

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SILVANA MATUCZAK

INOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* E *Trichoderma harzianum* EM SEMENTES DE FEIJÃO

DOIS VIZINHOS – PR

2023

SILVANA MATUCZAK

INOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* E *Trichoderma harzianum* EM SEMENTES DE FEIJÃO

Inoculation with *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* and *Trichoderma harzianum* in beans seeds

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Lucas da Silva Domingues.

DOIS VIZINHOS – PR

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

SILVANA MATUCZAK

INOCULAÇÃO COM *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* E *Trichoderma harzianum* EM SEMENTES DE FEIJÃO

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 28 de junho de 2023

LUCAS DA SILVA DOMINGUES

Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

MARISTELA DOS SANTOS REY

Doutora
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

LARISSA YUKI TERADA

Engenheira Agrônoma
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

DOIS VIZINHOS – PR

2023

RESUMO

O feijão é uma das leguminosas mais presentes na mesa dos brasileiros, apresentando importante papel nutricional e social no país. A fim de reduzir a utilização de adubos químicos na cultura, a inoculação e coinoculação de microrganismos é uma estratégia que vem ganhando espaço nos últimos anos. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da inoculação e coinoculação de sementes de feijão com bactérias *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* e *Trichoderma harzianum* no desenvolvimento e produtividade da cultura. Para tal, este experimento foi dividido em três partes, primeiramente realizou-se teste de germinação em laboratório, conforme metodologia proposta pela Regra de Análise de Sementes; posteriormente foi realizado experimento em vasos, utilizando delineamento experimental em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos (T1 - testemunha; T2 - inoculação com *R. tropici*; T3 - inoculação com *T. harzianum*; T4 - inoculação com *B. subtilis* e *B. megaterium*; T5 - coinoculação com *T. harzianum*, *R. tropici*, *B. subtilis* e *B. megaterium*) e quatro repetições; e, fazendo uso do mesmo delineamento, realizou-se experimento à campo. Os produtos foram inoculados conforme as recomendações do fabricante no momento da semeadura, e a cultivar usada foi a IPR Urutau. Determinou-se a porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas, massa fresca e seca de raiz e de parte aérea, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Os dados obtidos nas três partes do experimento foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, submetidos ao teste de médias Scott Knott à 5% de nível de significância. Verificou-se que a utilização da associação de microrganismos (T5) proporcionou maior porcentagem de plântulas normais e incrementos nos componentes agronômicos da cultura do feijão, culminando em aumento da produtividade de grãos. Por conseguinte, a coinoculação de *T. harzianum*, *R. tropici*, *B. subtilis* e *B. megaterium* se mostrou viável nas condições estudadas.

Palavras-chave: produto biológico; tratamento de sementes; bactérias diazotróficas.

ABSTRACT

Beans are one of the most common legumes on the Brazilian table, with an important nutritional and social role in the country. In order to reduce the use of chemical fertilizers in the crop, inoculation and coinoculation of microorganisms is a strategy that has been gaining ground in recent years. In this sense, the objective of this work was to evaluate the performance of the inoculation and coinoculation of bean seeds with strains of bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* and *Trichoderma harzianum* in the development and productivity of culture. For this purpose, this experiment was divided into three parts, firstly, a germination test was carried out in the laboratory, according to the methodology proposed by the Seed Analysis Rule; subsequently, an experiment was carried out in pots, using a randomized block design (DBC) with five treatments (T1 - control; T2 - inoculation with *R. tropici*; T3 - inoculation with *T. harzianum*; T4 - inoculation with *B. subtilis* and *B. megaterium*; T5 - coinoculation with *T. harzianum*, *R. tropici*, *B. subtilis* and *B. megaterium*) and four replications; and, using the same design, a field experiment was carried out. The products were inoculated according to the manufacturer's recommendations at the time of sowing, and the cultivar used was the IPR Urutau. The percentage of normal, abnormal and dead seedlings, fresh and dry mass of roots and shoots, mass of a thousand grains and grain yield were determined. The data obtained in the three parts of this experiment were submitted to analysis of variance and, when significant, submitted to the Scott Knott mean test at 5% significance level. It was verified that the use of the association of microorganisms (T5) provided a higher percentage of normal seedlings and increments in the agronomic components of the bean crop, culminating in an increase in grain productivity. Therefore, coinoculation of *T. harzianum*, *R. tropici*, *B. subtilis* and *B. megaterium* proved to be viable under the conditions studied.

Keywords: biological product; seed treatment; diazotrophic bacteria.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura do feijoeiro	8
Figura 2 – Representação esquemática do fósforo com relação aos aspectos que afetam a nutrição vegetal	12
Figura 3 – a) T1 apresentando incidência de fungos no teste de germinação; b) T3 sem incidência de fungos no teste de germinação.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nutrientes em feijão: extração e exportação	8
Tabela 2 – Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas de feijão submetidas a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos	21
Tabela 3 – Comprimento de plantas, massa fresca e massa seca de raiz e parte aérea de plantas de feijão submetidas a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos	23
Tabela 4 – Massa de mil grãos e produtividade de plantas de feijão submetidas a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	OBJETIVOS	6
	2.1 Objetivo geral	6
	2.2 Objetivos específicos	6
3	REVISÃO DE LITERATURA	6
	3.1 Cultura do feijão	6
	3.2 Microrganismos de importância agrícola	9
	3.3 Importância e dinâmica do P no solo	11
	3.4 Microrganismos solubilizadores de P	13
	3.5 Inoculação com <i>Rhizobium tropici</i>	15
	3.6 <i>Trichoderma harzianum</i> na promoção de crescimento vegetal	16
4	MATERIAL E MÉTODOS	19
	4.1 Teste de germinação em laboratório	19
	4.2 Experimento em vasos	19
	4.3 Experimento à campo	20
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
6	CONCLUSÕES	26
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O feijão é consumido em todas as regiões do Brasil e, junto com o arroz, está presente na mesa de diversas classes sociais, sendo fonte de proteínas, ferro e carboidratos. O seu cultivo ocorre tanto em pequena como em grande escala, em variados sistemas de produção, de acordo com a região do país (MORAES; MENELAU, 2017).

De acordo com indicações da CONAB (2021), o seu cultivo apresenta vantagens como o ciclo curto, o que permite adequar o plantio dentro de uma janela menor, possibilitando a produção de outras culturas ainda no mesmo ano-safra, o que proporciona alternativas de renda ao produtor.

Dados do IBGE (2022) apontam que, no ano de 2021, o Paraná foi o maior estado produtor de feijão no Brasil e o rendimento médio foi de 1.540 kg ha⁻¹ no país. Ao passo que a área colhida correspondeu a 409.799 ha, produzindo 631.295 toneladas, totalizando um valor de produção de 2.648.185 mil reais, o qual representou um aumento de mais de 23% em valor de produção quando comparado ao ano safra de 2020 (IBGE, 2022).

Esta leguminosa é capaz de se associar simbioticamente a diversas bactérias do grupo dos rizóbios, formando nódulos nas raízes onde ocorre o processo de transformação do N atmosférico (N₂) em amônia (NH₃) assimilável pelas plantas, ou seja, é capaz de realizar o processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) (BRITO *et al.*, 2015), reduzindo o uso de fertilizantes nitrogenados na cultura e, conseqüentemente, o custo de produção.

Por outro lado, há outros microrganismos capazes de melhorar o desenvolvimento de plantas, seja através da promoção de crescimento, solubilização de nutrientes, produção de fitohormônios, controle de patógenos ou qualquer outro mecanismo capaz de estimular o crescimento vegetal e auxiliar no aumento de produção.

Dessa forma, a inoculação com microrganismos benéficos tem se mostrado uma alternativa viável, devido ao baixo custo e diminuição dos impactos ambientais causados por insumos químicos, fatores essenciais para o estabelecimento de sistemas agrícolas sustentáveis (SOTTERO *et al.*, 2006; DARTORA *et al.*, 2013).

Em contrapartida, alguns fatores são importantes para manter a viabilidade dos produtos biológicos, dado que são constituídos por organismos vivos. No caso de

produtos à base de fungos, Iwanicki *et al.* (2022) recomendam armazenamento em geladeira (4° C) até o momento da aplicação, uma vez que em temperatura ambiente (25 °C), os fungos geralmente perdem a viabilidade mais rápido. Ainda, orientam que o gênero *Bacillus* suporta armazenamento em temperatura ambiente por mais tempo, entretanto, é indicado consultar a bula do produto utilizado para obter informações específicas para a espécie de interesse (IWANICKI *et al.*, 2022).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho da inoculação em sementes de feijão com bactérias *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* e *Trichoderma harzianum* no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho da inoculação em sementes de feijão com bactérias *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Rhizobium tropici* e *Trichoderma harzianum* no desenvolvimento e na produtividade da cultura.

2.2 Objetivos específicos

Estudar os efeitos da inoculação com microrganismos no crescimento e desenvolvimento da cultura do feijoeiro.

Avaliar o efeito da inoculação de microrganismos promotores de crescimento nos componentes de rendimento da cultura do feijoeiro.

Observar o efeito da associação de diferentes microrganismos na inoculação em sementes de feijão.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do feijão

A cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), seja do tipo comum, caupi ou fava, é a principal fonte de proteínas de populações de baixa renda da América Latina e África, constituindo um produto com importante papel nutricional, econômico e social (VASCONCELOS *et al.*, 2010).

O feijoeiro comum é cultivado em quase todos os estados brasileiros, sob diferentes condições climáticas e de solo, épocas de semeadura (atualmente divididas em três safras – chuvosa, seca e inverno) e sistemas de cultivo, desde agricultura de subsistência até agricultura de alta tecnologia (PEREIRA *et al.*, 2017).

A preferência do consumidor brasileiro é diversificada e dependente da tradição local (SILVA, 2018). O tipo carioca é o mais cultivado e consumido no território brasileiro (MAPA, 2015), seguido do tipo preto, o qual apresenta maior aceitação nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Rio de Janeiro e Espírito do Santo (VIEIRA *et al.*, 2005).

O gênero *Phaseolus* possui cerca de 55 espécies (DEBOUCK, 1986), sendo o *P. vulgaris* L. a espécie mais importante e cultivada deste gênero (SILVA; COSTA, 2003). Silva (1999) descreve as características morfológicas desta espécie: sistema radicular formado por uma raiz principal, da qual se desenvolvem, lateralmente, raízes secundárias, terciárias, e assim por diante, concentrada na base do caule, sendo este herbáceo, formado por uma sucessão de nós e entrenós; as folhas são trifolioladas e as flores estão dispostas em inflorescências racemosas, axilares e terminais.

De acordo com dados da CONAB (2023), a área cultivada na safra atual alcançou 2.742,4 mil ha e uma produtividade de 1.123 kg ha⁻¹, representando um aumento de 7,4% em relação à safra anterior. Ademais, houve um acréscimo de 3% na produção total do país, atingindo 3.079,4 mil toneladas (CONAB, 2023).

Por outro lado, o consumo per capita de feijão no Brasil despencou cerca de 42,5% nos últimos 40 anos, passando de 24,9 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ para 14,3 kg habitante⁻¹ ano⁻¹ (COGO, 2020). Entre as causas que explicam essa redução, estão o preço alto e a presença cada vez mais significativa dos alimentos ultraprocessados na dieta dos brasileiros (CANAL RURAL, 2023).

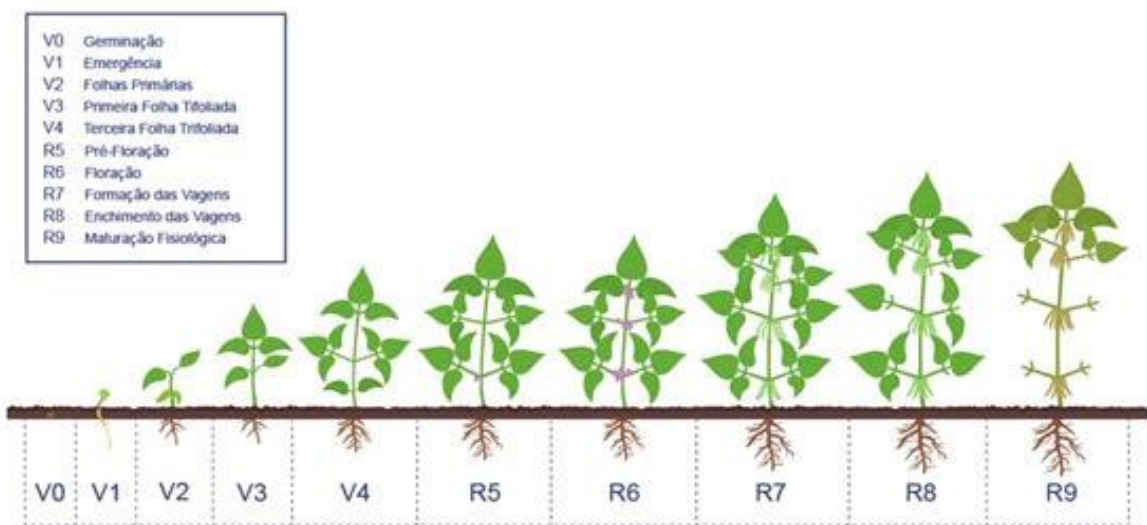
Todavia, esta cultura apresenta grande versatilidade, podendo ser consumido o grão seco ou sob a forma de sementes verdes, legume verde, em saladas, cozidos, com carnes, ovos, ou no emprego de pratos típicos brasileiros, como no preparo de feijoada e tutu de feijão (MENEZES JÚNIOR, 1960).

Sua arquitetura é determinada por fatores como o hábito de crescimento, porte da planta, número e ângulo das ramificações, número e comprimento de entrenós, altura da planta, distribuição das vagens e diâmetro do hipocótilo (MOURA *et al.*, 2013).

Essa leguminosa possui dois hábitos de crescimento, determinado e indeterminado, os quais são agrupados e caracterizados em quatro tipos principais, sendo o tipo I de hábito determinado e caracterizado por ser ereto, e os tipos II, III e IV são de hábito indeterminado, caracterizados por ser semiereto, prostado e trepador, respectivamente (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

A escala de desenvolvimento das plantas de feijão é dividida entre as fases vegetativa e reprodutiva, as quais são subdivididas em dez estádios fenológicos, conforme descritas no Figura 1.

Figura 1. Estádios fenológicos de desenvolvimento da cultura do feijoeiro



Fonte: Buffon (2022).

A Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS) (2017) apresenta no Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná a demanda de nutrientes pelo feijoeiro para cada tonelada de grão produzida, conforme a Tabela 1 a seguir, dado que para o quesito “exportação” é considerada a quantidade do nutriente presente no grão.

Tabela 1 – Nutrientes em feijão: extração e exportação

	Nutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg t ⁻¹					
Extração	46	5	38	18	7	10
Exportação	27	4	14	2	2	5
	Fe	Cu	Zn	B	Mn	Mo
	g t ⁻¹					
Extração	225	13	43	40	82	3
Exportação	65	8	28	10	12	2

Fonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (2017).

Vários fatores afetam a cultura do feijão, um deles é a incidência de doenças. Oliveira *et al.* (2018) relaciona as principais doenças com o estágio fenológico da cultura da seguinte forma: de V₀ a V₄, as podridões radiculares afetam a cultura, sendo elas a murcha de *Sclerotium* (*S. rolfsii*), podridão cinzenta do caule (*Macrophomina phaseolina*), podridão radicular de *Rhizoctonia solani* e podridão radicular seca (*Fusarium solani*); de V₄ a R₈ incide sobre a cultura a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), mosaico dourado (BGMV), vírus do mosqueado suave do caupi (VMSCp) e mela (*Thanatephorus cucumeris*); enquanto de R₅ a R₈ as murchas vasculares são mais importantes, como a murcha de *Fusarium* (*F. oxysporum* f. sp. *phaseoli*) e murcha de *Curtobacterium* (*C. flaccumfaciens* pv. *Flaccumfaciens* Redis); além de nematoides (V₄ a R₈) e mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (R₅ a R₈).

3.2 Microrganismos de importância agrícola

O Brasil é o quarto maior consumidor de nitrogênio (N), o terceiro de fósforo (P) e o segundo maior de potássio (K) (BRASIL, 2021), o que acarreta elevados gastos com importações de fertilizantes, dado que a indústria brasileira de fertilizantes não supre a demanda interna. Em 2020, esses gastos ultrapassaram US\$ 7,2 bilhões (BRASIL, 2021). Diante desse cenário, surgiu a necessidade de buscar por fontes alternativas que complementem ou substituam, pelo menos em parte, a dependência por fertilizantes químicos.

Assim, a prática da inoculação consiste em uma dessas alternativas, por meio da utilização dos chamados biofertilizantes, produtos formulados a partir de microrganismos que habitam o solo e que estão ligados à nutrição e crescimento das plantas (VELÁZQUEZ-GURROLA; RAMOS-ALEGRIA, 2015).

O mercado global de biofertilizantes, que inclui biodefensivos, inoculantes, bioestimulantes e biofertilizantes, foi estimado em US\$ 9,9 bilhões em 2020 (IHS MARKIT, 2021) e deverá atingir uma taxa de crescimento anual de 12,8% até 2027 (GRAND VIEW RESEARCH, 2020). Isso porque o uso gradativo de microrganismos em biofertilizantes evidencia o potencial destes para o uso em sistemas agrícolas sustentáveis, atendendo a crescente preocupação com a segurança alimentar. O destaque é para as bactérias fixadoras de N, que dominaram o mercado com uma participação de 71,2% em 2019 (GRAND VIEW RESEARCH, 2020).

Conforme Fuglie (2016), no momento presente, a segurança alimentar é um dos importantes pontos debatidos no cenário mundial, portanto, um aumento no investimento em pesquisa e desenvolvimento agrícola é necessário para aumentar a produtividade das culturas, principalmente nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil.

Assim, de acordo com Oliveira, Giordani e Baretta (2019), quando se cogita o aumento da produtividade, não se deve considerar apenas a extração de nutrientes do solo, mas também em propiciar um ambiente físico-químico adequado para estimular a atividade dos microrganismos, a fim de garantir um sistema de produção de qualidade e ao mesmo tempo ecologicamente correto.

Ainda conforme Oliveira, Giordani e Baretta (2019), os microrganismos são capazes de atuar na formação do solo, realizando a ciclagem de nutrientes, degradando poluentes, realizando a FBN, além de serem responsáveis pelo controle biológico de doenças e pragas, minimizando os custos de produção.

No mercado brasileiro, são comercializados principalmente inoculantes com bactérias fixadoras de N destinados à inoculação da soja, tendo como base bactérias dos gêneros *Rhizobium* sp. e *Bradyrhizobium* sp., em menor proporção são comercializados produtos baseados em *Azospirillum* sp. para aplicação na cultura do milho e trigo, principalmente; enquanto produtos biológicos à base de *Bacillus* sp. e *Trichoderma* sp. estão registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (CARDOSO; ESTRADA-BONILLA, 2019).

Velázquez-Gurrola e Ramos-Alegria (2015) coletaram solo de diversos cultivos entre os anos de 2013 e 2015, a fim de isolar e identificar microrganismos fixadores de N e solubilizadores de nutrientes, como P e K. Assim, constataram que esses microrganismos estão amplamente distribuídos em uma grande diversidade de solos e culturas agrícolas, apresentando maior atividade quando associados e inoculados em solos com microbiota mais pobre, permitindo aproveitamento do estoque mineral do solo. Além disso, concluíram que o fungo *T. harzaniaum* é capaz de solubilizar nutrientes, principalmente K, podendo ser utilizado como biofertilizante.

3.3 Importância e dinâmica do P no solo

O P é um nutriente que tem como particularidade o alto grau de interação com o solo (RAIJ, 2017) e dentre as várias formas encontradas, as plantas o absorvem somente nas formas iônicas H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} (ANGHINONI; BISSANI, 2004).

Conforme os mesmos autores, Anghinoni e Bissani (2004), o P está presente nas fases sólida e líquida do solo, ou seja, adsorvido ou complexado com os oxihidróxidos de ferro (Fe), alumínio (Al), cálcio (Ca) e com a matéria orgânica, ou livre na solução do solo, sendo que existe um equilíbrio entre o P adsorvido e o P em solução.

O P total no solo pode ser encontrado na forma inorgânica e na forma orgânica, sendo o seu teor total bastante variável e, em parte, determinado pelos materiais de formação do solo. Em geral, os horizontes superficiais contêm mais P que os subsuperficiais, uma vez que vão acumulando mais P orgânico ao longo do desenvolvimento do solo e recebem diretamente os fertilizantes (HORTA; TORRENT, 2010).

Os solos de regiões tropicais e subtropicais, como os do Brasil, apresentam solos bastante intemperizados e, por consequência, dispõem de reduzida fração de P disponível, muitas vezes abaixo das exigências mínimas das culturas (RAIJ, 2017). Esta característica está associada à capacidade que os solos tropicais têm em reter o P na fase sólida, na forma de compostos de baixa reatividade (SOUSA; LOBATO, 2003).

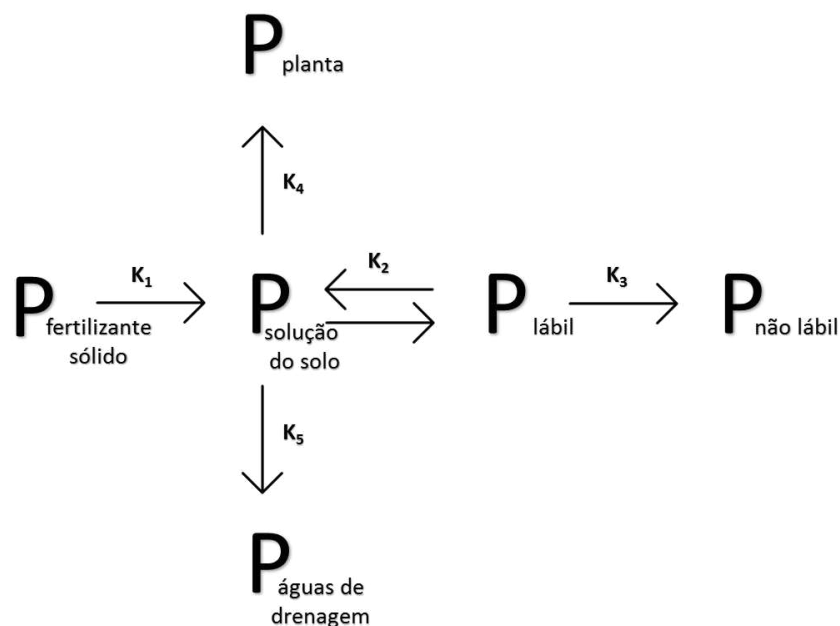
Assim, a aplicação de P em doses elevadas em solos intemperizados é justificada pela intensa fixação deste elemento, ocasionando baixo conteúdo de P disponível, principalmente em solos onde há predomínio de minerais sesquióxidos (BULL *et al.*, 1998).

Ao se tratar da avaliação da disponibilidade deste nutriente no solo, Raij (2017) afirma que os teores de P prontamente disponíveis para as plantas presentes em solução do solo são muito baixos, deste modo, em solos regularmente adubados, considera-se o modelo indicado na Figura 2 a seguir, que representa um esquema que admite constante reposição do P em solução, o que se dá por meio da dissolução do fosfato lábil, que está em equilíbrio com o fosfato em solução.

Raij (2017) complementa que os fosfatos adicionados no solo sofrem dissolução, passando para a solução do solo. Todavia, em decorrência da baixa

solubilidade dos compostos de P formados no solo e da forte tendência de adsorção destes pelo solo, a maior parte do elemento passa para a fase sólida, na qual parte fica como fosfato lábil, passando gradativamente a fosfato não lábil. O P lábil pode se redissolver, caso haja redução do teor em solução, de modo a manter o poder de equilíbrio. Esta redução ocorre principalmente pela absorção pelas plantas, desprezando-se, em geral, o P nas águas de drenagem.

Figura 2 – Representação esquemática do fósforo com relação aos aspectos que afetam a nutrição vegetal



Fonte: Rajj (2017), adaptado de Larsen (1971).

Cândido (2011) avaliou cinco áreas com diferentes manejos de solo (plântio direto sob cultivo em aleias com seis anos de implantação; plântio direto sob cultivo em aleias com três anos de implantação; área sob pastagem; área manejada com aração e área de capoeira) quanto à disponibilidade de P. O autor observou que o acúmulo desse nutriente foi maior em superfície, reduzindo com o aumento de profundidade, para todos os sistemas de manejo analisados. Enquanto os maiores teores de P inorgânico foram encontrados nos sistemas de cultivo em aleias e os maiores teores de P orgânico no sistema de pastagem, ficando sob as formas P lábil e P moderadamente lábil.

Em contrapartida, Pereira (2021) utilizou leguminosas (crotalária juncea, guandu anão, feijão-de-porco e mucuna preta) para avaliar a liberação de P fixado no solo sob o crescimento de mudas de cafeeiro. As mudas apresentaram maior crescimento, maiores teores e conteúdo de nutrientes na parte aérea quando

cultivadas em solos com maior disponibilidade de P e após o cultivo de leguminosas, com destaque para a crotalária juncea e feijão-de-porco. Diante disso, o autor concluiu que essas duas espécies apresentam grande potencial para o cultivo visando a absorção e mineralização de P no solo.

3.4 Microrganismos solubilizadores de P

Os microrganismos solubilizadores de fosfatos exercem um papel importante na disponibilização de formas inorgânicas de fosfatos de baixa solubilidade [$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 e FePO_4], aumentando o teor de P na solução do solo, proporcionando melhor crescimento e maior rendimento das culturas (RALSTON; MCBRIDE, 1976; KUCEY, 1987; CHABOT; ANTOUN; CESCAS, 1993).

Os mecanismos utilizados por esses microrganismos incluem incremento da área superficial das raízes pela extensão do sistema radicular (associações micorrízicas) ou promoção do crescimento, raízes laterais e pelos radiculares (promoção de crescimento por meio de fitohormônios); deslocamento do equilíbrio da adsorção; e estímulos de processos metabólicos que são efetivos na solubilização e mineralização do P a partir de formas pouco disponíveis de P inorgânico e orgânico (MENDES; REIS JUNIOR, 2003). Além disso, esses autores afirmam que os processos citados incluem a excreção de íons de hidrogênio (H), liberação de ácidos orgânicos, produção de sideróforos e enzimas fosfatases que são capazes de hidrolisar o P orgânico.

De acordo com o Mendes e Reis Junior (2003), entre os gêneros microbianos que apresentam essa função biológica, pode-se destacar: *Azospirillum*, *Azobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* e *Trichoderma*. Além destes, Silva Filho, Narloch e Scharf (2002), afirmam que fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* também são capazes de realizar tal feito.

Mesmo que a estratégia do uso de microrganismos solubilizadores de fosfatos seja uma alternativa para aumentar a disponibilidade de P no solo e, conseqüentemente, para as plantas, alguns fatores devem ser considerados, como a dificuldade para o estabelecimento dos microrganismos com a rizosfera das plantas (RICHARDSON, 1994; VAN VEEN; VAN OVERBEEK; VAN ELSAS, 1997). Embora as bactérias do gênero *Rhizobium* tenham uma vantagem ecológica sobre os demais

microrganismos, por já serem capazes de estabelecer uma simbiose com a planta hospedeira (MENDES; REIS JUNIOR, 2003).

Mendes e Reis Junior (2003) ainda apontam que utilizar inoculantes com um número elevado de células ativas, empregar microrganismos capazes de estabelecer simbiose com a rizosfera da planta e considerar os aspectos relacionados ao local de aplicação do inoculante (via semente e/ou linha de semeadura), são formas de minimizar este problema e favorecer o sucesso da inoculação.

Não obstante, fatores como a textura, tipo de argila, temperatura, pH e disponibilidade de substrato orgânicos podem influenciar no sucesso ou não do estabelecimento de populações bacterianas introduzidas nos solos (VAN VEEN; VAN OVERBEEK; VAN ELSAS, 1997).

As espécies *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* apresentam alta capacidade de sobrevivência e faz parte das rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCPs). Assim, Batista *et al.* (2018) observaram boa capacidade de solubilização de P por *B. megaterium*, especialmente fosfato de Fe, devido à alta produção de substâncias quelantes de Fe como os sideróforos, que associados a outras características benéficas para a solubilização de P, como a liberação de ácidos orgânicos, demonstraram a sua viabilidade para uso como bioinoculante.

Oliveira-Paiva *et al.* (2020) ao realizarem uma análise de viabilidade técnica e econômica com a aplicação de *B. subtilis* e *B. megaterium* no rendimento da cultura do milho, concluíram que a dose de 100 ml ha⁻¹ na semente resultou em ganhos médios de 8,6% em produtividade.

Fungos do gênero *Trichoderma* também possuem capacidade de solubilização do fosfato, além de favorecer o desenvolvimento de sistema radicular das plantas, facilitar a absorção de nutrientes e promover maior resistência à estresses abióticos, o que irá refletir sob a produtividade (CHAGAS *et al.*, 2017a).

Ribas *et al.* (2016) avaliaram a capacidade de 23 isolados de *Trichoderma* spp., incluindo *T. harzanium*, na solubilização de fosfato de Ca em meio PVK (10 g glicose; 5 g Ca₃(PO₄)₂; 0,2 g NaCl; 0,1 g MgSO₄; 0,2 g KCl; 0,5 g extrato de levedura; 0,002 g MnSO₄; 0,002 g FeSO₄ e 1000 mL de água destilada). Eles constataram que todos os isolados apresentaram atividade enzimática, variando em concentração e tipo de fosfatase produzida. Além de verificarem correlação entre a solubilização de fosfato e a produção dessas enzimas.

Do mesmo modo, Oliveira *et al.* (2012) também obtiveram resultados benéficos ao avaliarem a capacidade de solubilização de fosfato *in vitro* por isolados de *Trichoderma* spp., onde todos foram capazes de solubilizar P e de produzir ácido indol-3-acético (AIA) nos meios de cultura avaliados.

Ao avaliar o incremento da biomassa de plantas de feijão-caupi por meio da inoculação de *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp., Chagas *et al.* (2017a) observaram que aos 20 dias após a emergência, o tratamento com inoculação isolada de *Trichoderma* e *Bacillus* foram superiores para massa seca de parte aérea. Enquanto aos 40 dias após a emergência todos os tratamentos testados foram superiores à testemunha.

3.5 Inoculação com *Rhizobium tropici*

Alguns microrganismos possuem a capacidade de sintetizar uma enzima chamada nitrogenase, a qual é capaz de quebrar a tripla ligação do N₂ e transformá-lo em amônia (NH₃), que é assimilável pelas plantas, processo denominado FBN (HUNGRIA; NOGUEIRA; 2022). Um exemplo desses microrganismos são as bactérias diazotróficas da família Rhizobaceae, que inclui o gênero *Rhizobium* (PINTON; VARANINI; NANNIPIERI, 2007).

Malavolta (1989) afirma que, em relação ao feijoeiro, este é capaz de realizar a FBN quando em simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Este processo pode favorecer o aumento de produtividade, reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados e, conseqüentemente, o custo de produção da cultura.

Conforme Oliveira *et al.* (2018), o processo de FBN na cultura do feijão chega a fornecer 70% do N que a cultura necessita para se desenvolver, ao passo que a produção de grãos do feijoeiro sob FBN tem variado de 2.500 a 3.000 kg ha⁻¹ na safra das águas e de 3.000 a 3.500 kg ha⁻¹ em terceira safra, com irrigação por pivô central.

Schossler *et al.* (2016) avaliaram a influência da inoculação e coinoculação com bactérias com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense* sobre os componentes de produção e produtividade do feijoeiro comum, onde concluíram que a associação de ambas as bactérias resultou em maior massa de mil grãos e produtividade da cultura.

Garé (2020) estudou os efeitos da inoculação com *Rhizobium tropici*, coinoculação com *Azospirillum brasilense* e reinoculação com *R. tropici* na cultura do

feijoeiro em sistema plantio direto (SPD) em fase inicial e consolidado, em duas safras, contrastando com o uso de adubação nitrogenada em cobertura. O autor constatou que o tratamento inoculado com *R. tropici* e o adubado com 90 kg ha⁻¹ de N em cobertura resultaram nas maiores produtividades na área de SPD consolidado na primeira safra, enquanto a reinoculação com *R. tropici* incrementou a produtividade de grãos em ambos os sistemas na segunda safra.

Assim como Bellaver e Fagundes (2009), que avaliaram a produtividade do feijoeiro submetido a inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação nitrogenada, onde observaram que a prática da inoculação resultou em médias de produtividade que variaram de 2.061 a 2.353 kg ha⁻¹, além de que o uso de N na base (10 kg ha⁻¹) e em cobertura (40 kg ha⁻¹) podem ser dispensadas sem que haja diminuição expressiva de produção.

Parizotto e Marchioro (2015) também associaram e contrastaram o uso da inoculação com *R. tropici* e adubação nitrogenada no feijoeiro, encontrando um aumento de 277,77 kg ha⁻¹ no rendimento de grãos somente com o uso de inoculante, em relação à testemunha. Os demais tratamentos, que combinaram a inoculação e a adubação nitrogenada, não diferiram significativamente deste resultado. Assim, concluíram que a utilização do inoculante a base dessa bactéria pode ser uma alternativa de fonte nitrogenada para a cultura, dispensando a adubação de N em cobertura.

3.6 *Trichoderma harzianum* na promoção de crescimento vegetal

As espécies de *Trichoderma* predominam em ecossistemas terrestres, sejam em florestas ou solos agrícolas, apresentam baixas necessidades nutricionais e uma faixa de temperatura relativamente ampla (25-30 °C) (SANDLE, 2014). Ademais, possuem alta adaptabilidade às condições ecológicas e podem crescer saprofiticamente, interagindo com plantas e animais (ZEILINGER *et al.*, 2016); produzem clamidósporos, que são estruturas de resistência para sobreviver sob condições climáticas adversas; produzem substâncias tóxicas (antibióticos), bem como enzimas degradadoras de parede celular de outros fungos (GERALDINE *et al.*, 2013; TROIAN *et al.*, 2014).

Pertencente à classe Sordariomycetes do filo Ascomycota, a sua fase sexuada é caracterizada pela formação de corpos de frutificação do tipo peritécio, formados em

estromas de coloração verde, amarelada, creme ou marrom, produzidos sobre o substrato colonizado (MEYER; MAZARO; DA SILVA, 2019). Enquanto a fase assexuada, são formados, a partir do micélio vegetativo, conidióforos com um eixo central e ramificações laterais, que terminam em espirais divergentes de células conidiogênicas do tipo fiálide, com formato de garrafa ou alongadas (MEYER; MAZARO; DA SILVA, 2019).

O gênero *Trichoderma* mudou completamente o cenário de controle biológico de doenças de plantas no Brasil, sendo que o primeiro produto disponibilizado no mercado brasileiro foi em 1987, embora o aumento da produção e uso deste fungo tenha ocorrido somente após os anos 2000, onde o primeiro registro de um produto comercial à base de *Trichoderma* ocorreu em 2006 (BETTIOL; MAFFIA; CASTRO, 2014).

Em 2008, produtos à base de *Trichoderma* foram aplicados em aproximadamente 600.000 ha de soja para o controle de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), ao passo que em 2010, a área tratada foi superior a 1,2 milhões de ha, tendo alcançado mais de 5 milhões em 2015 (BETTIOL; SILVA; CASTRO, 2019).

Em 2019, 21 biofungicidas à base de *Trichoderma* já estavam registrados no MAPA, sendo 66% destes a base de *T. harzianum*, 24% à base de *T. asperellum*, 5% à base de *T. koningiopsis* e 5% à base de *T. stromaticum*. Estes são utilizados para as culturas da soja, algodão, milho, feijão, morango, citros, cana-de-açúcar, café, tabaco, hortaliças, ornamentais, frutíferas e espécies florestais, inclusive como promotores de crescimento (BETTIOL; SILVA; CASTRO, 2019).

Várias espécies deste gênero são associadas com a rizosfera das plantas ou pode ser endofiticamente relacionado, podendo promover o crescimento e desenvolvimento de plantas através da produção de auxinas e giberelinas; produção de ácidos orgânicos (glucônico, fumárico e cítrico) que podem atuar no pH do solo e promover a solubilização de fosfatos, magnésio (Mg), Fe e manganês (Mn), que são vitais para o metabolismo da planta (TORRES-DE LA CRUZ *et al.*, 2015; SHARMA; SALWAN; SHARMA, 2017); e capaz de sintetizar fitohormônios, como ácido indol-3-acético (AIA) (LOBO JUNIOR; MACHADO-ROSA; GERALDINE, 2019).

O AIA está envolvido em processos fisiológicos, incluindo o alongamento e a divisão celular, a diferenciação de tecidos, regulação das respostas de crescimento em direção a luz (fototropismo) e respostas defensivas (SANTNER; CALDERON-VILLALOBOS; ESTELLE, 2009). Os exsudatos radiculares do feijão comum e de

outras espécies são fontes de L-triptofano, que é precursor da síntese de AIA. Estas características tornam a promoção de crescimento de plantas uma das características mais promissoras para exploração da diversidade de espécies de *Trichoderma* (HARMAN, 2011).

Outro papel importante deste gênero, conforme apontam Argumedo-Delira *et al.* (2009), é sua contribuição para o controle de fungos fitopatogênicos, uma vez que possuem propriedades micoparasitárias e antibióticas, sendo considerados excelentes agentes de controle de fungos causadores de doenças biológicas em diversas plantas.

Os mecanismos de ação de *Trichoderma* spp. podem atuar de forma sinérgica, e dependem do isolado, do patógeno-alvo, da cultura agrícola e das condições ambientais, como disponibilidade de nutrientes, pH, temperatura e umidade (DRUZHININA *et al.*, 2011). Sendo o micoparasitismo, a antibiose e a competição os mecanismos mais facilmente evidenciados nas interações antagônicas entre este gênero e os fitopatógenos (LOBO JUNIOR; MACHADO-ROSA; GERALDINE, 2019).

Melo (2019) realizou dois ensaios testando a associação ou não de *Trichoderma* sp. com *Bacillus* sp. no tratamento de sementes de feijão-caupi, com ou sem irrigação. No primeiro ensaio, o uso de *Trichoderma* sp. associado ao *Bacillus* sp. não apresentou resultados significativos, mas demonstrou benefícios na inibição do ataque de mosca minadora na cultura. Já no segundo ensaio, com a utilização isolada de *Trichoderma* sp., principalmente com a introdução de irrigação, os resultados foram eficientes na promoção de desenvolvimento do feijão-caupi.

Mesquita *et al.* (2017) verificaram a capacidade antagônica *in vitro* de treze isolados de *Trichoderma* spp. sobre *Sclerotinia sclerotiorum* do feijão comum por meio de testes laboratoriais, onde concluíram que o isolado CEN550 foi o que apresentou os melhores resultados nos testes com a cultura pareada, metabólitos voláteis e metabólitos não voláteis contra essa doença, visto que inibiu o crescimento do patógeno em 92%, 30% e 94%, respectivamente, em relação à testemunha.

Da mesma forma, Rocha *et al.* (2017) avaliaram o efeito da microbiolização na germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de feijão-caupi com duas cultivares e cinco isolados. Os autores constataram que os isolados de *Trichoderma* e *Bacillus* contribuem para atingir melhor índice de velocidade de emergência e germinação de sementes de feijão-caupi cultivar Sempre Verde em rolo de papel.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em três partes: teste de germinação em laboratório, experimento em vasos e experimento à campo, os quais foram descritos nos tópicos a seguir. Contudo, os tratamentos utilizados foram comuns a todos os experimentos, que constituíram em:

- (T1) testemunha;
- (T2) inoculação com *Rhizobium tropici*;
- (T3) inoculação com *Trichoderma harzianum*;
- (T4) inoculação com *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*;
- (T5) coinoculação com *Trichoderma harzianum*, *Rhizobium tropici*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*.

4.1 Teste de germinação em laboratório

Realizou-se o teste de germinação em laboratório para determinar a porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas dos lotes de sementes utilizado, conforme metodologia proposta pelas Regras para Análise de Sementes (RAS) (2009). Para isso, foram utilizadas 50 sementes por tratamento e 8 repetições, em papel germitest previamente umedecido (RAS, 2009).

A contagem de plântulas normais, anormais e mortas foi realizada aos 9 dias conforme recomendações da RAS (2009) para *Phaseolus vulgaris*, que caracteriza como plântulas normais àquelas que mostram potencial para continuar seu desenvolvimento e dar origem a plantas normais, apresentando todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias; enquanto as anormais são aquelas que possuem alguma das estruturas danificadas, ausentes, deformadas ou deterioradas.

4.2 Experimento em vasos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Utilizou-se a cultivar IPR Urutau e foram deixadas 4 plantas por vaso.

A inoculação e coinoculação das sementes ocorreu no momento da semeadura, conforme as recomendações dos produtos utilizados. As sementes tratadas foram semeadas em substrato neutro, previamente umedecido para garantir a germinação completa das sementes. Durante o experimento não houve controle das condições ambientais, dado que os vasos ficaram expostos ao ar livre.

Aos 30 dias após a semeadura do experimento, as plantas foram colhidas para determinação de comprimento de raiz, comprimento de parte aérea, massa fresca de raiz e massa fresca de parte aérea.

Para massa seca de raiz e de parte aérea, o material coletado foi colocado em sacos de papel e posto para secar em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C para, posteriormente, mensurar a massa seca de raiz e de parte aérea com auxílio de balança de precisão.

4.3 Experimento à campo

O experimento foi conduzido em área localizada na Granja Três Pinheiros, situada no município de Quedas de Iguaçu, sob as coordenadas geográficas 25° 26' 18.8" S e 52° 57' 06.6" W. De acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo subtropical úmido, com verões quentes e geadas pouco frequentes, além de tendência de concentração de chuvas nos meses de verão. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C, ao passo que no mês mais frio, é inferior a 18 °C. O solo do município é classificado como LATOSSOLO ROXO distrófico e medianamente argiloso (PREFEITURA DE QUEDAS DO IGUAÇU, 2023).

O delineamento experimental empregado foi em DBC com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais. Estas foram constituídas de quatro linhas espaçadas por 0,45 m, com 1,8 m de largura e 5 m de comprimento, perfazendo uma área total de 9 m². Para a área útil, descartou-se uma linha lateral e 0,5 m de cada extremidade, utilizando 3,6 m² para realizar as avaliações.

A implantação do experimento ocorreu no dia 22 de janeiro de 2022, utilizando a cultivar IPR Urutau. Para a adubação de semeadura, foi aplicado 200 kg ha⁻¹ do formulado 08-20-20.

A colheita foi realizada no dia 24 de abril de 2022, realizada manualmente, sendo que de cada parcela foram colhidas dez plantas ao acaso, e destas foram

determinadas a massa de mil grãos. Para a determinação da produtividade, a massa de grãos total da área útil da parcela foi quantificada e extrapolada para kg ha⁻¹.

Os dados obtidos nas três partes deste experimento foram submetidos a análise de variância e, quando significativos, submetidos ao teste de médias Scott Knott à 5% de nível de significância com auxílio do programa estatístico Rbio (BHERING, 2017).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A porcentagem de plântulas normais de feijão alcançou 90% para os tratamentos com inoculação de *T. harzianum* e coinoculação de *T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium*, os quais se mostraram superiores aos demais tratamentos avaliados, assim como estes apresentaram as menores porcentagens de plântulas anormais e mortas (Tabela 2).

Tabela 2 – Porcentagem de plântulas normais, anormais e mortas de feijão submetidas a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos

Tratamentos	Normais	Anormais	Mortas
		%	
Testemunha	79 b	18 a	3 a
<i>R. tropici</i>	80 b	17 a	3 a
<i>T. harzianum</i>	90 a	8 b	2 b
<i>B. subtilis</i> + <i>B. megaterium</i>	81 b	16 a	3 a
<i>R. tropici</i> + <i>T. harzianum</i> + <i>B. subtilis</i> + <i>B. megaterium</i>	90 a	9 b	2 b
C.V. (%)	3,84	25,62	22,42

Fonte: Autor (2023).

O fungo *Trichoderma* é um dos principais microrganismos utilizados como antagonistas de patógenos de plantas (BETTIOL; SILVA; CASTRO, 2019). Neste sentido, ao minimizar ou até mesmo extinguir o ataque de fungos durante o processo germinativo, os tratamentos que apresentaram inoculação do *T. harzianum* promoveram maior número de plântulas viáveis, tal qual pode ser observado na Figura 3.

Aoyagi e Doi (2021) também encontraram este resultado, dado que ao avaliarem a capacidade antagonista de *T. harzianum* sobre os fungos fitopatogênicos *Botrytis cinerea* e *Fusarium oxysporum*, constataram 100% de inibição em avaliação *in vitro*.

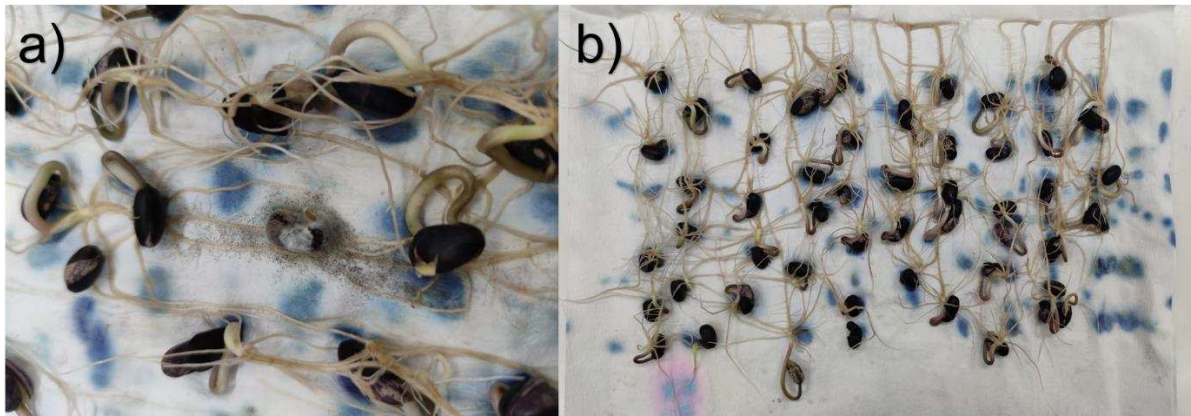
Assim como Alcamim (2019) observou que a aplicação de *T. harzianum*, em condição de alta umidade do solo, contribuiu com efetividade no controle de

Sclerotinia sclerotiorum na cultura do feijoeiro, utilizando a dose de 200 L ha⁻¹ em estágio V₆.

Do mesmo modo, Bezerra *et al.* (2022) ao analisarem o efeito de *T. harzianum* sobre a qualidade sanitária e fisiológica de sementes de milho, atestaram que independente da dose utilizada (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5 e 4 g kg⁻¹ de semente), o uso deste microrganismo foi eficaz na redução de *Aspergillus* sp., *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp. e *Fusarium* sp., bem como proporcionou aumento nos percentuais de germinação das sementes.

De acordo com dados da Agrofit (2023), os produtos microbiológicos a base de *Trichoderma* possui efetividade no controle de diversos microrganismos, como os fungos patogênicos citados, além de *Rhizoctonia solani*, *F. solani* f. sp. *phaseoli*, *Macrophomina phaseolina*, *Thielaviopsis paradoxa* e algumas espécies de nematoides.

Figura 3 – a) T1 apresentando incidência de fungos no teste de germinação; b) T3 sem incidência de fungos no teste de germinação



Fonte: Autor (2022).

Por outro lado, observa-se que para o comprimento de raiz, a coinoculação com *T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium* foi superior aos demais tratamentos, apresentando mais de 188% de aumento quando comparada à testemunha (Tabela 3).

Entretanto, para o comprimento de parte aérea, o T4, constituído pela inoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium*, apresentou o melhor resultado, com incremento de 22,21% e 26,18% em comparação ao T5 e T1, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 – Comprimento de plantas, massa fresca e massa seca de raiz e parte aérea de plantas de feijão submetidas a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos

Tratamentos	Comprimento de plantas		Massa fresca		Massa seca	
	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea	Raiz	Parte aérea
	----- cm -----		----- g -----			
Testemunha	22,55 e	44,57 c	23,53 d	63,29 b	7,33 e	7,60 c
<i>R. tropici</i>	35,14 d	48,83 b	43,81 c	64,40 b	13,85 d	8,23 b
<i>T. harzianum</i>	43,23 c	49,40 b	45,91 c	64,16 b	14,76 c	8,40 b
<i>B. subtilis</i> e <i>B. megaterium</i>	57,56 b	56,24 a	60,87 b	76,81 a	18,78 b	10,06 a
<i>R. tropici</i> + <i>T.</i> <i>harzianum</i> + <i>B.</i> <i>subtilis</i> e <i>B.</i> <i>megaterium</i>	64,96 a	46,02 c	68,83 a	66,41 b	21,09 a	8,62 b
C.V. (%)	6,85	5,42	6,72	7,5	6,31	8,71

Fonte: Autor (2023)

Lautharte *et al.* (2021) observaram aumento de 14,3% para o comprimento de raízes de soja com a utilização do solubilizador BiomaPhos[®] utilizando a dose de 100 ml ha⁻¹. Da mesma maneira que Carvalho *et al.* (2011) verificaram incremento de 24,85% no comprimento radicular de plantas do feijoeiro com a aplicação de *T. harzianum* em experimento em casa de vegetação.

Ademais, Bueno *et al.* (2017) afirmam que rizobactérias são utilizadas para promover o crescimento das plantas por meio de mecanismos relacionados a síntese de enzimas e hormônios, os quais possibilitam incremento do sistema radicular, assim como o aumento da absorção de água e nutrientes.

Em relação a massa fresca de raiz, o T5 (*T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium*) obteve o melhor resultado (Tabela 3), o que era de se esperar, dado que este apresentou maior comprimento radicular das plantas de feijão. O incremento verificado entre o referido tratamento e a testemunha foi bastante expressivo, superior a 192%.

Chagas *et al.* (2017b) indicam que o fungo *Trichoderma* sp. pode influenciar diretamente no desenvolvimento e vigor de plantas, de modo a proporcionar melhorias no crescimento, influenciando na produção de massa fresca. Estudo realizado por Melo (2019) corrobora esta afirmação, visto que o autor verificou que a aplicação de diferentes doses deste microrganismo (200 e 400 ml 100 kg⁻¹ de semente), associado ou não a rega, proporcionou incrementos de até 79% na massa fresca de plantas de feijão-caupi.

Do mesmo modo, para massa fresca de parte aérea, a aplicação de *B. subtilis* + *B. megaterium* alcançou o melhor resultado (Tabela 3), apresentando média de 76,81 g.

Chagas Junior *et al.* (2022) ao avaliarem a eficiência de sete isolados de *B. subtilis* constataram aumento na biomassa de parte aérea e radicular de plantas de soja com a inoculação deste microrganismo, com estirpes que apresentaram mais de 100% de aumento destas variáveis em relação a testemunha.

Um dos fatores que certamente contribuem para o incremento destas variáveis é a disponibilização e solubilização de nutrientes como o N e o P (CHAGAS JUNIOR, *et al.*, 2022). Além disto, mecanismos associados ao metabolismo microbiano no solo colaboram para tais respostas, como observado por Cerqueira *et al.* (2015), que comprovaram a produção de AIA, ARA e ACC-deaminase produzidos por isolados de *Bacillus* sp. em testes *in vitro*.

O comportamento observado nas variáveis anteriores permaneceu na avaliação de massa seca, posto que para a raiz a coinoculação com *T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium* foi superior e, para parte aérea, a inoculação com *B. subtilis* + *B. megaterium* apresentou o melhor resultado (Tabela 3).

Em relação a massa de mil grãos e produtividade, a coinoculação com *T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium* foi superior aos demais tratamentos (Tabela 4), com incremento de 4,14% e 10,13%, respectivamente, quando contrastados com a testemunha.

Tabela 4 – Massa de mil grãos e produtividade de plantas de feijão submetidas a inoculação e coinoculação de diferentes microrganismos

Tratamentos	Massa de mil grãos	Produtividade
	g	kg ha ⁻¹
Testemunha	241,75 d	3.898 d
<i>R. tropici</i>	244,50 c	4.039 c
<i>T. harzianum</i>	246,50 c	4.048 c
<i>B. subtilis</i> + <i>B. megaterium</i>	249,00 b	4.182 b
<i>R. tropici</i> + <i>T. harzianum</i> + <i>B. subtilis</i> + <i>B. megaterium</i>	251,75 a	4.293 a
C.V. (%)	0,63	0,25

Fonte: Autor (2023).

Oliveira, Pelá e Pelá (2017) evidenciaram aumento na massa de mil grãos e produtividade de grãos da cultura do feijão comum com a inoculação de *R. tropici* (100 g 50 kg⁻¹). Assim como Steiner *et al.* (2019) verificou aumento de produtividade de grãos do feijoeiro quando inoculado com o *R. tropici*, associado ou não, com a inoculação de *Azospirillum brasilense*.

Silva (2021) encontrou aumento de produtividade da cultura do milho com a inoculação de *B. subtilis* e *B. megaterium* (100 ml para 60.000 sementes + água) quando comparado ao tratamento sem inoculante. Tal como Oliveira *et al.* (2020) observaram incrementos no rendimento de grãos da cultura do milho quando inoculados com o mesmo produto.

Para a cultura da soja, Oliveira *et al.* (2020) conduziram 181 unidades experimentais com o objetivo de analisar os efeitos da inoculação com *B. subtilis* e *B. megaterium* nas safras 2018/2019 e 2019/2020. Os autores constataram que em todas as áreas a produção foi maior na área inoculada, com ganhos médios variando de 0,3 a 18,5% ou de 0,1 a 11,5 sacas ha⁻¹.

Ainda, Harman (2011) indicam que o *Trichoderma* é capaz de influenciar na produtividade de plantas do feijoeiro pela solubilização de nutrientes minerais como o P, devido à ação da enzima fosfatase ácida. Além disto, alguns hormônios vegetais são sintetizados por este microrganismo, contribuindo para o crescimento vegetal (LOBO JUNIOR; MACHADO-ROSA; GERALDINE, 2019) e, conseqüentemente, para obter maiores rendimentos.

6 CONCLUSÕES

Os tratamentos compostos pela inoculação com *T. harzianum* e coinoculação de *T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium* proporcionaram maior porcentagem de plântulas normais de feijão, evidenciando a capacidade antagonista de patógenos do fungo *T. harzianum*.

O tratamento constituído pela inoculação de *B. subtilis* + *B. megaterium* resultou em maior comprimento, massa fresca e seca de parte aérea. Enquanto, a coinoculação com *T. harzianum* + *R. tropici* + *B. subtilis* + *B. megaterium* obteve maior comprimento, massa fresca e seca de raiz, massa de mil grãos e produtividade de grãos.

Por conseguinte, infere-se que os resultados obtidos se devem a solubilização de P, tal como ao controle de patógenos e produção de fitohormônios de crescimento produzidos pelo *Trichoderma* e pela FBN.

Logo, a utilização da associação de microrganismos testada é viável na cultura do feijão, dado que aumenta os componentes agronômicos da cultura, resultando em incremento de produtividade de grãos e, conseqüentemente, de rentabilidade ao produtor.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Consulta de ingrediente ativo**. 2023. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 30 mai. 2023.
- ALCAMIM, T. G. **Associação de *Trichoderma harzianum*, bioativadores e interferência da umidade do solo no controle de *Sclerotinia sclerotiorum* na cultura do feijão**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2019. Disponível em: <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/30098>. Acesso em: 29 mai. 2023.
- ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A. Fósforo e adubos fosfatados. *In*: BISSANI, C. A.; *et al.* **Fertilidade do solo e manejo da adubação de culturas**. 1. ed. Porto Alegre: Genesis, 2004.
- AOYAGI, L. N.; DOI, S. M. O. Avaliação da atividade antagonista de *Trichoderma harzianum* sobre *Fusarium oxysporum* e *Botrytis cinerea*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 3, p. 3234-3239, 2021.
- ARGUMEDO-DELIRA, R.; *et al.* El género fúngico *Trichoderma* y su relación con contaminantes orgánicos e inorgánicos. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 25, n. 4, p. 257-269, 2009.
- BATISTA, F. C. *et al.* **Potencial de microrganismos rizosféricos e endofíticos de milho em solubilizar o fosfato de ferro e produzir sideróforos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018.
- BELLAVER, A.; FAGUNDES, R. S. Inoculação com *Rhizobium tropici* e uso do nitrogênio na base e por cobertura na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Cultivando o saber**, v. 2, n. 4, p. 1-10, 2009.
- BETTIOL, W.; MAFFIA, I. A.; CASTRO, M. I. M. P. Control biológico de enfermedades de plantas en Brasil. *In*: BETTIOL, W.; *et al.* **Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe**. Montevideu: Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, 2014.
- BETTIOL, W.; SILVA, J. C.; CASTRO, M. L. M. P. Uso atual e perspectivas do *Trichoderma* no Brasil. *In*: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. ***Trichoderma*: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019.
- BEZERRA, M. C. L. *et al.* Redução de fungos e qualidade fisiológica de sementes de milho inoculadas com *Trichoderma harzianum*. **Nativa**, v. 10, n. 1, p. 69-73, 2022.
- BHERING, L. L. Rbio: a tool for biometric and statistical analysis using the R plataforma. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 17, n. 2, p. 187-190, 2017.

BRASIL. **Plano Nacional de Fertilizantes 2050**. Brasília: Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, 2021.

BRITO, L. F. *et al.* Resposta do feijoeiro comum à inoculação com rizóbios e suplementação com nitrogênio mineral em dois biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 981-992, 2015.

BUENO, A. C. S. O. *et al.* Response of photosynthesis and chlorophyll a fluorescence in leaf scald-infected rice under influence of rhizobacteria and silicon fertilizer. **Plant Pathology**, v. 66, n. 9, p. 1487-1495, 2017.

BUFFON, P. A. **Escala fenológica do feijão**. 2022. Disponível em: <https://elevagro.com/conteudos/materiais-tecnicos/fenologica-feijao>. Acesso em: 05 jul. 2023.

BULL, L. T.; *et al.* Relação entre fósforo extraído por resina e resposta da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 3, p. 459-470, 1998.

CANAL RURAL. **Feijão: em 16 anos, consumo no Brasil despensa mais de 50%**. 2023. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/feijao-em-16-anos-consumo-no-brasil-despenca-mais-de-50/>. Acesso em: 14 mai. 2023.

CÂNDIDO, C. S. **Dinâmica do fósforo em diferentes sistemas de manejo do solo**. 2011. Dissertação (Mestrado em Agroecologia) – Pós-Graduação em Agroecologia – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2011.

CARDOSO, E. J. B. N.; ESTRADA-BONILLA, G. A. Inoculantes agrícolas. *In*: LIMA, U. A. **Biotecnologia Industrial: processo fermentados e enzimáticos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2019.

CARVALHO, D. D. C. *et al.* Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* *in vitro* e em sementes, e promoção do crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. **Tropical Plant Pathology**, v. 36, n. 1 p. 28-34, 2011.

CERQUEIRA, W. F. *et al.* Influência de bactérias do gênero *Bacillus* sobre o crescimento de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 20, 2015.

CHABOT, R.; ANTOUN, H.; CESCAS, M. P. Stimulation de la croissance du maïs et de la laitue romaine par des microorganismes dissolvant le phosphore inorganique. **Canadian Journal of Microbiology**, Canada, v. 39, n. 10, p. 941-947, 1993.

CHAGAS JUNIOR, A. F. *et al.* *Bacillus subtilis* como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 01-16, 2022.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* *Bacillus subtilis* e *Trichoderma* sp. no incremento da biomassa em plantas de soja, feijão-caupi, milho e arroz. **Revista Agri-Environmental Sciences**, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2017a.

CHAGAS, L. F. B. *et al.* *Trichoderma* na produção do crescimento vegetal. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p.93-102, 2017b.

COGO – Inteligência em Agronegócio. **Grãos: relatório de tendências 2020/2021**. Disponível em: https://carloscogo.com.br/cgi-bin/recent_rep.pl. Acesso em: 20 out. 2021.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2021. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (Safr 2021/22 – 1º Levantamento)**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 13 out. 2021.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). 2023. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (Safr 2022/23 – 8º Levantamento)**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 20 mai. 2023.

DARTORA, J. *et al.* Germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho e trigo inoculadas com estirpes de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae*. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 3, p. 190-201, 2013.

DEBOUCK, D. G. Primary diversification of *Phaseolus* in the Americas: three centers? **Plant Genetic Resources Newsletter**, Roma, v. 67, p. 2-8, 1986.

DRUZHININA, I. S. *et al.* *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Natura Reviews Microbiology**, v. 9, p. 749-759, 2011.

FUGLIE, K. The growing role of the private sector in agricultural research and development world-wide. **Global Food Security**, v. 10, p. 29-38, 2016.

GARÉ, L. M. **Reinoculação de *Rhizobium tropici* no desenvolvimento e produtividade do feijoeiro em sistema plantio direto em fase inicial e consolidado**. 2020. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2020.

GERALDINE, A. M. *et al.* Cell wall-degrading enzymes and parasitism of sclerotia are key factors on field biocontrol of White mold by *Trichoderma* spp. **Biological Control**, v. 67, n. 3, p. 308-316, 2013.

GRAND VIEW RESEARCH. **Biofertilizers Market Size, Share & Trends Analysis report by product (nitrogen fixing, phosphate solubilizing), by application (seed treatment, soil treatment), by crop type, by region, and segment forecasts, 2020 – 2027**. 2020. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biofertilizers-industry>. Acesso em: 10 out. 2021.

HARMAN, G. E. *Trichoderma* – not just for biocontrol anymore. **Phytoparasitica**, v. 39, n. 2, p. 103-108, 2011.

HORTA, M. C.; TORRENT, J. **Dinâmica do fósforo no solo: perspectiva agronômica e ambiental**. Portugal: Instituto Politécnico de Castelo Branco, 2010.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. Fixação biológica de nitrogênio. *In*: MEYER, M. C. *et al.* **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília: Embrapa, 2022.

IHS MARKIT. **Annual New Product Introductions: Biological vs Conventional**. Disponível em: <https://ihsmarkit.com/research-analysis/biologicalsinnovation.html>. Acesso em: 05 jul. 2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Produção de feijão**. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/feijao/br>. Acesso em: 14 mai. 2023.

IWANICKI, N. S. *et al.* Controle de qualidade de produtos microbiológicos. *In*: MEYER, M. C. *et al.* **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília: Embrapa, 2022.

KUCEY, R. M. N. Increased phosphorus uptake by wheat and field beans inoculated with a phosphorus-solubilizing *Penicillium bilaji* strain and with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 12, p. 2699-2703, 1987.

LAUTHARTE, D. M. *et al.* Avaliação da eficiência do uso de solubilizador de fósforo no desenvolvimento da cultura da soja em São Luiz Gonzaga – RS. *In*: SALÃO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UERGS, 10, 2021, Online. **Anais**. Online, UERGS: 2021. p. 1-4.

LOBO JUNIOR, M.; MACHADO-ROSA, T. A.; GERALDINE, A. M. Uso de *Trichoderma* na cultura do feijão-comum. *In*: MEYER, M. C.; MAZARO, S. M.; SILVA, J. C. **Trichoderma: uso na agricultura**. Brasília: Embrapa, 2019.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989.

MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). **Central de conteúdo**. 2015. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/centrais-de-conteudo>. Acesso em: 19 out. 2021.

MELO, J. A. S. **Trichoderma sp. e Bacillus sp. como biopromotores de crescimento no feijão-caupi**. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Evangélica de Goiás, Anápolis, 2019.

MENDES, L. C.; REIS JUNIOR, F. B. **Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2003.

MENEZES JÚNIOR, J. B. F. O feijão comum: taxonomia, morfologia, histologia, parasitologia, microbiologia, composição química e usos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 20, p. 83-204, 1960.

MESQUITA, D. C. M. *et al.* Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. a *Sclerotinia sclerotiorum* do feijão comum. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 1, p.1-4, 2017.

MEYER, M. R.; MAZARO, S. M.; DA SILVA, J. C. **Trichoderma**: uso na agricultura. Brasília: Embrapa, 2019.

MORAES, E. S.; MENELAU, A. S. Análise do mercado de feijão comum. **Revista de Política Agrícola**, n. 1, p. 81-92, 2017.

MOURA, M. M. *et al.* Potencial de caracteres na avaliação da arquitetura de plantas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 417-425, 2013.

OLIVEIRA, A. G. *et al.* Potencial de solubilização de fosfato e produção de AIA or *Trichoderma* spp. **Revista Verde**, v. 7, n. 3, p. 149-155, 2012.

OLIVEIRA, C. A. B.; PELÁ, G. M.; PELÁ, A. Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 1, p. 43-50, 2017.

OLIVEIRA, L. F. C. *et al.* **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília: Embrapa, 2018.

OLIVEIRA, P. A.; GIORDANI, I.; BARETTA, C. R. D. M. **Benefícios da microbiota do solo na agricultura**. 2019. Disponível em: https://www.udesc.br/arquivos/ceol/id_cpmenu/1043/rural_227_15526669528945_1043.pdf. Acesso em 7 out. 2021.

OLIVEIRA, C. A. *et al.* **Viabilidade técnica e econômica do BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A. O. *et al.* **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

PARIZOTTO, D. L.; MARCHIORO, V. S. Uso de inoculante *Rhizobium tropici* e nitrogênio em cobertura na cultura do feijão. **Cultivando o saber**, v. 8, n.1, p. 16-26, 2015.

PEREIRA, D. S. **Uso de leguminosas na liberação de fósforo fixado no solo**. 2021. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

PEREIRA, H. S. *et al.* Culinary and nutritional quality of common bean lines with Carioca grain type and interaction with environments. **Revista Ceres**, v. 64, p. 159-166, 2017.

PINTON, R.; VARANINI, Z.; NANNIPIERI, P. **The rhizosphere: Biochemistry and organic substances at the soil-plant interface**. 2. ed. Oxford University Press, 2007.

PREFEITURA DE QUEDAS DO IGUAÇU. **História**. 2023. Disponível em: http://quedasdoiguacu.pr.gov.br/pagina/78_Historia-da-Cidade.html. Acesso em: 25 mai. 2023.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. 2. ed. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2017.

RALSTON, D. B.; MCBRIDE, R. P. Interaction of mineral phosphate-dissolving microbes with red pine seedlings. **Plant Soil**, v. 45, n.2, p. 493-507, 1976.

REGRAS PARA ANÁLISE DE SEMENTES (RAS). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399 p.

RIBAS, P. P.; *et al.* Potencial *in vitro* para solubilização de fosfato por *Trichoderma* spp. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 70-75, abr-jun. 2016.

RICHARDSON, A. E. Soil microorganisms and phosphorus availability. *In*: PANKHURST, C. E. *et al.* **Soil biota management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO, 1994.

ROCHA, W. S. *et al.* Efeito da microbiolização na germinação e crescimento inicial de feijão caupi no Estado do Tocantis. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 11, n. 6, p. 41-47, 2017.

SANDLE, T. *Trichoderma*. *In*: BATY, C. A.; TORTOELLO, M. L. **Encyclopedia of Food Microbiology**. London, 2014.

SANTNER, A.; CALDERON-VILLALOBOS, I. I. A.; ESTELLE, M. Plant hormones are versatile Chemical regulators of plant growth. **Nature Chemical Biology**, v. 5, n. 5, p. 301-307, 2009.

SCHOSSLER, J. H. *et al.* Componentes de rendimento e produtividade do feijoeiro comum submetido à inoculação e co-inoculação com estirpes de *Rhizobium tropici* e *Azospirillum brasilense*. **Revista Scientia Agraria**, v. 17, n. 1, p. 10-15, 2016.

SHARMA, V.; SALWAN, R.; SHARMA, P. N. The comparative mechanistic aspects of *Trichoderma* and probiotics: scope for future research. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 100, p. 84-96, 2017.

SILVA FILHO, G. N.; NARLOCH, C.; SCHARF, R. Solubilização de fosfatos naturais por microrganismos isolados de cultivos de Pinus e Eucalyptus de Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasil**, v. 37, n. 6, p. 847-854, 2002.

SILVA, J. F. **Desempenho produtivo do milho sob doses de nitrogênio e adubação potássica em cobertura e inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2021.

SILVA, H. T. **Análise da divergência genética do germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) melhorado e tradicional (crioula) cultivo no Brasil, e das formas silvestres de origem Centro e Sul Americana**. 1999. Tese (Doutorado em

Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

SILVA, H. T.; COSTA, A. O. **Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L. (Leguminosae)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 40 p.

SILVA, N. M. **Qualidade tecnológica de cultivares de feijão preto e carioca recomendadas nos últimos 60 anos no Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS). **Manual de Adubação e Calagem para o estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, 2017.

SOTTERO, A. N. *et al.* Rizobactérias e alface: colonização rizosférica, promoção de crescimento e controle biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 225-234, 2006.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado**. Piracicaba: Potafós, 2003.

STEINER, F. *et al.* Can co-inoculation of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* increase common bean nodulation and grain yield? **Semina: Ciências Agrárias**, v. 4, n. 1, p. 81-98, 2019.

TORRES-DE LA CRUZ, M. *et al.* Diversidad de *Trichoderma* em el agroecosistema cacao del estado de Tabasco, México. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 86, p. 947-961, 2015.

TROIAN, R. F.; *et al.* Mycoparasitism studies of *Trichoderma harzianum* Against *Sclerotinia sclerotiorum*: evaluation of antagonismo and expression. Of cell wall-degrading enzymes genes. **Biotechnology Letters**, v. 36, p. 2095-2101, 2014.

VAN VEEN, J. A.; VAN OVERBEEK, L. S.; VAN ELSAS, J. D. Fate and activity of microorganisms introduced into soil. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, Netherlands, v. 61, n. 2, p. 121-135, 1997.

VASCONCELOS, I. M. *et al.* Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 23, n. 1, p. 54-60, 2010.

VELÁZQUEZ-GURROLA, A.; RAMOS-ALEGRIA, M. P. Beneficios de microorganismos solubilizadores de P y K em la recuperación y mantenimiento de suelos agrícolas. *In*: VIII Congreso Mundial de la Palta, 8, 2015, Lima. **Actas**. Lima: ProHass, 2015, p. 495-499.

VIEIRA, C. *et al.* Melhoramento do feijão. *In*: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2005.

ZEILINGER, S.; *et al.* Secondary metabolism in – chemistry meets genomics. **Fungal Biology Reviews**, v. 30, n. 2, p. 74-90, 2016.