buscar.html?task=detalhes&id=W4214861432>. Acesso em: 30 set. 2024.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R.; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: O programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: GINDRI, D. M. (org.). **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. Florianópolis: CIDASC, 2020. p. 382–409.

WANG, W.; PENG, G.; SUN, Y.; CHEN, X.. Increasing the tolerance of *Trichoderma harzianum* T-22 to DMI fungicides enables the combined utilization of biological and chemical control strategies against plant diseases. **Biological Control**, Amsterdã, v. 192, p. 105479, May 2024. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2024.105479. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/biological-control/vol/189/suppl/C>. Acesso em: 30 set. 2024.

WOO, S. L.; HERMOSA, R.; LORITO, M.; MONTE, E.. *Trichoderma*: a multipurpose, plant-beneficial microorganism for eco-sustainable agriculture. **Nature Reviews Microbiology**, Londres, v. 21, n. 5, p. 312–326, Nov. 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41579-022-00819-5>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41579-022-00819-5>. Acesso em: 20 set. 2024.

WU, J.; ZHU, J.; ZHANG, D.; CHENG, H.; HAO, B.; CAO, A.; YAN, D.; WANG, Q.; LI, Y.. Beneficial effect on the soil microenvironment of *Trichoderma* applied after fumigation for cucumber production. **Plos One**, São Francisco, v. 17, n. 8, Aug. 2022. DOI: 10.1371/journal.pone.0266347. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0266347>. Acesso em: 25 set. 2024.

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**, Londres, v. 10, n. 1, p. 12576, Jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-69434-9>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-69434-9.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024.

ZHANG, F.; XU, X.; HUO, Y.; XIAO, Y. *Trichoderma* inoculation and mowing synergistically altered soil available nutrients, rhizosphere chemical compounds and soil microbial community, potentially driving alfalfa growth. **Frontiers in Microbiology**, Lausanne, v. 9, p. 1-9, Jan. 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2018.03241. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2018.03241/full>. Acesso em: 12 nov. 2024.