INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
CAMPUS CRISTALINA
BACHARELADO EM AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA

GABRYELLE APARECIDA ALVES DA SILVA
2025

GABRYELLE APARECIDA ALVES DA SILVA

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus*, NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, como requisito parcial para a obtenção do título de Agrônoma.

.

Orientador(a): Dra. Míriam de Almeida Marques

CRISTALINA
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi

A474i

Alves Da Silva, Gabryelle Aparecida
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE BACTÉRIAS DO GÊNERO Bacillus NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA / Gabryelle Aparecida Alves Da Silva. Cristalina 2025.

36f. il.

Orientadora: Profª. Dra. Miriam de Almeida Marques..
Tcc (Bacharel) - Instituto Federal Goiano, curso de 1020024 - Bacharelado em Agronomia - Cristalina (Campus Cristalina).
1. bioestimulantes. 2. Bacillus spp.. 3. bioinsumos. 4. sustentabilidade. 5. manejo biológico, Phaseolus vulgaris.. I. Título.

INSTITUTO FEDERAL
Goiano

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIF Goiano
Sistema Integrado de Bibliotecas

TERMO DE *CIÊNCIA* E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

[ ] Tese
[ ] Dissertação
[ ] Monografia – Especialização
[X] TCC - Graduação
[ ] Produto Técnico e Educacional-Tipo: _____
[ ] Artigo Científico
[ ] Capítulo de Livro
[ ] Livro
[ ] Trabalho Apresentado em Evento

Nome Completo do Autor: Gabryelle Aparecida Alves Da Silva.
Matrícula: 2020110200240186.
Título do Trabalho: INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM DIFERENTES ESPÉCIES DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus*, NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA.

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: [X] Não [ ] Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 24/02/2025.
O documento está sujeito a registro de patente? [ ] Sim [X] Não
O documento pode vir a ser publicado como livro? [ ] Sim [X] Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

1. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Cristalina, 24 de Fevereiro de 2025.
Local Data

gov.br Documento assinado digitalmente
GABRYELLE APARECIDA ALVES DA SILVA
Data: 25/02/2025 06:26:02-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

gov.br Documento assinado digitalmente
MIRIAM DE ALMEIDA MARQUES
Data: 25/02/2025 08:04:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

_____
Assinatura do(a) orientador(a)

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Formulário 19/2025 - GENS-CRIS/CMPCRIS/IFGOIANO

CURSO DE AGRONOMIA

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO COM DIFERENTES BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* NO CRESCIMENTTO E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA

Autor(a): Gabryelle Aparecida Alves da Silva

Orientador(a): Prof.ª Dr.ª Míriam de Almeida Marques

TITULAÇÃO: ENGENHEIRA AGRÔNOMA.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2025.

Profa. Dra. Míriam de Almeida Marques

Presidente da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Profa. Dra. Suelen Cristina Mendonca Maia

Membro da Banca

IF Goiano – Campus Cristalina

Prof. Dr. Jardel Lopes Pereira

Membro da Banca

Documento assinado eletronicamente por:

- **Miriam de Almeida Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 24/02/2025 11:33:05.
- **Jardel Lopes Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 24/02/2025 11:38:13.
- **Suelen Cristina Mendonca Maia , PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 24/02/2025 11:45:13.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 24/02/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 679790
Código de Autenticação: 912725b7a9

"Dedico a minha filha Emanuelly Cassins , e minha família." – Deuteronômio 31:6

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me fortaleceu em cada etapa dessa jornada, e à minha família, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando desde o início dessa caminhada, que não foi fácil. Em especial, agradeço aos meus pais, Gleide Cassins e Eurípedes Barsanon da Silva, pelo amor incondicional e por serem minha base. Aos meus irmãos Jennepher Cassins e Euripedes Barsanon da Silva Júnior, e aos meus queridos avós, Maria José Batista Barros e José Cornelio, por todo carinho e apoio.

Minha gratidão eterna à minha filha Emanuelly Cassins, que me inspira a ser uma pessoa melhor a cada dia e que, com sua compreensão e amor, esteve ao meu lado mesmo nos momentos mais desafiadores. Obrigada por ser minha melhor amiga e por entender minha dedicação aos estudos, sempre me dando o suporte necessário, esse momento é nosso!

Aos meus amigos, que tornaram essa caminhada mais leve e cheia de aprendizado, obrigada por cada incentivo e palavra de apoio. Em especial, Ana Caroline Fonseca, Isabella Guimarães, Keillyane Caixeta, Carolina da Paixão e minha prima Samantha Alves Felipe,vocês foram peças fundamentais nessa conquista.

Sou imensamente grata aos meus professores em especial, Suellen Cristina Mendonça Maia, Cássio Jardim Tavares, Jardel Lopes Pereira e minha orientadora Miriam de Almeida Marques que me ajudou nessa trajetória.

"Se há um segredo do sucesso, ele está na capacidade de ver as coisas do ponto de vista da outra pessoa." **– Henry Ford**

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência do tratamento de sementes de feijão com diferentes produtos comerciais à base de bactérias do gênero *Bacillus* na germinação, características fitotécnicas e rendimento da cultura. O experimento foi conduzido em delineamento experimental de blocos casualizados contendo cinco tratamentos à base de produtos compostos por combinações ou não de espécies de bactérias do gênero *Bacillus*, sendo estes: *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* + *B. Pumilus; B. Pumilus; B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Megaterium* e *B. Aryabhattai*. Como tratamento controle foi utilizada apenas água destilada. Após germinação e crescimento das plantas foram analisados os seguintes parâmetros: número de dias para germinação das sementes, altura de planta, número de folhas, número de vagens e produção final de grãos. Com base nos resultados, observou-se que nenhum dos tratamentos à base de bactérias do gênero *Bacillus* acelerou a germinação das sementes de feijoeiro após a inoculação, quando comparado à testemunha experimental. Foi observado que na primeira, quarta e quinta data de avaliação houve diferença significativa entre os tratamentos com relação à altura das plantas de feijão. Entretanto, nenhum tratamento à base de *Bacillus* aumentou o crescimento da cultura. Na primeira data de avaliação todos os tratamentos diferiram da testemunha e foram semelhantes quanto ao número médio de folhas do feijoeiro. Foi observado que o tratamento com *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* +*B. Pumilus* apresentou os melhores índices de produtividade, sugerindo que essa combinação microbiana promoveu uma maior eficiência na absorção de nutrientes e no desenvolvimento da planta. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente da testemunha. Conclui-se que os bioinsumos à base de *Bacillus* spp. podem ser utilizados como uma estratégia viável para o incremento da produtividade agrícola, contribuindo para um sistema de cultivo mais sustentável. Esses resultados destacam a relevância do uso de bioinsumos no manejo das culturas, com potencial para melhorar a sustentabilidade e rendimento do feijoeiro.

Palavras-chave: bioestimulantes, *Bacillus* spp., bioinsumos, sustentabilidade, manejo biológico, *Phaseolus vulgaris*.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of bean seed treatment with different commercial products based on bacteria of the genus Bacillus on germination, phytotechnical characteristics and crop yield. The experiment was conducted in a randomized block design containing five treatments based on products composed of combinations or not of species of bacteria of the genus Bacillus, namely: *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* + *B. Pumilus; B. Pumilus; B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Megaterium* and *B. Aryabhattai*. Only distilled water was used as the control treatment. After germination and plant growth, the following parameters were analyzed: number of days for seed germination, plant height, number of leaves, number of pods and final grain production. Based on the results, it was observed that none of the treatments based on bacteria of the genus Bacillus accelerated the germination of bean seeds after inoculation, when compared to the experimental control. It was observed that on the first, fourth and fifth evaluation dates there was a significant difference between treatments regarding the height of the bean plants. The treatment with *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* + *B. Pumilus* was the only one that increased crop growth. All treatments differed from the control and were similar regarding the average number of bean leaves only on the first evaluation date. Regarding the average number of pods per plant, it was found that on the first evaluation date the treatment with *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* + *B. Pumilus* was the only one that produced more pods per plant and was different from the control. Again, it was observed that the treatment with *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* + *B. Pumilus* presented the best productivity rates, suggesting that this microbial combination promoted greater efficiency in nutrient absorption and plant development. The other treatments did not differ statistically from the control. It is concluded that bioinputs based on *Bacillus* spp. can be used as a viable strategy to increase agricultural productivity, contributing to a more sustainable cropping system. These results highlight the relevance of using bioinputs in crop management, with the potential to improve the sustainability and yield of common beans.

Keywords: biostimulants, *Bacillus* spp., bioinputs, sustainability, biological management, *Phaseolus vulgaris*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1. Preparo de solo e tratamento das sementes. Fonte: ALVES (2024). 17

Figura 2. Produtos comerciais à base das bactérias Bacillus subtilis, B. amyloliquefaciens, B. velezensis, B.Pumilus, B. megaterium, e B. aryabhattai. 18

Figura 3. Tratamento de sementes de feijão. Fonte: ALVES (2024). 19

Figura 4. Irrigação do feijoeiro por gotejamento. Fonte: ALVES (2024). 19

Figura 5. Fase reprodutiva em campo. Fonte: ALVES (2024). 20

Figura 6. Taxa de germinação por tratamento. 22

Figura 7. Evolução da área foliar por tratamento. 23

Figura 8. Número médio de folhas em diferentes tratamentos ao longo das avaliações, na fase reprodutiva do feijoeiro em condições de campo. 25

Figura 9. Evolução do número médio de vagens por tratamento no experimento em campo. 27

Figura 10. Desempenho de produtividade de todos os tratamentos. 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios da velocidade de germinação das sementes de feijão após inoculação com diferentes tratamentos a base de bactérias do gênero Bacillus. 21

Tabela 2. Altura de plantas (cm) de plantas de feijão após inoculação com diferentes tratamentos a base de bactérias do gênero Bacillus. 22

Tabela 3. Avaliação do número médio de folhas em plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos. 25

Tabela 4. Número médio de vagens por planta em campo na fase produtiva do feijoeiro. 26

Tabela 5. Peso médio de 100 grãos de cada tratamento. 27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

2. REFERENCIAL TEÓRICO 13

2.1 Cultivo do feijoeiro e variedade do Feijão IAC 1849 Polaco 13

2.2 Bactérias do gênero Bacillus 14

3. MATERIAIS E MÉTODOS 16

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 20

4.1 Velocidade de germinação das plantas de feijão 20

4.2 Avaliação do número médio de folhas 24

4.3 Número médio de vagens por planta de feijão 26

4.4 Rendimento da cultura (Peso médio de 100 grãos) 27

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 29

6. REFERÊNCIAS 30

1.INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é fundamental na alimentação de diversas populações e é um componente essencial da dieta brasileira, representando a principal fonte de proteína vegetal (POMPEU, 1987). Esse vegetal é cultivado em três safras distintas (safra das águas, safra da seca e safrinha) e faz parte dos sistemas de produção de pequenos, médios e grandes produtores, esses últimos em escala empresarial altamente tecnológica. As regiões com maior produção de feijão no Brasil estão principalmente concentradas no Centro-Oeste, Sudeste e Norte, refletindo a relevância econômica dessa cultura para diversas localidades. A produção de feijão é bastante distribuída, com diferentes estados contribuindo de maneira significativa para o abastecimento do mercado interno e para as exportações ((EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO,2004).

Programas de melhoramento do feijão comum, especialmente para o tipo comercial carioca que representa 79% do mercado de feijão no Brasil, contribui de forma preponderante ao alto nível tecnológico da cultura (RIBEIRO et al., 2019). Isso resulta em altos rendimentos de sementes, mais de 4.500 kg/ha, alta produtividade de sementes qualidade, curto tempo de cozimento e retardo no escurecimento das sementes, o que agrega valor ao produto final (WUTKE et al., 2014).

Entretanto, mesmo que exista diversas variedades de feijão com altos rendimentos de produtividade, essa cultura é exigente do ponto de vista nutricional, em decorrência, principalmente, do seu sistema radicular reduzido, além de apresentar um ciclo curto, que varia de 90 a 100 dias. Muitos trabalhos de pesquisa sobre adubação do feijoeiro comum demonstram que a resposta dessa cultura à aplicação de fertilizantes nitrogenados e fosfatados é alta, comparados a outros nutrientes, o que faz dessa espécie vegetal, quando submetida em sistemas de cultivo, demandar altos níveis de nutrientes para que possa se desenvolver e atingir rendimentos lucrativos (VIEIRA, et al., 2015). Dessa forma, nem sempre os adubos minerais aplicados nos solos brasileiros aumentam o rendimento do feijoeiro, havendo assim, a necessidade do uso de alternativas biológicas que viabilizam o desenvolvimento da cultura (CANTARELLA *et al*, 2022).

O uso de bactérias promotoras do crescimento de plantas (plant growth-promoting bacteria, PGPB) para aumentar a produção agrícola é uma das táticas mais promissoras para a agricultura mundial. Essa prática atende à crescente demanda por reduzir a dependência de fertilizantes químicos e ao avanço da agricultura sustentável (MOREIRA E SIQUEIRA, 2006). Além disso, ainda existe um grande contingente de agricultores de subsistência,

caracterizado pelo baixo uso de recursos tecnológicos, como, por exemplo, a aplicação de fertilizantes. Estes agricultores têm como principal objetivo a produção de alimentos para consumo próprio e podem ser beneficiados com a utilização das bactérias promotoras do crescimento de plantas, que é uma alternativa mais viável financeiramente quando comparadas com os adubos minerais (ZUCARELI et al., 2011).

As (PGPB), realizam uma série de mecanismos nos vegetais, dentre os quais podemos destacar: fixação de N2, aumento na absorção de água e de nutrientes, estimulam o crescimento de raízes e parte aérea das plantas, promovem o controle de fitopatógenos, (FIGUEIREDO et al., 2008), entre outros. Esses microrganismos são também capazes de produzir fitormônios que podem proteger as plantas de diferentes tipos de estresses, aumentando a produtividade das culturas. Entre estas substâncias podem ser citados o ácido indolacético, a zeatina e o ácido giberélico, que são eficazes em pequenas concentrações (ADACHI, 1999). Membros dos gêneros *Azospirillum, Acetobacter* e *Bacillus* produzem ácido indolacético (AIA) e são efetivamente usados para aumentar o crescimento e produtividade de diferentes culturas (IDRIS et al., 2007). A produção de ácido giberélico por PGPB foi detectada em algumas espécies de bactérias, por exemplo, *Klebsiella pneumoniae, Bacillus megaterium* e *Bacillus cereus* (TSAVKELOVA et al, 2007).

Algumas PGPB são também capazes de solubilizar fosfato (BSF) (HAMEEDA et al., 2008; HAMDALI et al., 2008), liberando P para as plantas. Esta característica promotora de crescimento já foi detectada em bactérias como *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas fluorescens*, *Burkholderia cepacia* SAOCV2 (PEIX et al., 2001) e na *Enterobacter radicincitans* DSM 16656 (RICHARDSON; SIMPSON, 2011).

Efeitos do uso de PGPB em promover o crescimento de *Phaseolus vulgaris* têm sido mostrados em vários trabalhos, muitos deles com respostas de um aumento na fotossíntese e conteúdos de P e N nas folhas (COLLAVINO et al., 2010). Estes autores também observaram maiores conteúdos de Mg, K e Ca na planta, além de maior peso da matéria seca da parte aérea. Verificou-se ainda, que embora o feijoeiro não tenha sido inoculado com rizóbio, o número de nódulos por planta foi maior. Guinãzú et al. (2010) relataram que um dos fatores que levam as PGPB a aumentar a nutrição de P nas plantas é o maior número destas bactérias na rizosfera, após a inoculação.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do tratamento de sementes de feijão com diferentes produtos comerciais à base de bactérias do gênero *Bacillus* na germinação, características fitotécnicas e rendimento da cultura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivo do feijoeiro e variedade do Feijão IAC 1849 Polaco

A cultivar IAC 1849 Polaco, conforme dados da sementeira Lagoa Bonita, tem um potencial produtivo médio de 4500 kg/ha, o que a torna uma opção interessante para os produtores. Uma das principais características dessa cultivar é sua ampla adaptação às condições edafoclimáticas, o que possibilita o cultivo ao longo de todo o ano e em diversas regiões do Brasil. Esse fator de adaptabilidade é crucial, já que o feijoeiro pode ser cultivado em diferentes épocas e sob diferentes condições de clima e solo (RIBEIRO et al. 2019).

Na região central do Brasil, o feijoeiro é plantado tanto na primavera, durante o plantio das águas, quanto no verão, no plantio da seca, sendo que a escolha do período depende das condições climáticas e das chuvas. Durante o outono e inverno, a cultura é cultivada de forma irrigada, principalmente com o uso do sistema pivô-central, que garante a produção mesmo nos períodos secos, quando a precipitação pluvial é insuficiente (REZENDE et al., 2004). Na safra de 2024, a produção de feijão no Brasil, considerando as três safras, foi estimada em 3,1 milhões de toneladas, representando um crescimento de 5,7% em relação à safra anterior. A área plantada totalizou aproximadamente 2,86 milhões de hectares, registrando um aumento de 5,9% na área cultivada e um incremento de 1,7% na produtividade média (CONAB, 2024).

Especificamente no estado de Goiás, a produção de feijão atingiu 349,5 mil toneladas, correspondendo a 11,2% da produção nacional, consolidando o estado como o terceiro maior produtor do país. O crescimento da área plantada em Goiás foi um dos fatores que impulsionaram esse aumento na produção, esses dados ressaltam a importância da cultura do feijão para a segurança alimentar no Brasil e evidenciam o papel estratégico de Goiás no cenário nacional, contribuindo significativamente para o abastecimento interno e o fortalecimento da produção agrícola (GOV,2025).

Apesar de sua versatilidade, o feijão apresenta desafios para os produtores, especialmente devido à sua alta demanda por nutrientes e água. Além disso, a planta é vulnerável a diversas pragas e doenças, o que exige um manejo integrado e cuidadoso. A adubação adequada, o controle de irrigação e a vigilância contra pestes são essenciais para garantir uma boa produtividade. Em virtude dessas exigências, o planejamento da produção

e o acompanhamento contínuo dos fatores agronômicos são fundamentais para o sucesso no cultivo dessa cultivar. Dessa forma, todos os aspectos do manejo devem ser cuidadosamente considerados para maximizar o rendimento e a qualidade da produção (EMBRAPA, 2023). O feijão do tipo comercial carioca, que representa cerca de 79% do mercado de feijão no Brasil, foi desenvolvido pelo Instituto Agronômico (IAC) na década de 1960. Desde então, essa cultivar tem passado por contínuos processos de melhoramento genético, resultando em um alto nível tecnológico no cultivo de feijão. Atualmente, a cultivar IAC 1849 Polaco é a 51ª geração dessa linha de melhoramento, refletindo o constante avanço na qualidade e produtividade do feijão carioca no país. Esse progresso tem sido essencial para a manutenção da competitividade do setor, que é um dos principais pilares da agricultura brasileira.

A cultivar IAC 1849 Polaco foi especificamente desenvolvida para atender às exigências do mercado e da cadeia de produção do feijão, oferecendo um produto de alta qualidade e que se destaca por características importantes, como a tolerância ao escurecimento do grão, baixo tempo de cozimento e ciclo precoce na lavoura. Tais atributos são altamente valorizados pelos consumidores e pelos produtores, pois influenciam diretamente na aceitação do produto no mercado e na eficiência da produção. A tolerância ao escurecimento, por exemplo, é particularmente relevante, pois os feijões de grãos mais claros são frequentemente preferidos pelo mercado, sendo associados à maior facilidade de cozimento, embora essa relação não seja cientificamente comprovada (SARTORI,1996).

Essa cultivar contribui significativamente para o aumento da produtividade e para a qualidade do feijão comercializado no Brasil, sendo um exemplo do impacto positivo dos programas de melhoramento genético na agricultura. Além das vantagens de adaptação e resistência, a constante evolução das cultivares de feijão, como a IAC 1849 Polaco, é fundamental para garantir a sustentabilidade e a competitividade da produção nacional, atendendo tanto às exigências do mercado interno quanto às possibilidades de exportação.

2.2 Bactérias do gênero *Bacillus*

O gênero de bactéria *Bacillus* inclui aproximadamente 400 espécies que apresentam uma ampla variedade de características fisiológicas, metabólicas e fenotípicas (Parte et al., 2020). Este grupo heterogêneo é encontrado em diversos ambientes e é reconhecido por suas células em forma de bastonete, pela capacidade de formar endósporos, pela atividade

anaeróbica ou facultativa anaeróbica, e pela positividade para a catalase (DWORKIN et al., 2006). O gênero *Bacillus* desempenha um papel fundamental na agricultura, graças às suas diversas propriedades benéficas para as plantas e o solo. Estas bactérias são reconhecidas por suas funções como **biofertilizantes** e **agentes de controle biológico**, sendo uma alternativa ecológica e sustentável aos fertilizantes e pesticidas químicos tradicionais. Abaixo, destaco algumas das principais aplicações do Bacillus na agricultura, acompanhadas de referências que sustentam suas vantagens e eficácia (Glick, B. R. (2012).

Algumas espécies de *Bacillus* possuem a habilidade de fixar o nitrogênio atmosférico, transformando-o em formas que as plantas podem utilizar. Esse processo ajuda a aumentar a fertilidade do solo e diminui a dependência de fertilizantes nitrogenados artificiais.

Bacillus subtilis é a espécie do gênero *Bacillus* mais estudada, em razão de sua competência natural para a captação de DNA extracelular, o que facilita modificações genéticas simples. Além disso, destaca-se pela esporulação, um dos primeiros processos de diferenciação celular bacteriana a ser investigado. Os esporos dormentes dessa espécie são altamente resistentes a condições extremas, como altas temperaturas, dessecação, radiação UV e outros tipos de radiação, predação por microrganismos e macrorganismos, e até mesmo a condições ambientais extremas, incluindo aquelas encontradas em ambientes extraterrestres (KLOEPPER, 1980). *B. subtilis* pode ser isolado de uma variedade de ambientes, que vão desde solos até habitats marinhos, sendo amplamente utilizado em diversas áreas, como produção de enzimas, fermentação de alimentos e biocontrole vegetal. Essa espécie é também um modelo experimental relevante para o estudo de processos como divisão celular, secreção de proteínas, motilidade de superfície (natação, enxameamento e deslizamento), formação de biofilmes, fixação em raízes de plantas ou hifas fúngicas, produção de metabólitos secundários, transferência de citoplasma via nanotubos intercelulares, liberação de vesículas extracelulares e discriminação de parentesco. *Bacillus subtilis* é uma bactéria gram-positiva não patogênica, amplamente reconhecida por suas propriedades promotoras de crescimento vegetal. Encontrada na microbiota do solo, essa espécie é frequentemente utilizada na produção de enzimas extracelulares em grande escala. Além disso, é capaz de interagir de forma estável com plantas de maior porte, estimulando seu crescimento (SIVASAKTHI; USHARANI; SARANRAJ, 2014).

O *Bacillus megaterium* tem sido amplamente utilizado na indústria há mais de 50 anos, destacando-se devido à produção de enzimas raras e altamente úteis, além de sua

grande capacidade para sintetizar exoenzimas. Este organismo também é um excelente hospedeiro para clonagem, sendo ideal para a produção de proteínas intactas, uma vez que não apresenta proteases alcalinas externas e pode manter uma ampla variedade de vetores plasmidiais. As ferramentas genéticas disponíveis para *Bacillus megaterium* incluem a transdução mediada por fagos e uma vasta coleção de mutantes, que cobrem processos essenciais como biossíntese, catabolismo, divisão celular, esporulação, germinação, resistência a antibióticos e recombinação genética (BIEDENDIECK,2007). São bactérias promotoras de crescimento de plantas e exercem papel na melhoria e eficiência do uso de nitrogênio e consequentemente na sustentabilidade e produção agrícola (Di Benedetto et al., 2016; Di Benedetto et al., 2017;).

O emprego de bactérias do gênero *Bacillus aryabhattai* contribui para a mitigação dos efeitos do estresse hídrico e favorece o crescimento de espécies vegetais. Esse efeito benéfico ocorre devido à produção de osmólitos compatíveis, como a betaína, que são pequenas moléculas orgânicas essenciais para a proteção das plantas em condições de estresse ambiental, além da formação de biofilmes (EMBRAPA, 2017).

Bacillus amyloliquefaciens demonstra potencial na redução dos sintomas de sarna comum (causada por *Streptomyces scabies*) em batatas, atuando por meio de mecanismos envolvendo a secreção de substâncias como surfactina, iturina A e fengicina (LIN et al., 2018).

Bacillus pumilus favorece o crescimento saudável das plantas e pode ser facilmente aplicada, especialmente através da semeadura. Sua principal vantagem é a segurança elevada, pois não representa risco de contaminação para os produtores (ATKINSON & MCKINLAY, 1995).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em condição de campo entre os meses de Junho a Outubro de 2024, no Instituto Federal Goiano – Campus Cristalina, localizado na cidade de Cristalina, Goiás (latitude 46º 48’ S e longitude 16º 20’ W Gr). A variedade de feijão utilizada nos testes foi a IAC 1849 POLACO do grupo carioca.

Na área experimental, de aproximadamente 300 m², foi realizado o preparo do solo, com uma aração bem executada que garantiu a sua boa estrutura (Figura 1). Aos sete dias

antes da semeadura do feijão também foi aplicado o esterco bovino para aumentar o teor de matéria orgânica do solo.

Figura 1. Preparo de solo e tratamento das sementes. Fonte: ALVES (2024).

Para realizar o tratamento das sementes de feijão foram utilizados diferentes produtos comerciais à base de bactérias do gênero *Bacillus* (Figura 2). Cada produto foi considerado como um tratamento experimental e estes são compostos ou não por mais de uma espécie de bactéria, sendo estes: *B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Velezensis* + *B. Pumilus; B. Pumilus; B. Subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B. Megaterium e B. Aryabhattai.* Como testemunha experimental não foi realizado nenhum tipo de tratamento nas sementes.

Figura 2. Produtos comerciais à base das bactérias *Bacillus subtilis, B. amyloliquefaciens, B. velezensis, B.Pumilus, B. megaterium, e B. aryabhattai* . Fonte: ALVES (2024).

Foi utilizado sementes de Feijão carioca IAC POLACO 1849 ,sem tratamentos quimicos . Durante o processo do tratamento, 216 sementes do feijão foram inoculadas com os tratamentos (produtos à base de bactérias) na sua dose comercial por dez minutos. Em seguida, estas foram secadas em papel toalha e em condição ambiente por um período de uma hora e meia (Figura 3). Após esse período foi realizado o plantio das sementes de forma manual.

Figura 3. Tratamento de sementes de feijão. Fonte: ALVES (2024).

Durante o desenvolvimento das plantas foi avaliada a sua germinação e as características fitotécnicas da cultura. Também foi realizada a irrigação por gotejamento das plantas (Figura 4) uma vez ao dia, garantindo uma distribuição de água constante e equilibrada e capinas manuais semanalmente.

Figura 4. Irrigação do feijoeiro por gotejamento. Fonte: ALVES (2024).

Para avaliar a velocidade de germinação das plantas, foi quantificado o número de dias em que as plantas germinaram por tratamento. Posteriormente, foram realizadas quatro avaliações das características fitotécnicas das plantas nas fases vegetativas e reprodutivas da cultura. Foram analisadas as seguintes variáveis: altura de plantas nove dias após o plantio, número médio de folhas (nove dias após o plantio) e número médio de vagens (42 dias após o plantio).

No final do ciclo da cultura foi feita a colheita manual das vagens (Figura 5) para a extração . Em seguida, 100 grãos de cada tratamento foram pesados, com auxílio de uma balança de precisão, para avaliar o rendimento do feijoeiro para cada tratamento.

Figura 5. Fase reprodutiva em campo. Fonte: ALVES (2024).

O delineamento experimental utilizado no estudo foi o de blocos casualizados, em que cada tratamento foi repetido quatro vezes. Cada repetição conteve 216 plantas.

Os dados da altura de planta, número de folhas, quantidade de vagem e produtividade foram submetidos à análise de variância. Quando houve diferença entre os tratamentos foi utilizado o teste de Duncan a 5% de probabilidade para comparação das médias. Foi utilizado o software SASM-Agri (2001) para análise estatística dos dados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Velocidade de germinação das plantas de feijão

Com base nos resultados foi observado que nenhum dos tratamentos à base de bactérias do gênero *Bacillus* aumentaram a velocidade das sementes do feijoeiro após a inoculação quando em comparação com a testemunha experimental (tabela 1). O tratamento com *B. subtilis* + *B. Amyloliquefaciens* + *B.Velezensis* + *B. Pumilus* se diferenciou negativamente da testemunha e causou um menor valor da velocidade germinação das plantas (tabela 1, Figura 1).

Mesmo que não houvesse diferença significativa na velocidade de germinação entre os tratamentos, a inoculação de sementes do feijoeiro com bactérias do gênero *Bacillus* não reduziram a taxa de germinação da cultura, pois todas as sementes plantadas germinaram.

A germinação completa das sementes indica que *Bacillus* não compromete sua viabilidade. Conforme apontado por Compant et al. (2005), muitos microrganismos benéficos interagem com as sementes sem afetar sua capacidade germinativa, embora possam influenciar processos fisiológicos que determinam o tempo necessário para a germinação.

As espécies de *Bacillus* podem sintetizar fitormônios, como ácido indolacético (AIA) e giberelinas, que desempenham um papel essencial no desenvolvimento vegetal (Lopes et al., 2018). Entretanto, a germinação das sementes é regulada principalmente pelo equilíbrio entre ácido abscísico (ABA) e giberelinas. Caso a inoculação com *Bacillus* modifique essa relação hormonal, pode ocorrer um atraso na germinação, fenômeno já observado em algumas culturas (Pérez-García & Romero, 2014).

Tabela 1. Valores médios da velocidade de germinação das sementes de feijão após inoculação com diferentes tratamentos a base de bactérias do gênero *Bacillus*.

Tratamentos	**Dias da germinação***	
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus*	7	b
Bacillus pumilus	8	a
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B. megaterium*	7,75	ab
B. aryabhattai	8,5	a
Testemunha	8,25	

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

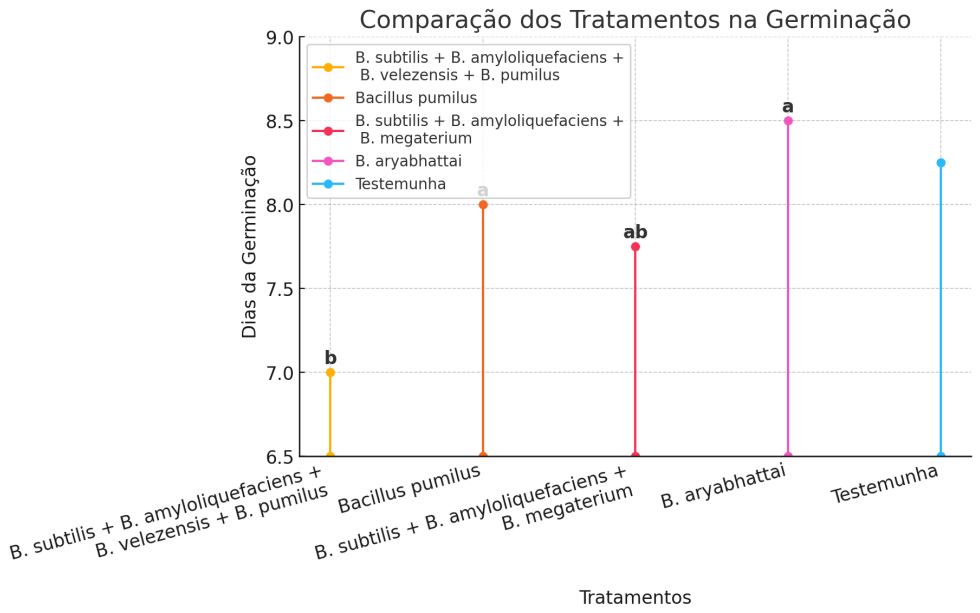

Figura 6. Taxa de germinação por tratamento.

4.2 Avaliação da altura de plantas

Foi observado que na primeira, quarta e quinta data de avaliação houve diferença significativa entre os tratamentos com a testemunha com relação à altura das plantas de feijão. Entretanto, nenhum dos tratamentos à base de bactérias do gênero *Bacillus* promoveram um aumento no crescimento das plantas após a inoculação das sementes (Tabela 2, Figura 2).

Tabela 2. Altura de plantas (cm) de plantas de feijão após inoculação com diferentes tratamentos a base de bactérias do gênero *Bacillus*.

Tratamentos	1º avaliação	2º avaliação	3º avaliação	4º avaliação	5º avaliação
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus*	3,73 a	6,45 a	12,525 a	16,13 a	35,15 a
B. pumilus	3,9 ab	6,68 a	11,6 a	16,56 ab	36,4 a
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B. megaterium*	4,45 b	6,6 a	11,08 a	17,15 b	36,2 ab
B. aryabhattai	4,85 b	7,2 a	12,2 a	16,6 b	35,68 ab
Testemunha	4,0 b	6,6 a	12,38 a	17,38 b	36,1 b

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

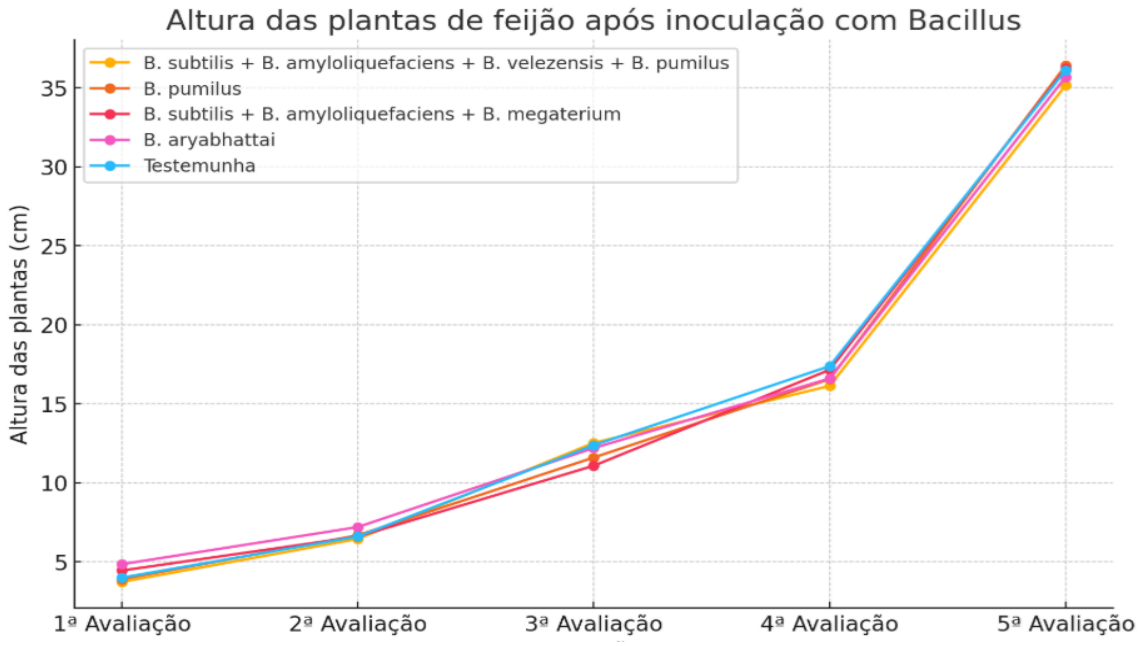

Figura 7. Evolução da área foliar por tratamento.

O ambiente em que as plantas são cultivadas tem um papel fundamental na eficácia da inoculação com *Bacillus*. Fatores como temperatura, pH do solo, disponibilidade de nutrientes e umidade influenciam diretamente o desempenho das bactérias, podendo tanto promover quanto inibir o crescimento das plantas. Quando as condições ambientais não são ideais para o desenvolvimento do *Bacillus*, os efeitos benéficos sobre as plantas podem ser limitados ou até ausentes (Vessey, 2003). Além disso, a presença de uma alta carga microbiana no solo pode resultar em competição com as bactérias inoculadas, prejudicando sua eficácia.

Embora *Bacillus* seja amplamente reconhecido por suas propriedades benéficas, como promoção de crescimento e resistência a patógenos, os efeitos observados podem

variar dependendo de diversos fatores, incluindo as condições ambientais, o tipo de planta, e o método de inoculação, ambiente em que as plantas são cultivadas tem um papel fundamental na eficácia da inoculação com *Bacillus*. Fatores como temperatura, pH do solo, disponibilidade de nutrientes e umidade influenciam diretamente o desempenho das bactérias, podendo tanto promover quanto inibir o crescimento das plantas, quando as condições ambientais não são ideais para o desenvolvimento do *Bacillus*, os efeitos benéficos sobre as plantas podem ser limitados ou até ausentes (Vessey, 2003). Além disso, a presença de uma alta carga microbiana no solo pode resultar em competição com as bactérias inoculadas, prejudicando sua eficácia..

A produção de fitormônios por *Bacillus* também pode não ter ocorrido de forma eficiente nas condições experimentais, ou a quantidade de auxinas e outros hormônios vegetais liberados pode não ter sido suficiente para estimular o crescimento das plantas. Alguns estudos apontam que certas cepas de *Bacillus* podem até apresentar atividade antagonista no solo, limitando o crescimento vegetal ao competir por nutrientes ou espaço com microrganismos benéficos, ou ainda ao produzir compostos secundários com efeitos inibitórios (Mendes et al, 2013).

O tempo de avaliação após a inoculação é um fator importante. Pesquisas sugerem que os efeitos benéficos de *Bacillus* podem não ser imediatos e se manifestar em estágios posteriores do desenvolvimento vegetal, como no aumento da resistência a patógenos ou na melhoria da nutrição, sem necessariamente refletir em um crescimento imediato, como o aumento da altura das plantas logo após a inoculação (Kloepper et al., 2004).

4.2 Avaliação do número médio de folhas

Quanto ao número médio de folhas por plantas de feijão foi observado que não houve diferença significativa entre os tratamentos a base de bactérias do gênero *Bacillus*. Entretanto, estes se diferenciam da testemunha na primeira data de avaliação e promoveram um aumento do número médio de folhas por plantas de feijão. Nas demais datas de avaliação não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos testados (Tabela 3, Figura 8).

Tabela 3. Avaliação do número médio de folhas em plantas de feijão submetidas a diferentes tratamentos.

Tratamentos	1º avaliaçã	2º avaliação	3º avaliação	4º avaliação	5º avaliação

B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus*	2,5 a	12,25 a	16,0 a	24,75 a	26,5 a
B. pumilus	3,0 a	10,0 a	15,25 a	25,5 a	26,5 a
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B. megaterium*	3,0 a	10,5 a	16,5 a	24,5 a	26,0 a
B. aryabhattai	2,5 a	12,0 a	14,75 a	25,0 a	25,75 a
Testemunha	2,25 b	12,0 a	16,75 a	24,5 a	25,5 a

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

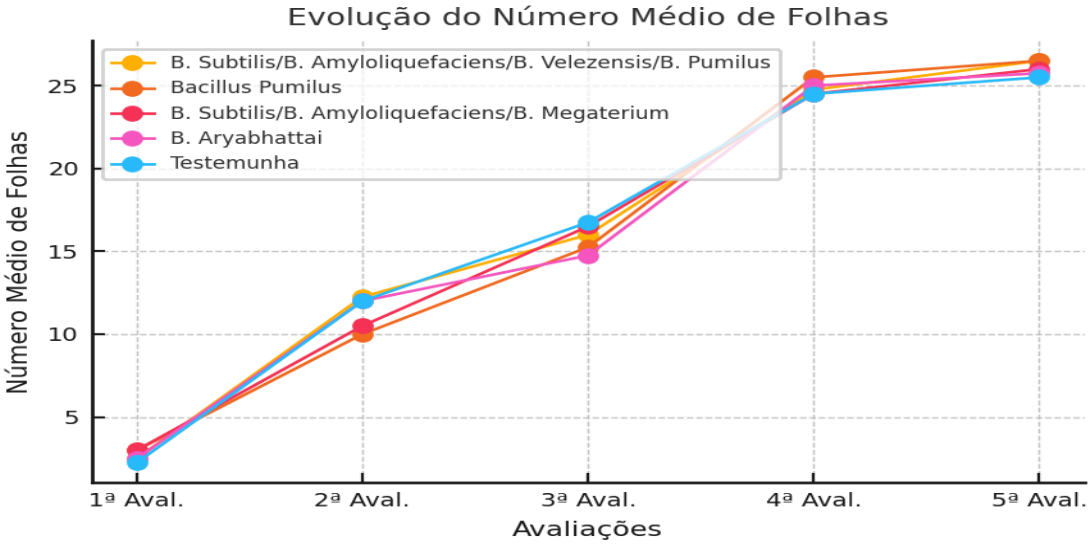

Figura 8. Número médio de folhas em diferentes tratamentos ao longo das avaliações, na fase reprodutiva do feijoeiro em condições de campo.

O incremento na emissão foliar promovido pelos tratamentos a base de bactérias do gênero *Bacillus* pode estar relacionado à capacidade dessas bactérias de estimular o crescimento vegetal por meio da síntese de fitormônios, maior disponibilidade de nutrientes e indução da resistência sistêmica da planta (KAVAMURA et al., 2013).

4.3 Número médio de vagens por planta de feijão

Na primeira data de avaliação houve diferença significativa entre os tratamentos com a testemunha com relação número médio de vagens por planta de feijão. Entretanto, nenhum dos tratamentos à base de bactérias do gênero *Bacillus* promoveram um aumento do número de vagens das plantas após a inoculação das sementes (Tabela 4, Figura 9).

Tabela 4. Número médio de vagens por planta em campo na fase produtiva do feijoeiro.

Tratamentos	1º avaliação	2º avaliação	3º avaliação	4º avaliação	5º avaliação
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus*	6,25 a	14,5 a	16,5 a	24,75 a	26,5 a
B. pumilus	6,25 ab	13,75 a	15 a	25,5 a	26,5 a
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B. megaterium*	6,5 ab	14 a	15 a	24,5 a	26,0 a
B. aryabhattai	5,75 ab	15 a	16 a	25,0 a	25,75 a
Testemunha	7,25 b	14,5 a	15,5 a	24,5 a	25,5 a

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

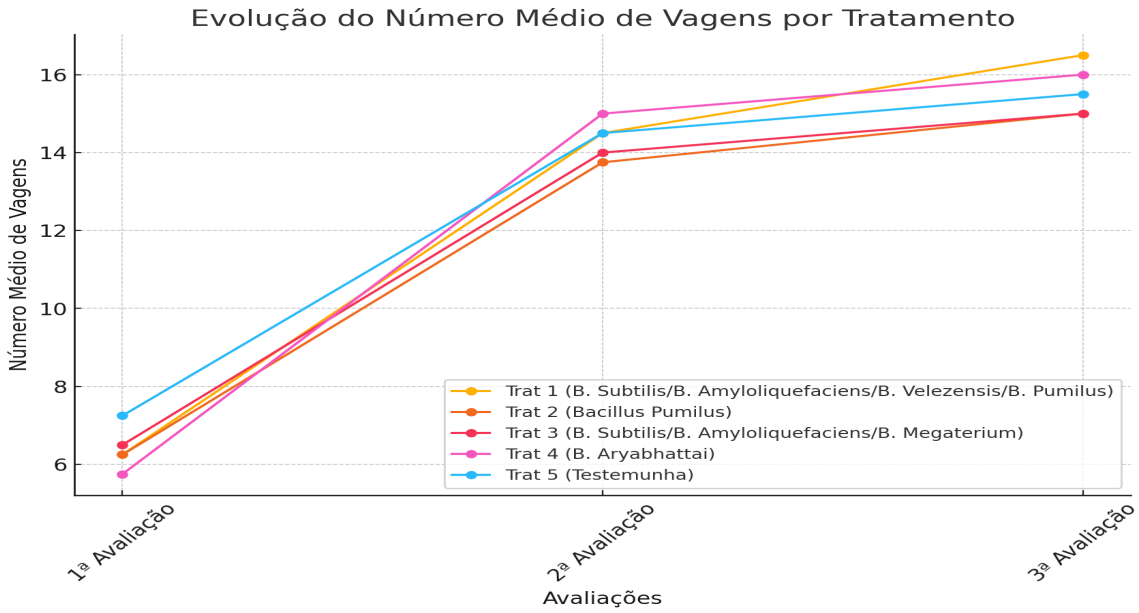

Figura 9. Evolução do número médio de vagens por tratamento no experimento em campo.

4.4 Rendimento da cultura (Peso médio de 100 grãos)

Com relação ao peso médio de 100 grãos de feijão cada tratamento, foi observada diferenças significativas entre os tratamentos a base de *B. subtilis* + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus* e *B. pumilus* sozinho com a testemunha. Estes foram semelhantes e promoveram um maior peso de grãos quando comparados aos demais tratamentos (Tabela 4, Figura 9).

Tabela 5. Peso médio de 100 grãos de cada tratamento.

Tratamentos	Média	
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus*	0,87	a
Bacillus pumilus	0,84	ab
B. subtilis + *B. amyloliquefaciens* + *B. megaterium*	0,76	b
B. aryabhattai	0,75	b
Testemunha	0,77	b

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

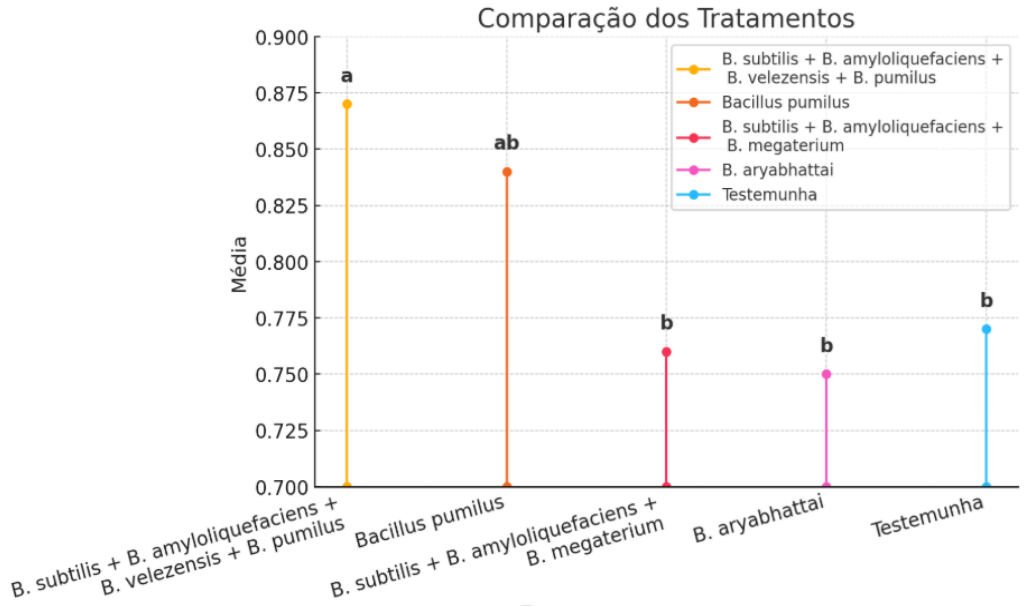

Figura 10. Desempenho de produtividade de todos os tratamentos.

Apesar dos tratamentos a base de bactérias do gênero Bacillus não terem apresentado diferenças estatísticas com a testemunha quanto a velocidade de germinação, altura de plantas e número médio de vagens, isso não se refletiu diretamente na produtividade final da cultura. Os resultados desse estudo demonstraram que a aplicação de Bacillus via tratamento de sementes pode influenciar positivamente no rendimento do feijoeiro. Entretanto essa influência está relacionada com a espécie de microrganismos utilizados.

Embora o crescimento vegetativo seja um indicador importante do desenvolvimento da planta, ele não garante, por si só, maior produção de grãos ou frutos. Esse resultado sugere que a eficiência da conversão fotossintética e a capacidade de absorção e transporte de nutrientes são fatores determinantes para a produtividade final. Assim, a escolha de bioestimulantes deve levar em consideração não apenas seu impacto no crescimento inicial da planta, mas também sua capacidade de influenciar positivamente a alocação de recursos para a formação reprodutiva da cultura (EMBRAPA, ba, 2016).

Os resultados deste estudo podem ser explicados por diversos fatores fisiológicos e ecológicos relacionados ao uso de Bacillus como bioestimulante. Embora os tratamentos com essas bactérias não tenham apresentado diferenças estatísticas em relação à testemunha quanto à velocidade de germinação, altura das plantas e número médio de vagens, houve um impacto positivo na produtividade final da cultura. Isso sugere que a ação de *Bacillus* pode estar mais associada a processos metabólicos e fisiológicos que aumentam a eficiência da absorção e do uso de nutrientes ao longo do ciclo da cultura (LUGTENBERG; KAMILOVA, 2009).

Estudos indicam que a promoção do crescimento vegetal por *Bacillus* nem sempre está diretamente ligada ao aumento inicial da biomassa da planta, mas sim à otimização de processos metabólicos essenciais, como a fixação biológica de nitrogênio, a solubilização de fosfatos e a produção de fitormônios, como auxinas, giberelinas e citocininas (KLOEPPER; SCHROTH; MILLER, 2004; RUZZI; AROCA, 2015). Dessa forma, mesmo sem afetar significativamente os parâmetros biométricos iniciais, esses microrganismos podem contribuir para o aumento da produtividade por meio da melhoria na eficiência nutricional e na adaptação a condições adversas.

Além disso, a resposta das plantas à inoculação com *Bacillus* pode variar de acordo com a espécie e a cepa utilizada, pois diferentes linhagens apresentam distintos mecanismos de ação. Esses incluem a indução de resistência sistêmica, a regulação do metabolismo vegetal e a produção de compostos bioativos que favorecem a tolerância ao estresse abiótico (COMPANT; CLÉMENT; SESSITSCH, 2010; MENDES; KRUYER; RAAIJMAKERS, 2013). Esses fatores podem explicar o impacto positivo na produtividade, mesmo na ausência de diferenças significativas no crescimento inicial das plantas.

Por fim, a eficiência da conversão fotossintética e a capacidade de absorção e transporte de nutrientes são fatores determinantes para o rendimento final da cultura. Assim, a escolha de bioestimulantes deve levar em consideração não apenas seu efeito no

crescimento inicial, mas também sua capacidade de otimizar a alocação de recursos para a fase reprodutiva da planta, impactando diretamente a formação de grãos e vagens (VESSEY, 2003).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nem todas as espécies de *Bacillus* têm a mesma eficácia em diferentes tipos de plantas,a interação entre a bactéria e a planta pode variar conforme características específicas da planta, como o tipo de raiz e a microbiota do solo. Algumas espécies de *Bacillus* podem ser mais eficientes em promover o crescimento de certas plantas, enquanto outras podem não gerar os resultados desejados.O *Bacillus* possui uma faixa de tolerância limitada em relação a fatores ambientais como temperatura, umidade e salinidade. Condições adversas, como estresse hídrico, alta salinidade ou temperaturas extremas, podem prejudicar a atividade das bactérias e reduzir sua capacidade de promover o crescimento das plantas (ALI,2020).

O tratamento de sementes de feijão com as bactérias *B. subtilis* + *B. amyloliquefaciens* + *B.velezensis* + *B. pumilus* e *B. pumilus* sozinho promove o aumento do peso de grãos do feijoeiro. Isso indica que a combinação entre espécies de *Bacillus* pode promover um efeito sinérgico no desenvolvimento do feijoeiro.

Embora os biodefensivos à base de *Bacillus* spp. sejam reconhecidos por seus benefícios na promoção do crescimento vegetal e no aumento da eficiência da absorção de nutrientes, seus efeitos diretos sobre a germinação, altura de planta e número de vagem neste estudo não foram observados.

Mesmo que os resultados obtidos neste estudo tenham sido contundentes, foi possível verificar que produtos à base de *Bacillus* spp. podem influenciar positivamente tanto na produtividade da cultura do feijão. Por esse motivo sugere-se que novos testes sejam realizados utilizando bioprodutos à base de *Bacillus* spp. para confirmação desses resultados. Pois o uso de microrganismos estimulantes do crescimento de plantas, como *Bacillus* spp. é considerado uma ferramenta promissora para o aumento da produtividade do feijoeiro e para a garantia da sustentabilidade do agroecossistema.

Por fim, este estudo reafirma que a adoção de tecnologias baseadas em microrganismos benéficos representa uma alternativa viável e sustentável para o aumento da produtividade agrícola. O uso de bioestimulantes pode não apenas elevar os rendimentos das lavouras, mas também melhorar a saúde do solo e contribuir para a preservação do meio ambiente. Diante dos desafios da agricultura moderna, a busca por soluções inovadoras e ambientalmente responsáveis deve ser cada vez mais incentivada, garantindo a segurança alimentar e a viabilidade econômica da produção agrícola a longo prazo.

6. REFERÊNCIAS

ATKINSON, D. & MCKINLAY, R.G. **Crop protection in sustainable farming systems. In: Mckinlay, R.G. & Atkinson, D. Integrated crop protection: towards sustainability.** Farnham. British Crop Protection Council. 1995. pp. 483-488. (BCPC Symposium Proceedings, 63).

ALI, S. Z., Saha, S., Yadav, A., & Khan, M. A. (2020). **Mechanisms of *Bacillus* spp. as plant growth promoters in stressful environments.** *PlantGrowthRegulation,90*(3),433–447.https://doi.org/10.1007/s10725-020-00615-9

BIEDENDIECK R, Yang Y, Deckwer WD, Malten M, Jahn D (2007b) **Sistema Plasmid para a produção intracelular e purificação de proteínas marcadas com afinidade em *Bacillus megaterium*.** Biotechnol Bioeng 96:525–537.

CAWOY, H. et al. **Bacillus-based biological control of plant diseases.** In: STOYTCHEVA, M. Pesticides in the modern world – pesticides use and management, cap.13, p.273-302, 2011.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R.M.; VAN RAIJ, B. Boletim 100: **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Instituto Agronômico de Campinas – IAC. Campinas. 2022. 481 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **O último levantamento da safra 2023/2024 estima produção de grãos em 298,41 milhões de toneladas.** Brasília, 2023. Disponível em: https://www.conab.gov.br.

COMPANT, S., DUFFY, B., NOWAK, J., CLÉMENT, C., & BARKA, E. A. (2005)**. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms ofaction, and future prospects.** Applied and Environmental Microbiology, 71(9), 4951-4959.

COMPANT, S.; CLÉMENT, C.; SESSITSCH, A. ***Microbial bioeffectors: mechanisms in plant growth promotion and future prospects.*** Applied Microbiology and Biotechnology, Heidelberg, v. 85, n. 1, p. 1-19, 2010. Disponível em : https: // doi.org /10.1007/ s00253 -009 - 2193 - 6 .

DWORKIN, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., e Stackebrandt, E. (2006). (em inglês). ***Os procariontes. Um manual sobre a biologia das bactérias.*** Nova Iorque: Springer - Verlag .

DI BENEDETTO, N. A.; CAMPANIELLO, D.; BEVILACQUA, A.; CATALDI, M. P.; CORBO, M.;SINIGAGLIA, M.; FLAGELLA, Z. **Characterization of autochthonous plant growth promoting bacteria in relation to durum wheat nitrogen use efficiency.** In: Proceedings of Plant Biology Europe Congress EPSO/FESPB, Prague Czech Republic, p. 26-30, 2016.

DI BENEDETTO, N. A.; CORBO, M. R.; CAMPANIELLO, D.; CATALDI, M. P.; BEVILACQUA, A.; SINIGAGLIA, M.; FLAGELLA, Z. **The role of plant growth**

promoting bacteria in improving nitrogen use efficiency for sustainable crop production: a focus on wheat. Microbiology, v.3, n.3, p.413- 434, 2017.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Conhecendo a Fenologia do Feijoeiro e Seus Aspectos Fitotécnicos 2 ed. revista e ampliada.** Brasília: Embrapa Feijão, p. 1-64, 2023.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO.**Análise econômica da cultura do feijão.** Disponível em: <http://www.cnpaf.embrapa.br>. Acesso em: 11 ago. 2004.

EMBRAPA,2017. **Cientistas usam bactérias para ajudar plantas a resistir à seca .** Disponívelem:https://www.embrapa.br/busca-de-noticias//noticia/22885691/cientistas usam-bactérias-para-ajudar-plantas-a-resistir-a-seca. Acesso em: 17. mar. 2023.

EMBRAPA. **Projeto TerraClass: levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia Legal brasileira – 2004-2014.** São José dos Campos: INPE, 2016. Disponível em: <*http://www.inpe.br/cra/* projetos_pesquisas/dados_terraclass.php>. Acesso em: 25 jul. 2016

GOV, (2025). **Milho, trigo e feijão impulsionam a safra goiana.** 2024. Disponível,em:[https://goias.gov.br/milho-trigo-e-feijao-impulsionam-safra-goiana/]. Acesso em: 22 fev. 2025.

Glick, B. R. (2012). "**Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications**." *Scientia Agricola*, 69(4), 112-113.

LIN, C.; TSAI, C. H.; CHEN, P. Y.; WU, C. Y.; CHANG, Y. L.; YANG, Y. L.; CHEN, Y.L. **Biological control of potato common scab by Bacillus amyloliquefaciensBa01.** PloS one, [S. l.], v. 13, n. 4, p. e0196520, 2018.

LIMA, F. (2010). **Bacillus subtilis e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e a produtividade do milho.** Universidade Federal do Piauí. Teresina, PI. 54p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).

HENNING, A. A. et al. **Tratamento e inoculação de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1994. 6p.

KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N.; MILLER, T. D. **Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield.** *Phytopathology*,St.Paul,v.94,n.11,p.125-130,2004.Disponívelem:https://doi.org/10.1094/PHYTO-94-0113.

KLOEPPER J, Leong J, Teintze M, Schroth M (1980) **Aumento do crescimento das plantas por sideróforo produzido por rizobactérias promotoras do crescimento das plantas.** Natureza 286(5776): 885-886.

KOREJO, F. et al. **Evaluation of antibacterial and antifungal potential of endophytic fluorescent Pseudomonas associated with Salvadora persica L.** and Salvadora oleoides Decne. Pak J Bot, v. 49, p. 1995-2004, 2017.

KLOEPPER, J. W.; SCHROTH, M. N.; MILLER, T. D. ***Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield.*** Phytopathology, St. Paul, v. 94, n. 11, p. 125-130,2004.

PHYTO-94-0113. LAZZARETTI, E.; BETTIOL, W. **Tratamento de sementes de arroz, trigo, feijão e soja com um produto formulado a base de células e de metabolitos de Bacillus subtilis.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 89-96, 1997.

LOPES, M. J. D. S., SIMÕES, C. A. D. O., SANTOS, C. D. M., & PASSOS, S. R. (2018). **Produção de ácido indolacético por bactérias promotoras de crescimento vegetal e seu efeito no crescimento de plântulas de tomateiro.** Revista Brasileira de Agroecologia, 13(2), 59-67.

LUGTENBERG, B.; KAMILOVA, F. **Plant-growth-promoting rhizobacteria.** Annual Review ofMicrobiology , PaloAlto , v.63, p.541 -556 ,2009 . Disponível em : https:// doi .org / 10 .1146/annurev.micro.62.081307.162918.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J. O. (2006). **Microbiologia e Bioquímica do Solo.** 2a ed. Lavras: UFLA. 729p.

MENDES, R.; KRUYER, E. M.; RAAIJMAKERS, J. M. **Deciphering the rhizosphere microbiome for disease-suppressive bacteria.** *Science*, Washington, v. 341, n. 6150, p. 1362-1365, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1126/science.1240577.

PA RTE, A. (em inglês) C., Sardà Carbasse, J., Meier-Kolthoff, J. P., Reimer, L. C., e Goker, M. (2020). **Lista de nomes procarióticos com posição em nomenclatura (LPSN) move-se para o DSMZ.** *Int. (em inglês). J. A J. A Syst. Evol. - Evol (em inglês). O Micr.* 70, 5607–5612. doi: 10.1099/ijsem.0.004332

PREFEITURA DE RIO VERDE (2009). **A Revolução do Agronegócio de Rio Verde, 2009.** Disponível em . Acesso em: 12 de Abril de 2021.

PÉREZ-GARCÍA, A., & ROMERO, D. (2014). **Biological control of plant diseases: The European situation.** European Journal of Plant Pathology, 138(3), 469-486. https://doi.org/10.1007/s10658-013-0313-0.

POMPEU, A.S. **Melhoramento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.).** In: BULISANI, E.A. (Coord.) Feijão: fatores de produção e qualidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.1-28.

REZENDE, R.; FREITAS, P. S. L.; MANTOVANI, E. C.; FRIZZONE, J. A. **Função deprodução da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade deaplicação de água.** Acta Scientiarum,Agronomy, Maringá, v. 26, n. 4, p. 503-511, 2004.

RIBEIRO ND, Casagrande CR, Mezzomo HC, Kläsener GR e Steckling SM (2019) **Preferência do consumidor e qualidade tecnológica, culinária e nutricional do feijão carioca.** Semina: Ciências Agrárias 40: 651-664.

RANGEL, D. E. N., et al. (2016). "**Biological Control of Plant Pathogens with Bacillus spp.**" *Current Opinion in Microbiology*, 32, 45-55.

WUTKE EB, Carbonell SAM, Chiorato AF, Esteves JAF, Ito MF, Stein CP, Brunini O e Gallo PB (2014) **Feijão (Phaseolus vulgaris L.).** Em Aguiar ATE, Gonçalves C, Paterniani MEAGZ, Tucci MLSA e Castro CEF (eds) Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. Instituto Agronômico, Campinas, p. 170-172

SARTORI, M. R. Armazenamento. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN RAVA, C.; STONE, L. F.ZIMMERMANN, M. J. de O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil.** Piracicaba: Potafos,1996. p.543-562.

SIVASAKTHI, S., USHARANI, G., & SARANRAJ, P. (2014). **Potencialidade de biocontrole de bactérias promotoras de crescimento vegetal (PGPR).** Pseudomonas fluorescens e Bacillus subtilis: Uma revisão. Jornal Africano de Pesquisa Agrícola, 9(16), 1265-1277.

SIVASAKTHI, S.; USHARANI, G.; SARANRAJ, P. **Biocontrol potentiality of plantgrowth promoting bacteria (PGPR).** - Pseudomonas fluorescens and Bacillus subtilis:A review. African Journal of Agricultural Research, [S. l.], v. 16, n. 9, p. 1265-1277, 2014. DOI: 10.5897/AJAR2013.7914.

VESSEY, J. K. **Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers.** *PlantandSoil*,Dordrecht,v.255,n.2,p.571-586,2003.Disponívelem:https://doi.org/10.1023/A:1026037216893.

VIEIRA, R. F.; SILVEIRA, A. P. D. FERRACINI, V. R.; PAZIANOTTO, R. A. A. **Bactérias promotoras de crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) .** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2015. 34 p. (Embrapa Meio Ambiente: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 64).