

FACULDADE DE ENSINO SUPERIOR DO CENTRO DO PARANÁ
ENGENHARIA AGRONÔMICA

GABRIEL AUGUSTO THOME

**DESENVOLVIMENTO, FITOSSANIDADE E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO
SOB USO ISOLADO E ASSOCIADO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* spp.**

PITANGA

2025

GABRIEL AUGUSTO THOME

**DESENVOLVIMENTO, FITOSSANIDADE E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO
SOB USO ISOLADO E ASSOCIADO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* spp.**

Trabalho De Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrônômica, Área das Ciências Agrárias da Faculdade de Ensino Superior do Centro do Paraná, como requisito à obtenção de grau de Bacharelado em Engenharia Agrônômica.
Professor Orientador: James Matheus Ossacz Laconski.

PITANGA-PARANÁ

2025

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. MATERIAIS E MÉTODOS	6
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4. CONCLUSÃO.....	22
5. AGRADECIMENTOS	22
6. REFERÊNCIAS	22
7. ANEXOS.....	25

DESENVOLVIMENTO, FITOSSANIDADE E PRODUTIVIDADE DE FEIJOEIRO SOB USO ISOLADO E ASSOCIADO DE BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* spp.

DEVELOPMENT, PLANTS HEALTH AND PRODUCTIVITY OF BEAN PLANT UNDER ISOLATED AND ASSOCIATED USE OF BACTERIA OF THE GENUS *Bacillus* spp.

THOME, Gabriel Augusto¹
LACONSKI, James Matheus Ossacz²

RESUMO

O uso de insumos biológicos na agricultura tem sido uma estratégia eficiente e sustentável para o manejo fitossanitário e a promoção do crescimento vegetal, contribuindo para elevação da produtividade das culturas agrícolas. Apesar desses avanços, persistem desafios quanto à padronização de cepas, aos processos de produção, à formulação e às técnicas de aplicação que assegurem desempenho consistente sob distintas condições edafoclimáticas. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da aplicação de distintas bactérias do gênero *Bacillus* spp. individualmente ou associados, no controle de doenças e nos componentes de desenvolvimento e produtividade do feijoeiro, em Palmital-PR. O experimento foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados, com 9 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos foram: 1) sem aplicação (Testemunha), 2) *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) (4,00 L ha⁻¹), 3) *Bacillus pumilus* (BP) (0,80 L ha⁻¹), 4) *Bacillus subtilis* (BS) (4,00 L ha⁻¹), 5) BA + BP, 6) BA + BS, 7) BP + BS, 8) BA + BP + BS, 9) Fungicida (i.a: Tebuconazol) (TL) (1,60 L ha⁻¹). Os tratamentos com aplicação individual das cepas *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. pumilus* e *B. subtilis* apresentaram médias superiores de desenvolvimento e produtividade, além de menores valores de incidência e severidade das doenças, quando comparados às em associação, mantendo desempenho equivalente ao tratamento químico e serem economicamente viáveis. Os biofungicidas associados registraram médias semelhantes às dos demais tratamentos, mas superiores à testemunha. Sendo assim a aplicação preventiva de biofungicidas na cultura do feijão mostra-se como uma possível alternativa para potencializar o crescimento e a produtividade.

Palavras-chave: *Alternaria alternata*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Phaseolus vulgaris*, *Pseudocercospora griseola*.

ABSTRACT

The use of biological inputs in agriculture has been an efficient and sustainable strategy for phytosanitary management and plant growth promotion, contributing to increased crop productivity. Despite these advances, challenges remain regarding strain standardization, production processes, formulation, and application techniques that ensure consistent performance under different soil and climate conditions. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of applying different bacteria of the genus *Bacillus* spp., individually or in combination, on disease control and on the development and productivity of common bean plants in Palmital, Paraná. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 9 treatments and 5 replicates. The treatments were: 1) without application (Control), 2) *Bacillus amyloliquefaciens* (BA) (4.00 L ha⁻¹), 3) *Bacillus pumilus* (BP) (0.80 L ha⁻¹), 4)

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade do Centro do Paraná, Pitanga-PR. E-mail: eag-gabrielthome@ucpparana.edu.br

² Docente do Curso de Engenharia Agrônoma da Faculdade do Centro do Paraná, Pitanga-PR. E-mail: prof_jamesmatheus@ucpparana.edu.br

Bacillus subtilis (BS) (4.00 L ha⁻¹), 5) BA + BP, 6) BA + BS, 7) BP + BS, 8) BA + BP + BS, 9) Fungicide (i.a: Tebuconazole) (TL) (1.60 L ha⁻¹). The treatments with individual application of the strains *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. pumilus* and *B. subtilis* showed higher average development and productivity, in addition to lower values of incidence and severity of diseases, when compared to those in association, maintaining performance equivalent to the chemical treatment and being economically viable. The associated biofungicides recorded averages similar to those of the other treatments, but higher than the control. Therefore, the preventive application of biofungicides in bean crops appears to be a possible alternative to enhance growth and productivity.

Keywords: *Alternaria alternata*, *Colletotrichum lindemuthianum*, *Phaseolus vulgaris*, *Pseudocercospora griseola*.

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), pertencente à família Fabaceae, é uma leguminosa cujos grãos são uma fonte essencial de minerais, vitaminas e proteínas para a alimentação humana (SOUSA et al., 2023). Segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial em 2024 foi de cerca de 28,9 milhões de toneladas, com os principais produtores sendo Myanmar, Índia, Brasil e China.

A produção nacional de feijão na safra 2024/24 foi de 2,9 milhões de toneladas, colhidas em 2,5 milhões de hectares, ocorrendo principalmente nas regiões Sul e Sudeste (USDA, 2024). O Paraná é o principal estado produtor dessa leguminosa, apresentando, no mesmo ano, 686 mil toneladas colhidas em uma área de 471.274 hectares, com uma produtividade média de 1.645 kg ha⁻¹ (CONAB, 2024).

Apesar da importância da cultura do feijoeiro no âmbito nacional, a produção é frequentemente comprometida por doenças que afetam as plantas em diferentes estádios do ciclo e quando não são adotadas medidas de controle, provocam perdas nos rendimentos das lavouras (CAMILO; PIETRO, 2023).

Nas últimas safras, a antracnose, o cretamento bacteriano, a mancha angular, a mancha de alternária e entre outras doenças têm sido problemas para os produtores, com aumento da incidência e resistência em relação aos fungicidas químicos, implicando várias pulverizações preventivas e curativas devido à baixa eficiência para a cultura do feijão, tornando a produção menos rentável (OLIVEIRA; WANDER, 2023; PALACIOGLU, 2022).

A antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* teleomorfo: *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli*), favorecida por condições de umidade do ar acima de 85% e intervalos térmicos entre 13°C e 25°C, propaga-se por meio de sementes infectadas e resíduos culturais, comprometendo o feijoeiro ao ocasionar lesões escuras em folhas, caules e vagens (PALACIOGLU, 2022). De

forma correlata, quando a umidade relativa supera 80% e as temperaturas se mantêm entre 18°C e 28°C, a mancha angular (*Pseudocercospora griseola* teleomorfo: *Mycosphaerella griseola*), espalha-se pelo vento, sementes contaminadas e restos vegetais, resultando em manchas foliares que prejudicam a capacidade fotossintética das folhas do feijoeiro (LIBRELON et al., 2022).

Em contrapartida, o crestamento bacteriano (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), dissemina-se por sementes e respingos d'água, o que ocasiona lesões cloróticas nas folhas que evoluem para necrose em ambientes de umidade excessiva e temperaturas entre 25°C e 30°C (BELADELI et al., 2021). Nas mesmas condições, a mancha de alternária, agente causal *Alternaria alternata* (teleomorfo: *Lewia alternata*), propaga-se pelo vento, sementes infectadas e restos culturais do feijoeiro, manifestando-se através de lesões circulares provocando a desfolha no feijoeiro (CAMILO; PIETRO, 2023).

Em busca de inovações no melhoramento do controle fornecido pelos fungicidas atuais, cada vez mais vem sendo utilizados métodos alternativos, como biofungicidas ou também chamados de fungicidas microbiológicos (APARECIDA et al., 2024). Dentre esses produtos, destaca-se o uso de bactérias do gênero *Bacillus* spp., atualmente utilizadas tanto como protetores de doenças, quanto na promoção do desenvolvimento das plantas (BERNAL et al., 2025; GADANHOTO; BOAVA; MONTAGNOLLI, 2022).

Em estudo conduzido por Rahman et al. (2022), verificou-se uma redução de 40% na incidência de brusone do arroz (*Magnaporthe oryzae*), com a utilização de *Bacillus subtilis* como agente de biocontrole. Em milho, Kumar et al. (2020) verificaram redução de 35% na incidência de doenças foliares com a utilização de *B. pumilus*. Em estudo realizado por Li et al. (2021) verificaram redução da incidência de septoria (*Septoria tritici*) do trigo pela utilização de *B. amyloliquefaciens*. No entanto, estudos que relatam a real eficiência dos *Bacillus* spp. no controle de doenças e seus efeitos nas características agrônômicas da cultura do feijão ainda são escassos na literatura.

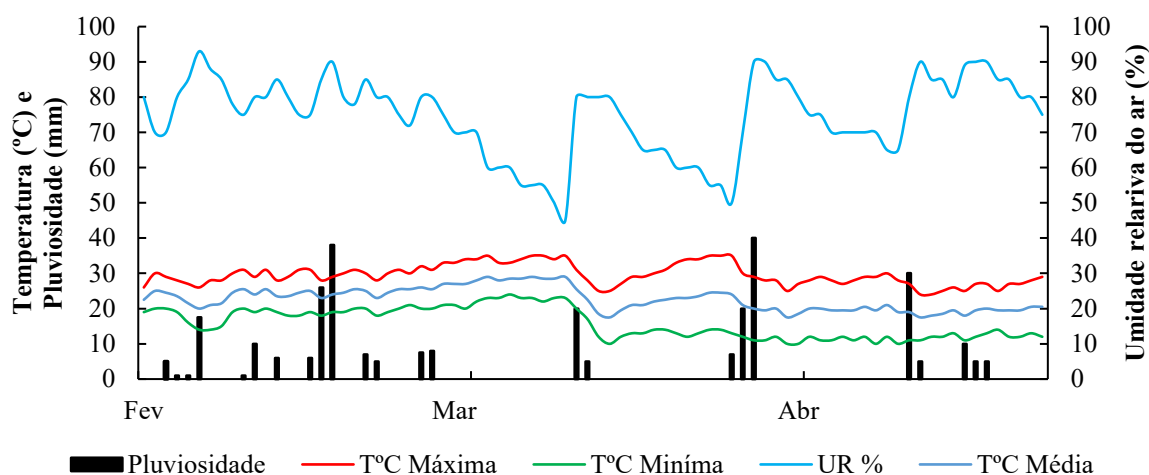
O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da aplicação de distintas bactérias do gênero *Bacillus* spp. individualmente ou associados, no controle de doenças e nos componentes de desenvolvimento e produtividade do feijoeiro, em Palmital-PR.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Palmital (Latitude 24°52'40.65"S, Longitude 52°9'20.13"O e Altitude 870 m), localizado no Centro-Oeste do estado do Paraná, no período de 01 de fevereiro de 2025 a 23 de abril de 2025 (GOOGLE EARTH, 2025).

O clima da região, conforme a classificação de Köppen e Geiger, é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos (APARECIDO et al., 2016). As temperaturas médias dos meses mais frios variam entre -3°C e 18°C, enquanto nos meses mais quentes superam os 25°C. A pluviosidade é bem distribuída ao longo do ano, com uma média anual de 1.692 mm (INMET, 2025). O solo da região é classificado como Latossolo vermelho (PAVINATO et al., 2017). Os dados climatológicos de pluviosidade, temperatura e umidade relativa do ar, durante a condução do experimento estão expressos na figura 01.

Figura 01. Pluviosidade (mm), temperatura máxima (°C), mínima (°C) e média (°C) e umidade relativa do ar (UR%) durante o período de condução do experimento.



Fonte: Thome e Laconski (2025).

A área destinada ao estudo apresentava pastagem de braquiária (*Brachiaria brizantha*), que foi dessecada com herbicida aos 150 dias antes da semeadura. Após a aplicação do herbicida foi realizada a capina manual. Para caracterização química do solo da área de estudo, aos 105 dias antes da semeadura, realizou-se a coleta de amostras de solo, em 5 pontos, na camada de 0-20 cm com pá de corte. As amostras foram enviadas para análise em laboratório e os resultados estão expressos na tabela 1.

Para a implantação da cultura, aos 80 dias antes da semeadura a área recebeu 1.375 kg ha⁻¹ de calcário calcítico. Após a aplicação realizou-se duas gradagens. Aos 69 dias antes da semeadura realizou-se a aplicação de Super simples sob a dose 101 kg ha⁻¹ e de Cloreto de potássio sob a dose 61 kg ha⁻¹ (PAVINATO et al., 2017).

Tabela 01. Caracterização química e física do solo da área experimental, em Palmital-PR.

Profundidade	pH	M.O. ^{1/}	P	K ²⁺	Ca ⁺	Mg ²⁺	H + Al	CTC	V
cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	Mehlich mg dm ⁻³	-----	cmol dm ⁻³	-----		pH 7,0	%
0-20	4,56	41,05	5,79	0,28	2,92	1,29	5,39	9,88	45,50
Profundidade	S	B	Fe	Cu	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia
cm	-----	-----	g dm ⁻³	-----	-----	-----	-----	g kg ⁻¹	-----
0-20	12,59	0,39	49,01	1,85	28,90	1,45	530	280	190

^{1/}M.O. = matéria orgânica, P = fósforo; K⁺ = potássio, Ca²⁺ = cálcio, Mg²⁺ = magnésio, H+Al = acidez potencial, SB = soma de bases, CTC = capacidade de troca de cátions, V = saturação por bases; P e K⁺ extraídos por Mehlich-I; Ca²⁺ e Mg²⁺ extraídos por KCl 1 mol l⁻¹, H+Al determinada por solução tampão SMP. S = enxofre, B = boro, Fe = ferro, Cu = cobre, Mn = manganês e Zn = zinco. Fonte: Thome e Laconski (2025).

A semeadura do feijão cv. IPR Andorinha ocorreu em 1º de fevereiro de 2025, com densidade de 10 sementes por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,45 m, utilizando uma adubação de base de 300 kg ha⁻¹ do NPK 03-21-21. A semeadura ocorreu de forma mecânica, através de uma semeadeira modelo Compact BP 704 L[®].

O feijão IPR Andorinha, pertencente ao grupo carioca, apresenta ciclo precoce de aproximadamente 75 dias após a emergência das plântulas, com produtividades médias de 2.254 kg ha⁻¹. Possui peso de mil grãos em torno de 0,220 kg, teor médio de proteína de 24% e estabilidade em períodos adversos, como secas e altas temperaturas. A cultivar, apresenta suscetibilidade a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum* teleomorfo: *Glomerella cingulata* f. sp. *phaseoli*), crestamento bacteriano comum (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), mancha angular (*Pseudocercospora griseola* teleomorfo: *Mycosphaerella griseola*), mancha de alternária (*Alternaria alternata* teleomorfo: *Lewia alternata*), murcha de curtobacterium (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*) e moderadamente resistente a mosaico comum (*Bean common mosaic virus* - BCMV), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) e oídio (*Erysiphe polygoni*) (ALVES et al., 2021).

O experimento foi conduzido sob delineamento de blocos casualizados, com 9 tratamentos e 5 repetições. Os tratamentos consistiram na aplicação foliar de diferentes espécies de biofungicidas à base de *Bacillus* spp., utilizados individualmente e em associação. Além disso, o estudo contou com um tratamento que utilizou um fungicida químico, para comparação de resultados com os tratamentos biológicos. As doses dos produtos, os intervalos de aplicação, as concentrações e cepas estão representados na tabela 02 e seguiram as recomendações da bula e do fabricante. As parcelas apresentavam dimensões de 3,60 m de largura e 4,00 m de comprimento, totalizando 14,4 m² de área, com 5,40 m² de área útil para a análise dos tratamentos. Cada parcela continha 8 linhas de semeadura.

Tabela 02. Constituição dos tratamentos aplicados no feijoeiro cv. IPR Andorinha em Palmital-Pr, safra 2025/25.

Tratamentos	Concentração	Cepa	Dose (L ha ⁻¹)
T1. Testemunha: Água			0,00
T2. <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> (BA)	1 x 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	CPQBA 040-11DRM	4,00
T3. <i>Bacillus pumilus</i> (BP)	4,6 x 10 ¹¹ UFC mL ⁻¹	CNPSO 3203	0,80
T4. <i>Bacillus subtilis</i> (BS)	1 x 10 ⁹ UFC mL ⁻¹	QST 713	4,00
T5. BA + BP			4,00 + 0,80
T6. BA + BS			4,00 + 4,00
T7. BP + BS			0,80 + 4,00
T8. BA + BP + BS			4,00 + 0,80 + 4,00
T9. Fungicida (i.a: Tebuconazol) (TL)	800 g L ⁻¹		1,60

Fonte: Adapar (2025). Adaptado por Thome e Laconski (2025).

As aplicações iniciaram aos 15 dias após a semeadura e foram realizadas a cada 7 dias para os produtos a base de *Bacillus* spp. Já para o fungicida químico as aplicações também iniciaram aos 15 dias após a semeadura, mas as aplicações subsequentes ocorreram a cada 15 dias.

Os tratamentos foram aplicados com pulverizações foliares utilizando um pulverizador costal manual da Jacto[®] com capacidade de 20 L e vazão de 400 L ha⁻¹, com bico de pulverização do modelo JD-12 da Jacto[®] do tipo cônico vazio. As aplicações ocorreram no período da manhã. Foram realizadas oito aplicações dos biofungicidas e cinco aplicações do fungicida químico durante o ciclo da cultura.

O controle de plantas daninhas foi realizado com capina a cada dez dias após a emergência das plântulas. O controle de insetos pragas da vaquinha-patriota (*Diabrotica speciosa*) e percevejo-marrom (*Euschistus heros*) foi através de aplicação de inseticidas dos grupos químicos neonicotinoide e piretróide, com dosagens de 350 mL ha⁻¹, a cada 15 dias após a emergência das plântulas. A colheita foi realizada aos setenta e nove dias após a emergência das plântulas e foi sucedida com arranquio e debulhamento manual.

Foram avaliados a altura de plantas, o diâmetro de caule, número de folíolos, comprimento da folha, altura de inserção da primeira vagem, a incidência e severidade de antracnose e mancha angular nas folhas e vagens, a incidência e severidade de crestamento bacteriano e mancha de alternária nas folhas, além dos componentes de produtividade como número de vagens por planta, número de grãos por planta, número de grãos por vagem, massa de mil grãos, a produtividade e a viabilidade econômica. A avaliação foi realizada por meio da seleção de vinte plantas localizadas nas quatro fileiras centrais e em posições aleatórias dentro de cada parcela.

A altura das plantas foi avaliada por meio de medições desde a base do caule até o ápice do ramo principal, aos 09, 37 e 65 dias após a emergência das plântulas (DAE). O diâmetro do caule foi determinado por medições com paquímetro analógico, a cerca de dois centímetros acima do solo, aos 09, 37 e 65 DAE. O número de folíolos foi contabilizado manualmente, contando os totalmente abertos aos 09, 37 e 65 DAE. O comprimento da folha foi mensurado deste a base da folha até o ápice da folha no sentido da nervura central, com auxílio de uma trena aos 09, 37 e 65 DAE. A altura de inserção da primeira vagem foi medida desde a base do caule até o nó que apresentava a primeira vagem aos 65 DAE.

A incidência das doenças foi determinada pela relação entre o número de folhas e vagens totais da planta e o número de folhas e vagens com sintomas da doença, sendo os valores expressos em porcentagem. A severidade foi determinada seguindo as escalas diagramáticas propostas por Godoy (1995) para mancha angular nas folhas (*P. griseola*) e Marques *et al.* (2008) para mancha angular nas vagens (*P. griseola*), Dalla (1997) para antracnose (*C. lindemuthianum*), Opio *et al.* (1993) para crestamento bacteriano (*X. phaseoli* pv. *phaseoli*) e Godoy *et al.* (1997) para mancha de alternária (*A. alternata*), sendo determinada em média em quinze folhas e sete vagens por planta.

As avaliações das incidências e severidades das doenças nas folhas foram avaliadas aos 23, 37, 51 e 65 DAE. As incidência e severidade da antracnose nas vagens foram avaliadas aos 51, 58, 65 e 72 DAE e para a mancha angular foram avaliadas aos 58, 65 e 72 DAE.

O número de vagens por planta foi obtido pela contagem total de vagens em cada planta, sendo posteriormente calculada a média com base no número de plantas avaliadas, aos 79 DAE. Para determinar o número de grãos por planta, procedeu-se à debulha manual das vagens, seguida da contagem dos grãos. A média foi calculada utilizando o mesmo critério adotado para o número de vagens, aos 79 DAE.

O número de grãos por vagem foi estimado pela razão entre o total de grãos e o número de vagens por planta, permitindo a obtenção da média correspondente, aos 79 DAE. A massa de mil grãos foi determinada a partir da contagem manual de mil unidades, obtidas após a debulha, e pesadas em balança digital, aos 79 DAE. A produtividade foi calculada com base na massa de grãos colhidos na área útil da parcela, expressa em quilogramas e corrigida para 14% de umidade. Os dados de produtividade foram convertidos para kg ha⁻¹, aos 79 DAE.

A viabilidade econômica foi estimada a partir do incremento de produtividade obtido em cada tratamento em relação à testemunha. Para a determinação da receita bruta, consideraram-se os preços de comercialização da saca do feijão carioca, estabelecidos pela Deral (2025). Os custos de produção foram calculados com base no número de pulverizações

realizadas e o valor de cada produto, enquanto o lucro líquido correspondeu à diferença entre a receita da comercialização e os custos de aplicação.

Os resultados foram submetidos à análise de variâncias e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro. O software utilizado para as análises foi o SISVAR 5.8 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura de plantas, o diâmetro de caule, o número de folíolos e o comprimento da folha apresentaram variação entre os tratamentos avaliados. A altura de plantas aos 9 dias após a emergência das plântulas (DAE), obteve médias superiores com T2 (BA) com 8,06 cm, T3 (BP) com 8,31 cm e T7 (BP + BS) com 8,26 cm, não diferindo dos tratamentos 4, 5, 6, 8 e 9. Já aos 65 DAE média superior foi obtido com T4 (BS) com 58,92 cm, não diferindo dos tratamentos 2, 3, 5, 6, 7 e 8. O diâmetro de caule não foi afetado pelos tratamentos aos 9 DAE, a média obtida para os tratamentos foi de 0,29 cm. Já aos 65 DAE média inferior foi obtida com T5 (BA + BP) com 0,90 cm, não diferindo dos tratamentos 2, 3, 4, 6, 7 e 8 (Tabela 03).

O aumento verificado pode estar relacionado à produção de citocininas e à liberação de compostos orgânicos voláteis, os quais favorecem a divisão celular e o crescimento vegetal induzidos por bactérias promotoras de crescimento (APARECIDA et al., 2024). Resultados compatíveis foram descritos por Oliveira e Boiago (2022), que observaram elevação de 13,14% na altura de plantas de feijão cv. BRS FC 310 quando as sementes foram inoculadas com *B. subtilis*, em comparação à testemunha.

O número de folíolos não foi afetado pelos tratamentos aos 9 DAE, obtendo uma média de 7,98 folíolos. Já aos 65 DAE médias superiores foram obtidas com T2 (BA) com 61,06, T3 (BP) com 67,24, T4 (BS) com 54,89, T5 (BA + BP) com 58,86, T6 (BA + BS) com 60,33, T7 (BP + BS) com 55,01 e T8 (BA + BP + BS) com 56,03. O comprimento da folha aos 9 DAE, obteve média superior com T9 (TL) com 7,31 cm, não diferindo dos tratamentos 2, 4, 5, 6, 7 e 8. Já aos 65 DAE médias superiores foram obtidas com T7 (BP + BS) com 14,69 cm, T8 (BA + BP + BS) com 14,69 cm e T9 (TL) com 15,39 cm, não diferindo dos tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 (Tabela 04).

Os dados obtidos reforçam as evidências já conhecidas por Ferreira et al. (2023) que avaliaram distintas concentrações e intervalos de aplicação de *B. subtilis* na cultura do maracujá e as aplicações semanais reduziram a severidade da antracnose, causada por *Colletotrichum*

fragariae, em até 60% em relação à testemunha, além de elevar a proporção de frutos comercializáveis e reduzir as perdas no período pós-colheita.

Tabela 03. Altura de plantas (cm) e diâmetro do caule (cm) de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Altura de plantas (cm)			Diâmetro de caule (cm)		
	Dias após a emergência das plântulas					
	09	37	65	09	37	65
T1. Testemunha	7,02 b ^{2/}	17,64 d	38,35 c	0,28n.s. ^{3/}	0,39 b	0,54 c
T2. BA ^{1/}	8,06 a	29,88 bc	55,07 ab	0,30	0,48 ab	0,78 ab
T3. BP	8,31 a	31,75 ab	55,15 ab	0,30	0,48 ab	0,82 ab
T4. BS	7,70 ab	35,69 a	58,92 a	0,30	0,48 ab	0,74 ab
T5. BA + BP	7,70 ab	33,51 ab	54,64 ab	0,30	0,58 a	0,90 a
T6. BA + BS	7,63 ab	31,99 ab	55,38 ab	0,30	0,52 a	0,88 ab
T7. BP + BS	8,26 a	31,35 ab	53,47 ab	0,30	0,51 a	0,88 ab
T8. BA + BP + BS	7,60 ab	29,66 bc	52,35 ab	0,30	0,52 a	0,86 ab
T9. Tebuconazol	7,48 ab	25,48 c	45,85 bc	0,30	0,38 b	0,69 bc
Média	7,75	29,66	52,10	0,29	0,48	0,78
CV (%) ^{4/}	5,95	9,29	12,14	4,50	10,07	12,06

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}Não significativo pelo Teste de Tukey (p<0,05).

^{4/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Tabela 04. Número de folíolos e comprimento da folha (cm) de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Número de folíolos			Comprimento da folha (cm)		
	Dias após a emergência das plântulas					
	09	37	65	09	37	65
T1. Testemunha	7,51n.s. ^{2/}	20,60 b ^{3/}	32,90 b	5,67 b	8,06 c	10,61 b
T2. BA ^{1/}	8,48	25,61 ab	61,06 a	6,66 ab	10,45 abc	12,36 ab
T3. BP	7,76	29,94 a	67,24 a	5,89 b	9,54 bc	11,89 ab
T4. BS	7,71	25,05 ab	54,86 a	6,88 ab	10,90 abc	13,06 ab
T5. BA + BP	6,98	25,04 ab	58,86 a	6,44 ab	11,47 ab	13,17 ab
T6. BA + BS	8,61	25,44 ab	60,33 a	6,22 ab	12,83 a	14,34 ab
T7. BP + BS	8,35	24,49 ab	55,01 a	6,77 ab	11,70 ab	14,69 a
T8. BA + BP + BS	8,34	26,39 ab	56,03 a	6,33 ab	12,95 a	14,69 a
T9. Tebuconazol	8,09	26,36 ab	40,04 b	7,31 a	12,04 ab	15,39 a
Média	7,98	25,43	53,95	6,46	11,10	13,35
CV (%) ^{4/}	9,87	11,44	12,81	9,17	12,47	14,17

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}Não significativo pelo Teste de Tukey (p<0,05).

^{4/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Houve diferenças quanto a incidência e severidade de antracnose, mancha angular nas folhas e vagens e a incidência e severidade de mancha bacteriana e mancha de alternária nas

folhas nos períodos avaliados. Verificou-se que médias superiores em todas as avaliações de fitossanidade foram obtidas com o tratamento 1 (Testemunha), demonstrando a ocorrência de forma natural das doenças na cultura do feijoeiro. Tais fatos podem ser atribuídos aos produtos biológicos exercem biocontrole através de antibiose, indução de resistência, competição, parasitismo e promoção de crescimento (APARECIDA et al., 2024) (Tabelas 05, 06, 07, 08, 09 e 10).

Com a aplicação de biofungicidas as folhas recém-expandidas são inicialmente colonizadas por bactérias (APARECIDA et al., 2024), seguidas por leveduras e em estágios de senescência, predominam os fungos (CAIXETA et al., 2021). Entre esses microrganismos, espécies do gênero *Bacillus* spp. destacam-se quando aplicadas sobre a superfície foliar, pois apresentam rápida multiplicação e formam biofilmes que recobrem não apenas as folhas, mas também outras partes da planta (TORDIN et al., 2025). Durante esse processo, liberam metabólitos secundários capazes de interferir na germinação de propágulos e na colonização por agentes fitopatogênicos (FERREIRA et al., 2023).

A aplicação combinada de *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* e *B. subtilis* apresentou desempenho inferior ao uso isolado de cada espécie no controle da incidência e da severidade das doenças. Esse efeito pode estar relacionado a interações antagônicas entre as cepas quando aplicadas em conjunto, incluindo competição por espaço e recursos, bem como possíveis formas de parasitismo sobre o patógeno na planta hospedeira (CAIXETA et al., 2021).

A incidência de antracnose nas folhas aos 23 DAE, obteve médias inferiores com T2 (BA) com 1,67%, T3 (BP) com 1,75%, T4 (BS) com 1,71% e T9 (TL) com 1,68%. Aos 51 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 35,84%, não diferindo dos tratamentos 2, 4, 6 e 8. Já aos 65 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 61,39%, T3 (BP) com 62,08%, T4 (BS) com 60,58% e T9 (TL) com 60,80%, não diferindo dos tratamentos 5, 6, 7 e 8. A severidade de antracnose nas folhas aos 23 DAE, obteve médias inferiores com T2 (BA) com 0,13%, T3 (BP) com 0,15%, T4 (BS) com 0,14% e T9 (TL) com 0,12%. Aos 51 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 0,56%, T3 (BP) com 0,58%, T4 (BS) com 0,56% e T9 (TL) com 0,64%. Já aos 65 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 0,75%, T3 (BP) com 0,77%, T4 (BS) com 0,77% e T9 (TL) com 0,85% (Tabela 05).

Esses resultados corroboram as evidências relatadas por Salvadori et al. (2024), que avaliaram o uso de *Bacillus amyloliquefaciens* na cultura da soja e observaram redução de 52% na incidência de antracnose (*Colletotrichum truncatum*) em comparação à testemunha. De acordo com os autores, espécies de *Bacillus* spp. destacam-se entre os gêneros bacterianos pelo amplo espectro de antagonismo frente a diferentes fitopatógenos.

Tabela 05. Incidência e severidade de antracnose nas folhas de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incidência de antracnose nas folhas (%)				Severidade de antracnose nas folhas (%)			
	Dias após a emergência das plântulas							
	23	37	51	65	23	37	51	65
T1. Testemunha	10,07 a ^{2/}	39,80 a	70,96 a	82,46 a	0,83 a	1,50 a	1,54 a	2,11 a
T2. BA ^{1/}	1,67 d	21,81 c	44,71 bcd	61,39 b	0,13 d	0,54 c	0,56 c	0,75 d
T3. BP	1,75 d	30,31 b	50,73 b	62,08 b	0,15 d	0,54 c	0,58 c	0,77 d
T4. BS	1,71 d	29,91 b	36,48 cd	60,58 b	0,14 d	0,54 c	0,56 c	0,77 d
T5. BA + BP	3,00 c	30,29 b	48,51 bc	64,66 ab	0,22 c	0,54 c	0,97 b	1,25 c
T6. BA + BS	2,85 c	21,73 c	47,82 bcd	63,39 ab	0,25 c	0,54 c	1,05 b	1,24 c
T7. BP + BS	3,33 bc	30,32 b	50,43 b	65,13 ab	0,29 c	0,54 c	0,97 b	1,31 c
T8. BA + BP + BS	4,39 b	30,66 b	36,40 cd	66,54 ab	0,38 b	0,97 b	1,13 b	1,78 b
T9. Tebuconazol	1,68 d	21,27 c	35,84 d	60,80 b	0,12 d	0,53 c	0,64 c	0,85 d
Média	3,38	28,45	46,90	65,23	0,28	0,69	0,89	1,20
CV (%) ^{3/}	15,14	12,43	13,21	14,78	11,65	12,59	12,55	12,22

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

A incidência de antracnose nas vagens aos 51 DAE, obteve média inferior com o T9 (TL) com 6,55%. Já aos 72 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 65,22%, T3 (BP) com 66,52%, T4 (BS) com 65,97% e T9 (TL) com 62,39%, não diferindo dos tratamentos 5, 6, 7 e 8. A severidade de antracnose nas vagens aos 65 DAE, médias inferiores forma obtidas com T2 (BA) com 2,74% e T9 (TL) com 2,52%, não apresentando diferença entre o tratamento 4. Já aos 72 DAE médias inferiores forma obtidas com T2 (BA) com 18,13%, T4 (BS) com 15,04%, T7 (BP + BS) com 17,72% e T9 (TL) com 23,75%, não diferindo dos tratamentos 3 e 6 (Tabela 06).

A incidência de mancha angular nas folhas aos 23 DAE, obteve médias inferiores com T2 (BA) com 1,51% e T3 (BP) com 1,45%, não diferindo dos tratamentos 4, 5, 6 e 9. Aos 51 DAE média inferior foi obtida com T6 (BA + BS) com 34,81%, não diferindo do tratamento 9. Já aos 65 DAE média inferior foi obtida com T6 (BA + BS) com 35,39%, não diferindo do tratamento 9. A severidade de mancha angular nas folhas aos 23 DAE, obteve médias inferiores com T2 (BA) com 0,32%, T3 (BP) com 0,35%, T4 (BS) com 0,32 e T9 (TL) com 0,28%. Aos 51 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 1,90%, T3 (BP) com 1,90%, T4 (BS) com 1,90 e T9 (TL) com 1,57%. Já aos 65 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 6,69%, T3 (BP) com 6,69%, T4 (BS) com 6,69%, T6 (BA + BP) com 6,69% e T9 (TL) com 6,69% (Tabela 07).

Tabela 06. Incidência e severidade de antracnose nas vagens de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incidência de antracnose nas vagens (%)				Severidade de antracnose nas vagens (%)			
	Dias após a emergência das plântulas							
	51	58	65	72	51	58	65	72
T1. Testemunha	18,37 a ^{2/}	54,70 a	81,99 a	88,76 a	1,63 a	2,25 a	6,59 a	29,53 a
T2. BA ^{1/}	11,54 c	41,32 bc	49,45 c	65,22 b	0,82 b	1,29 b	2,74 e	18,13 c
T3. BP	10,33 c	38,39 bc	60,77 bc	66,52 b	0,94 b	1,41 b	5,26 bc	18,92 bc
T4. BS	11,12 c	32,07 c	49,59 c	65,97 b	0,85 b	1,35 b	2,97 de	15,04 c
T5. BA + BP	13,12 bc	43,55 b	57,61 bc	70,55 ab	0,79 b	1,36 b	4,11 cd	23,80 b
T6. BA + BS	15,41 ab	42,14 b	49,14 c	69,81 ab	0,94 b	1,30 b	5,34 abc	19,22 bc
T7. BP + BS	11,29 c	31,93 c	48,55 c	70,30 ab	0,96 b	1,41 b	4,91 bc	17,72 c
T8. BA + BP + BS	10,29 c	41,64 bc	65,84 b	74,09 ab	0,85 b	1,39 b	5,51 ab	23,75 b
T9. Tebuconazol	6,55 d	32,00 c	48,17 c	62,39 b	0,84 b	1,32 b	2,52 e	16,38 c
Média	12,00	39,80	56,79	70,40	0,96	1,45	4,44	20,28
CV (%) ^{3/}	12,03	12,05	12,46	13,07	13,51	13,254	14,15	13,24

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Tabela 07. Incidência e severidade de mancha angular nas folhas de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incidência de mancha angular nas folhas (%)				Severidade de mancha angular nas folhas (%)			
	Dias após a emergência das plântulas							
	23	37	51	65	23	37	51	65
T1. Testemunha	5,73 a ^{2/}	57,29 a	77,10 a	85,27 a	0,85 a	3,58 a	11,98 a	21,08 a
T2. BA ^{1/}	1,51 d	30,73 de	55,64 b	59,20 b	0,32 c	0,45 c	1,90 d	6,69 c
T3. BP	1,45 d	33,44 cd	56,35 b	57,15 b	0,35 c	0,45 c	1,90 d	6,69 c
T4. BS	1,74 cd	33,03 d	53,08 b	60,91 b	0,32 c	0,45 c	1,90 d	6,69 c
T5. BA + BP	2,09 cd	43,19 bc	55,81 b	64,39 b	0,49 b	1,01 b	3,59 c	11,96 b
T6. BA + BS	2,13 cd	33,02 d	34,81 c	35,39 c	0,51 b	1,00 b	3,45 c	6,69 c
T7. BP + BS	2,38 c	43,72 b	57,26 b	63,13 b	0,49 b	1,00 b	3,50 c	11,96 b
T8. BA + BP + BS	3,53 b	45,38 b	59,39 b	63,95 b	0,55 b	1,00 b	6,66 b	11,96 b
T9. Tebuconazol	1,93 cd	22,78 e	49,69 bc	53,19 bc	0,28 c	0,36 c	1,57 d	6,69 c
Média	2,50	38,06	55,46	60,29	0,46	1,03	4,05	10,04
CV (%) ^{3/}	13,50	12,45	13,21	15,17	13,14	12,68	12,94	12,51

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Verifica-se uma correspondência entre os resultados obtidos e os relatados por Marcos, Santos e Souza (2021), que destacaram a capacidade de *Bacillus amyloliquefaciens* em controlar diferentes doenças, incluindo a verrugose na cultura do limão. Essa bactéria apresenta

habilidade de colonizar e permanecer sobre a superfície dos tecidos vegetais, no entanto, variações climáticas podem alterar sua concentração, o que demanda reaplicações para manter a eficácia do controle.

A incidência de mancha angular nas vagens aos 58 DAE, obteve média inferior com T9 (TL) com 10,78%, não diferindo dos tratamentos 2, 4 e 5. Aos 65 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) 31,63%, não diferindo do tratamento 5. (Tabela 08).

A severidade de mancha angular nas vagens aos 58 DAE, obteve médias inferiores com o tratamento 2 (BA) com 6,76%, T3 (BP) com 6,96%, T4 (BS) com 7,68%, T5 (BA + BP) com 7,50%, T6 (BA + BS) com 6,27%, T7 (BP + BS) com 7,12%, T8 (BA + BP + BS) com 6,18% e T9 (TL) com 6,74%. Aos 65 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 16,83%, T4 (BS) com 13,99%, T7 (BP + BS) com 16,83% e T9 (TL) com 15,04%, não diferindo dos tratamentos 3 e 6. (Tabela 08).

Tabela 08. Incidência e severidade de mancha angular nas vagens de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incidência de mancha angular nas vagens (%)			Severidade de mancha angular nas vagens (%)		
	Dias após a emergência das plântulas					
	58	65	72	58	65	72
T1. Testemunha	24,63 a ^{2/}	79,20 a	88,76 a	11,65 a	28,28 a	29,73 a
T2. BA ^{1/}	14,88 cd	63,47 b	65,22 b	6,76 b	16,83 c	18,13 c
T3. BP	15,11 c	47,73 c	66,52 b	6,92 b	18,17 bc	18,92 bc
T4. BS	14,05 cd	46,31 c	65,97 b	7,68 b	13,99 c	15,04 c
T5. BA + BP	14,49 cd	45,73 cd	70,55 ab	7,50 b	22,61 b	23,80 b
T6. BA + BS	15,82 bc	47,14 c	69,81 ab	6,27 b	18,32 bc	19,22 bc
T7. BP + BS	16,73 bc	56,88 bc	70,30 ab	7,12 b	16,83 c	17,22 c
T8. BA + BP + BS	19,99 b	59,38 bc	74,09 ab	6,18 b	22,46 b	23,75 b
T9. Tebuconazol	10,78 d	31,63 d	62,39 b	6,74 b	15,04 c	16,38 c
Média	16,27	53,03	70,40	7,42	19,17	20,28
CV (%) ^{3/}	12,60	12,89	13,07	12,43	12,73	13,24

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Mendes et al. (2020), avaliaram o controle alternativo da antracnose em frutos de mamão e verificaram que a aplicação de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* reduziu a formação de lesões em relação à testemunha, ao longo de sete dias de avaliação. Entre os tratamentos, *B. amyloliquefaciens* apresentou inibição micelial de 31,11%. Esses resultados assemelham-se com o experimento que o uso de *Bacillus* spp. exerce efeito predominantemente preventivo, sem apresentar ação curativa após o estabelecimento da infecção. Essa característica contrasta

com o desempenho dos fungicidas químicos, que além da ação preventiva, também possuem efeito curativo, permitindo o controle do patógeno mesmo após o início da infecção. No ensaio avaliado, o fungicida apresentou de forma consistente, as menores médias de incidência e severidade das doenças.

A incidência de cretamento bacteriano nas folhas aos 23 DAE, obteve média inferior com T9 (TL) com 1,25%. Aos 37 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 21,48%, não diferindo dos tratamentos 2, 3 e 4. Já aos 65 DAE médias inferiores foram obtidas com T2 (BA) com 42,79%, T3 (BP) com 42,48%, T6 (BA + BS) com 41,59% e T7 (BP + BS) com 62,51%, não diferindo dos tratamentos 5 e 9. A severidade de cretamento bacteriano nas folhas aos 23 DAE, não foi afetada pelos tratamentos com a média obtida de 1,14%. Aos 37 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 1,31%. Aos 51 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 4,85%. Já aos 65 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 11,00% (Tabela 09).

A incidência de mancha de alternária nas folhas aos 23 DAE, não foi afetada pelos tratamentos com a média de 1,46%. Aos 37 DAE médias inferiores foram obtidas com T7 (BP + BS) com 2,24%, T8 (BA + BP + BS) com 2,28% e T9 (TL) com 2,30%, não diferindo do tratamento 6. Aos 51 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 3,10%, não diferindo dos tratamentos 6, 7 e 8. A severidade de mancha de alternária nas folhas aos 23 DAE, obteve média inferior com T9 (TL) com 1,13%, não diferindo dos tratamentos 2, 3 e 4. Aos 37 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 3,68%, não diferindo dos tratamentos 2 e 7. Aos 51 DAE média inferior foi obtida com T9 (TL) com 5,50%, não diferindo dos tratamentos 2, 3 e 7 (Tabela 10).

Nos resultados obtidos, embora o tratamento químico tenha apresentado as menores médias de incidência e severidade, o uso isolado das bactérias também promoveu redução natural da infecção por cretamento bacteriano na cultura do feijão. De acordo com os autores Sandmann et al. (2023) e Nader et al. (2024) o *B. amyloliquefaciens* destaca-se pela produção de lipopeptídeos como iturina e surfactina, com ação antifúngica e capacidade de promover o crescimento vegetal por meio da solubilização de fósforo e síntese de auxinas. Enquanto, *B. pumilus*, embora menos eficaz na colonização da rizosfera, apresenta resistência ambiental a altas temperaturas e períodos de secas e produz enzimas como proteases e lipases, além da pumilacidina, com ação antimicrobiana. Já *B. subtilis* é amplamente estudada em decorrência da alta capacidade da formação do biofilme, a colonização radicular e a produção de compostos como subtilina e fengicina, que conferem versatilidade no biocontrole.

Tabela 09. Incidência e severidade de crestamento bacteriano nas folhas de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incidência de crestamento bacteriano nas folhas (%)				Severidade de crestamento bacteriano nas folhas (%)			
	Dias após a emergência das plântulas							
	23	37	51	65	23	37	51	65
T1. Testemunha	12,82 a ^{2/}	43,25 a	69,75 a	88,28 a	1,17n.s. ^{3/}	22,80 a	29,30 a	56,06 a
T2. BA ^{1/}	3,51 c	25,38 cd	35,25 d	42,79 c	1,20	10,07 b	22,25 b	30,85 bc
T3. BP	3,45 c	25,34 cd	36,33 d	42,48 c	1,16	11,16 b	22,19 b	30,75 bcd
T4. BS	7,81 b	25,60 cd	50,39 bc	63,02 b	1,12	10,97 b	22,50 b	31,47 b
T5. BA + BP	3,99 c	31,36 bc	47,59 bcd	52,03 bc	1,17	10,97 b	11,90 c	22,60 bcd
T6. BA + BS	8,01 b	33,67 b	38,12 cd	41,59 c	1,21	13,07 b	11,45 c	21,74 d
T7. BP + BS	7,89 b	31,41 bc	44,17 bcd	62,51 c	1,13	13,12 b	11,40 c	22,14 cd
T8. BA + BP + BS	7,08 b	33,67 b	51,72 b	65,35 b	1,10	13,02 b	11,50 c	22,10 cd
T9. Tebuconazol	1,25 d	21,48 d	39,66 d	54,70 bc	1,13	1,31 c	4,85 d	11,00 e
Média	6,20	30,27	45,88	56,97	1,14	11,83	16,37	27,63
CV (%) ^{4/}	13,32	12,15	12,97	14,77	11,50	13,04	14,34	15,79

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/} Não significativo pelo Teste de Tukey (p<0,05).

^{4/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Tabela 10. Incidência e severidade de mancha de alternária nas folhas de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incidência de mancha de alternária nas folhas (%)				Severidade de mancha de alternária nas folhas (%)			
	Dias após a emergência das plântulas							
	23	37	51	65	23	37	51	65
T1. Testemunha	2,21 a ^{2/}	4,52 a	7,10 a	13,34 a	2,19 a	7,10 a	9,81 a	15,14 a
T2. BA ^{1/}	1,34 b	3,32 bc	4,38 cd	6,06 cd	1,24 de	5,09 bcd	7,20 cde	12,24 abc
T3. BP	1,55 b	3,36 bc	5,46 bc	6,09 cd	1,46 bcde	6,36 ab	7,15 cde	13,20 abc
T4. BS	1,44 b	3,28 bc	4,64 bcd	7,38 bc	1,34 cde	6,17 ab	8,73 abc	11,23 bc
T5. BA + BP	1,37 b	3,96 ab	5,86 ab	8,63 b	1,58 bcd	6,12 abc	7,55 bcd	11,23 bc
T6. BA + BS	1,37 b	2,79 cd	3,63 de	5,09 d	1,82 ab	7,07 a	9,26 ab	13,20 abc
T7. BP + BS	1,56 b	2,24 d	3,69 de	6,17 cd	1,70 bc	4,71 cd	5,95 de	12,24 abc
T8. BA + BP + BS	1,57 b	2,28 d	3,71 de	5,29 cd	1,74 b	6,11 abc	9,01 abc	13,36 ab
T9. Tebuconazol	0,70 c	2,30 d	3,10 e	5,89 cd	1,13 e	3,68 d	5,50 e	9,97 c
Média	1,46	3,11	4,62	7,10	1,57	5,82	7,79	12,43
CV (%) ^{3/}	12,11	12,43	13,11	15,14	11,56	11,99	12,16	13,08

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

A altura de inserção da primeira vagem, obteve média superior com T1 (Testemunha) com 19,57 cm. O número de vagens por planta, obteve médias superiores com T2 (BA) com 12,89, T4 (BS) com 13,12, T5 (BA + BP) com 12,32, T7 (BP + BS) com 12,36 e T9 (TL) com

13,21. O número de grãos por planta, obteve média superior com T7 (BP + BS) com 63,12, não diferindo dos tratamentos 2, 3, 4, 5, 6 e 9 (Tabela 11).

Tais resultados diferem dos relatados por Santos, Boiago e Glienke (2022), que avaliaram diferentes manejos com *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus pumilus*, aplicados em sistema on farm, e não observaram variações nos componentes de produtividade da soja. Segundo os autores, a escassez de chuvas ao longo do ciclo da cultura ocasionou abortamento floral e formação desuniforme dos grãos, comprometendo o desempenho produtivo. Nessas condições, os efeitos atribuídos às bactérias não foram constatados, uma vez que sua ação é dependente da estabilidade ambiental e, diante de variações climáticas desfavoráveis, não apresentam capacidade de expressão.

Tabela 11. Altura de inserção da primeira vagem (cm), número de vagens por planta e número de grãos por planta em plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Altura de inserção da primeira vagem (cm)	Número de vagens por planta	Número de grãos por planta
T1. Testemunha	19,57 a ^{2/}	8,61 b	37,65 c
T2. BA ^{1/}	15,01 b	12,89 a	54,56 ab
T3. BP	15,53 b	11,73 ab	53,62 abc
T4. BS	15,74 b	13,12 a	61,28 ab
T5. BA + BP	15,01 b	12,32 a	52,47 abc
T6. BA + BS	10,52 cd	11,94 ab	51,42 abc
T7. BP + BS	13,54 bc	12,36 a	63,12 a
T8. BA + BP + BS	10,38 d	10,90 ab	46,71 bc
T9. Tebuconazol	10,99 cd	13,21 a	62,28 ab
Média	14,03	11,90	53,68
CV (%) ^{3/}	10,63	13,56	14,61

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

No experimento, verificou-se desempenho diferenciado da cultura, possivelmente associado às condições climáticas registradas (Figura 1), caracterizadas por distribuição irregular das chuvas e variações térmicas. Destacam-se dois períodos de estiagem, de 15 e 17 dias, e uma precipitação acumulada de 286 mm, valor inferior ao intervalo considerado adequado para o cultivo, estimado entre 300 e 350 mm (LUNA et al., 2021). Esse cenário pode ter limitado tanto o crescimento das plantas, o enchimento de grãos e a manifestação de doenças, que em sistemas comerciais tendem a ocorrer em níveis superiores (BELADELI et al., 2021).

Quanto à fertilidade do solo, verificou-se que os níveis de pH, fósforo e alumínio estavam em níveis baixos, enquanto matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio apresentaram em níveis altos (Tabela 01). Embora a maioria dos nutrientes se encontrasse em condições favoráveis ao cultivo, a baixa disponibilidade de fósforo e o pH reduzido limitaram o desenvolvimento das plantas, destacando-se o fósforo como macronutriente essencial ao metabolismo vegetal (PAVINATO et al., 2017). No entanto, foram obtidas médias superiores à produção nacional, estimada em 3.000 kg ha⁻¹ com alguns tratamentos (CONAB, 2025).

O número de grãos por vagem, obteve médias superiores com T2 (BA) com 4,72, T3 (BP) com 4,68, T4 (BS) 4,77, T5 (BA + BP) 4,53 e T9 (TL) com 4,73, não diferindo dos tratamentos 6, 7 e 8. A massa de mil grãos, obteve médias superiores com T2 (BA) com 245,27 g, T4 (BS) 244,88 g, T5 (BA + BP) 237,31 g, T6 (BA + BS) com 234,32 g e T9 (TL) com 238,30 g, não diferindo dos tratamentos 3, 7 e 8. A produtividade, obteve média superior com T4 (BS) com 3.397,88 kg ha⁻¹, não diferindo dos tratamentos 2, 3, 5, 6, 7 e 9.

Tabela 12. Número de grãos por planta, massa de mil grãos (g) e produtividade (kg ha⁻¹) de plantas de feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Número de grãos por vagem	Massa de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1. Testemunha	3,12 b ^{2/}	182,32 b	1.327,56 c
T2. BA ^{1/}	4,72 a	245,27 a	3.230,20 ab
T3. BP	4,68 a	233,32 ab	2.893,94 ab
T4. BS	4,77 a	244,88 a	3.397,88 a
T5. BA + BP	4,53 a	237,31 a	3.039,15 ab
T6. BA + BS	4,45 ab	234,32 a	2.639,96 ab
T7. BP + BS	4,46 ab	231,96 ab	2.785,69 ab
T8. BA + BP + BS	4,28 ab	232,32 ab	2.403,06 b
T9. Tebuconazol	4,73 a	238,30 a	3.205,44 ab
Média	4,41	231,10	2.769,21
CV (%) ^{3/}	15,03	10,68	16,41

^{1/}BA: *Bacillus amyloliquefaciens*; BP: *Bacillus pumilus*; BS: *Bacillus subtilis*. ^{2/}Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05). ^{3/}CV (%): Coeficiente de variação. Fonte: Thome e Laconski (2025).

Corroborando os resultados deste estudo, Antônio et al. (2025) avaliaram a ação de *B. subtilis* sobre parâmetros produtivos da soja. O tratamento biológico com promoveu aumento de 18,48% no número médio de vagens por planta em relação ao controle, além de acréscimo de 4,77% na média de grãos por vagem. Em contrapartida, a massa de mil grãos apresentou variação reduzida, de apenas 0,42%. O incremento no desenvolvimento vegetal pode estar

relacionado à bioestimulação hormonal induzida por bactérias promotoras de crescimento, capazes de liberar substâncias análogas a auxinas e giberelinas.

Tais resultados estão relacionados com Silva e Dourado (2022), que descrevem as bactérias do gênero *Bacillus* spp. podem sintetizar ácido indolacético (AIA) a partir do triptofano presente em diferentes concentrações nos exsudatos radiculares. O AIA exerce efeito marcante sobre o crescimento e desenvolvimento vegetal, atuando na divisão celular, na iniciação e diferenciação de raízes, na formação de tecidos vasculares, na indução do florescimento e no desenvolvimento de frutos.

Os incrementos de produtividade observados no experimento também podem estar associados ao efeito de controle biológico. Com base nas variáveis de incidência e severidade, as bactérias podem contribuir para a redução de doenças, evitando sintomas de patógenos que comprometem o desenvolvimento das plantas ao consumir reservas energéticas e restringir a fotossíntese das plantas (CAVALCANTE et al., 2022).

A maior média de receita líquida foi obtida com o T4 (BS) com R\$ 4.425,91 quando comparados com outros tratamentos. O uso individual das espécies de *Bacillus* spp. foi melhor obtendo maiores produtividade e consequentemente obtendo maior custo-benefício quando comparados com outros tratamentos.

No entanto, o tratamento químico foi superior aos tratamentos associados e ao tratamento 2 e 3, com menores custos. Apesar da semelhança dos tratamentos a base com *Bacillus* spp. individualmente e o tratamento químico, o uso dos produtos biológicos é uma opção visando melhores desempenhos de desenvolvimento e rendimento para a cultura do feijão (Tabela 13).

Tabela 13. Incrementos (kg ha⁻¹), comercialização (R\$), custos (R\$) e receita líquida (R\$) do feijão cv. IPR Andorinha submetidas à aplicação foliar de *Bacillus* spp., individualmente ou em combinação, e de um fungicida químico, em Palmital-PR, safra 2025.

Tratamentos	Incrementos (kg ha ⁻¹)	Comercialização (R\$ 170,00 saca)	Custos (R\$ ha ⁻¹)	Receita Líquida (R\$ ha ⁻¹)
T1. Testemunha	-	-	-	-
T2. BA ^{1/}	1.902,64	5.390,81	1.760,00	3.630,81
T3. BP	1.566,38	4.438,08	480,00	3.958,08
T4. BS	2.070,32	5.865,91	1.440,00	4.425,91
T5. BA + BP	1.711,59	4.849,51	2.240,00	2.609,51
T6. BA + BS	1.312,40	3.718,47	3.200,00	518,47
T7. BP + BS	1.458,13	4.131,37	1.920,00	2.211,37
T8. BA + BP + BS	1.075,50	3.047,25	3.680,00	-632,75
T9. Tebuconazol	1.877,88	5.320,66	1.000,00	4.320,66
Média	1.441,64	4.084,67	1.746,66	2.337,89

Fonte: Thome e Laconski (2025).

4. CONCLUSÃO

O uso das aplicações de distintas bactérias do gênero *Bacillus* spp. individualmente ou associados, influenciou positivamente nos componentes de desenvolvimento e produtividade do feijoeiro cv. IPR Andorinha, além de obter menores incidências e severidade nas folhas e vagens para as doenças como antracnose e mancha angular e também com menores incidências e severidades para mancha de alternária e crestamento bacteriano. O uso do tratamento químico promoveu redução da incidência e severidade das doenças avaliadas. A viabilidade econômica foi favorável quando utilizado os produtos individualmente.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de chegar até aqui e por todas as bênçãos que sustentaram minha trajetória. Ao meu orientador, Prof. James Matheus Ossacz Laconski, manifesto sincera gratidão pelo acompanhamento, pelas valiosas sugestões, pela confiança e pelo apoio fundamentais à conclusão deste trabalho. Aos meus pais, José Nilson Thome e Claudineia Chatoski, agradeço pelo esforço incansável e pelo apoio incondicional, que sempre foram guia e alicerce em minhas conquistas. À Faculdade UCP e a todo o corpo docente, registro meu reconhecimento pela contribuição essencial em minha formação acadêmica. Por fim, estendo meu agradecimento a todos que, de alguma forma, participaram da minha vida e da minha formação, tornando possível este processo de crescimento pessoal e profissional.

6. REFERÊNCIAS

- AGENCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO PARANA (ADAPAR). **Cadastro de agrotóxicos**, 2025. Disponível em: <<https://celepar07web.pr.gov.br/agrotoxicos/pesquisar.asp>>. Acesso em 04 out. 2025.
- ALVES, D. et al. Sensoriamento Remoto permite estimar o estresse hídrico e as perdas de produtividade de cultivares de feijão. **Irriga**, v. 26, n. 1, p. 1-12, 2021.
- ANTONIO, L. et al. Uso de *Bacillus subtilis* no incremento da produção na cultura da soja. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, p. 1-6, 2024.

APARECIDA, A. et al. Desempenho agrônômico da cultura do trigo (*Triticum spp*) submetido a tratamentos com *Bacillus* em condições ambientais de campo. **Concilium**, v. 24, n. 4, p. 326-335, 2024.

APARECIDO, L. et al. Köppen and Thornthwaite climate classification systems in defining climatological regions of the state of Paraná, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 40, n. 4, p. 405-417, 2016.

BELADELI, M. et al. Aplicação de fungicidas e *Trichoderma asperellum* para o manejo de doenças do feijoeiro na safra das águas. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 25143-25161, 2021.

BERNAL, C. et al. Efeito da frequência de aplicação de *Bacillus amyloliquefaciens* endófito sobre *Moniliophthora roreri* em condições de campo. **Bioagro**, v. 37, n. 2, p. 223-232, 2025.

CAIXETA, G. et al. Uso de bioagentes na supressão da macrofomina phaseolina na cultura do feijoeiro comum. **Ipê Agronomic Journal**, v. 5, n. 1, p. 1-11, 2021.

CAMILO, T.; PIETRO, S. Agentes bacterianos no controle in vitro da *Alternaria alternata* e *Macrophomina phaseolina*: fitopatógenos do feijão. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, v. 21, n. 8, p. 8687-8706, 2023.

CAVALCANTE, J. et al. Potencial biotecnológico de *Chromobacterium subtsugae*: uma breve revisão voltada ao manejo biológico de artrópodes-praga. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 200-211, 2022.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Safra de feijão 2024/24**. 2025. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/busca?searchword=FEIJ%C3%83O&searchphrase=all>>. Acesso em 27 mar. 2025.

DALLA, P. **Quantificação de parâmetros monocíclicos da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e da mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) do feijoeiro**. 1997. Tese (Doutorado em Agronomia – Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA GERAL (DERAL). **Relatório de preços**. 2025. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/precos>>. Acesso em 12 out. de 2025.

FERREIRA, D. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, L. et al. Controle biológico de *Botrytis cinerea* em morangueiro com *Bacillus subtilis*. **Horticultura Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 215-223, 2023.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Crops and livestock products**. 2025. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>>. Acesso em 27 mar. 2025.

GADANHOTO, B.; BOAVA, L.; MONTAGNOLLI, R. Isolamento de microrganismos de solo para controle biológico de fitopatógenos de citros. **Energia na agricultura**, v. 37, n. 3, p. 39-45, 2022.

GODOY, C. Escala diagramática para avaliação da severidade da mancha angular do feijoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 4, p. 744-748, 1995.

GODOY, C. et al. Diagrammatic Scales for Bean Diseases: Development and Validation. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 104, n. 4, p. 336-345, 1997.

GOOGLE EARTH WEBSITE (GOOGLE EARTH). **Maps**, 2025. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em 07 aug. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Boletim agroclimatológico**. 2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em 04 jun. 2025.

KUMAR, R. et al. Bacillus spp. no controle de doenças foliares de final de ciclo na cultura da soja e milho. **Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, v. 1, n. 1, p. 1-27, 2020.

LI, Z. et al. Bioefficacy of microbial antagonists against Zymoseptoria tritici on wheat. **Earth and Environmental Science**, v. 896, n. 12, p. 12-19, 2021.

LIBRELON, S. et al. Pseudocercospora griseola, the causal agent of common bean angular leaf spot: Strain characterization and sensitivity to fungicides. **Plant Pathology**, v. 71, n. 6, p. 1431-1439, 2022.

LUNA, I. et al. Variabilidade pluviométrica e seus efeitos na produção de feijão-caupi em um município do semiárido paraibano. **Revista Thêma et Scientia**, v. 11, n. 1, p. 255-265, 2021.

MARCOS, F.; SANTOS, L.; SOUZA, C. Bacillus amyloliquefaciens no controle de doenças de plantas: ênfase na verrugose do limão. **Atena Editora**, v. 1, n. 1, p. 1-15, 2021.

MARQUES, M. Efeito da incidência da mancha angular do feijão na transmissão de Pseudocercospora griseola (Sacc.) Crous & U. 2008. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – **Universidade Federal de Pelotas**, Pelotas.

MENDES, D. et al. Controle alternativo da antracnose em frutos de mamão com Bacillus subtilis e Bacillus amyloliquefaciens. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 45-54, 2020.

NADER, C. et al. Eficiência de Bacillus subtilis no desempenho de diferentes cultivares de feijão. **Revista Observatorio De La Economia Latinoamericana**, v. 22, n. 7, p. 01-06, 2024.

OLIVEIRA, F.; BOAIGO, N. Bioprodutos on farm no desenvolvimento inicial do feijoeiro. **Revista Cultivando o Saber**, v. 21, n. 22, p. 136-144, 2022.

OLIVEIRA, G.; WANDER, A. Mapeamento da cadeia produtiva do feijão-comum no Brasil. **Revista Economia Política do Desenvolvimento**, v. 14, n. 32, p. 96-122, 2023.

OPIO, A. et al. Studies on seed transmission of Xanthomonas campestris pv. Phaseoli in common beans in uganda. **Sokoine Research Station**, v. 59, n. 5, p. 59-68, 1993.

PALACIOGLU, G. et al. Identification of resistance sources in common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes from Turkey and the reactions of some promising genotypes to bean anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). **Crop and Pasture Science**, v. 73, n. 10, p. 1168-1179, 2022.

PAVINATO, P. et al. Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná. Curitiba: **SBCS/NEPAR**, 2017.

RAHMAN, M. et al. Control of *Magnaporthe oryzae* and rice growth promotion by *Bacillus subtilis* JN005. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 41, n. 3, p. 2319-2327, 2022.

SALVADORI, C. et al. *Bacillus amyloliquefaciens* no biocontrole de fitopatógenos causadores de doenças foliares em soja. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, p. 1-7, p. 2024.

SANDMANN, A. et al. O uso de leveduras para indução de resistência em feijoeiros ao cretamento bacteriano comum. **Revista Contemporânea**, v. 3, n. 10, p. 18753-18768, 2023.

SANTOS, B.; BOIAGO, N. GLIENKE, T. Eficiência do manejo On Farm e épocas de aplicação na cultura da soja. **Cultivando o saber**, v. 1, n. 1, p. 13-25, 2022.

SILVA, A.; DOURADO, M. Mecanismos de promoção de crescimento vegetal por bactérias endofíticas. **Iniciação Científica Cesumar**, v. 24, n. 1, p. 1-11, 2022.

SOUSA, G. et al. Análise econômica do uso de bioestimulantes na cultura do feijão em diferentes métodos de aplicação. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 2, p. 24-31, 2023.

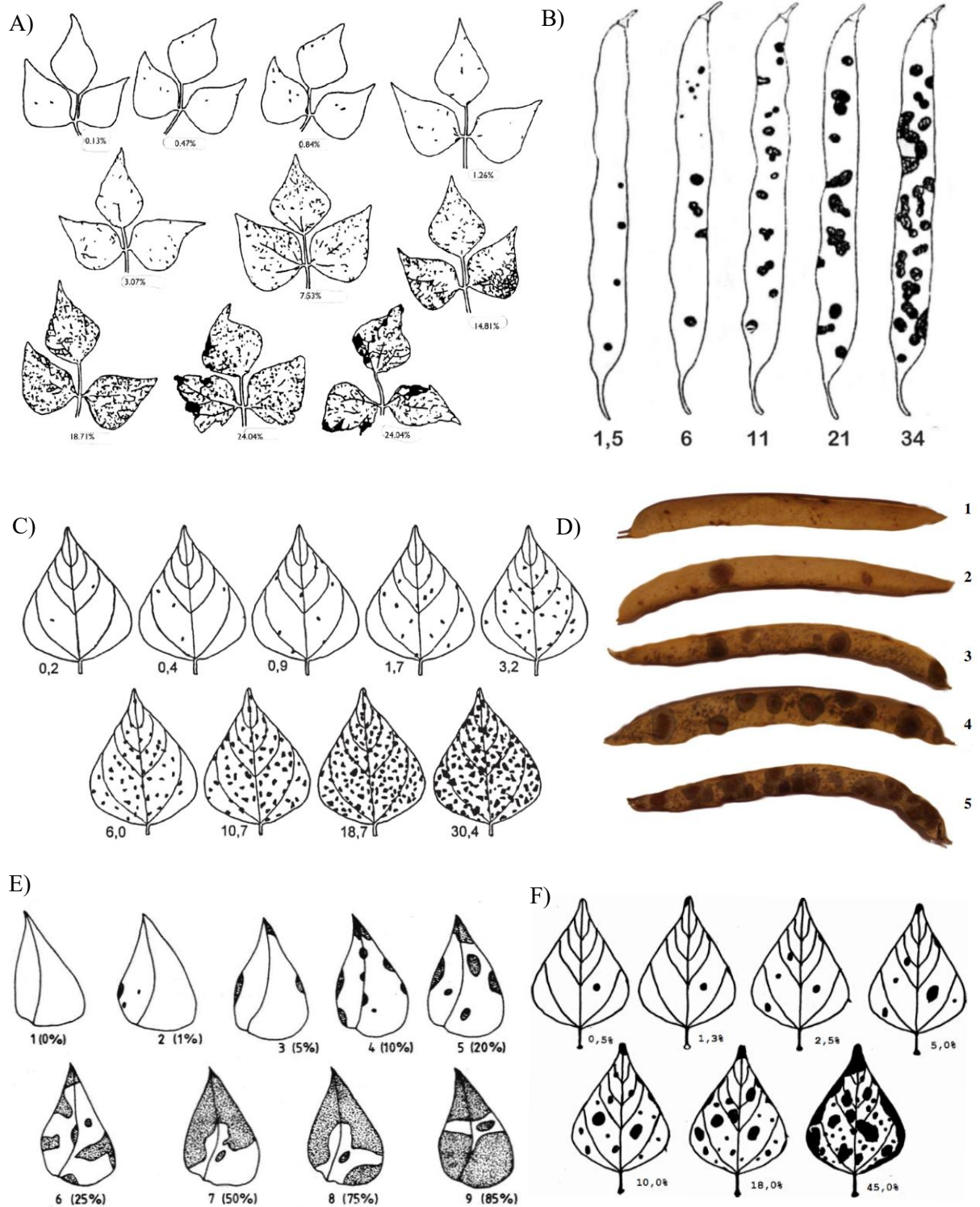
TORDIN, A. Registro de produtos biológicos para o controle de pragas e doenças no Brasil: evolução entre as safras 2018/19 e 2023/24. **Revista Brasileira de Agricultura Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 45-53, 2025.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Bean production**, 2025. Disponível em: <<https://www.usda.gov/>>. Acesso em 27 mar. 2025.

7. ANEXOS

7.1. Anexo I. Escalas diagramáticas

Figura 1. Escalas diagramáticas para avaliação de severidade de antracnose nas Folhas (A) e vagens (B) (DALLA, 1997), severidade da mancha angular nas folhas (C) (GODOY, 1995) e vagens (D) (MARQUES et al., 2008), severidade do crestamento bacteriano nas folhas (E) (OPIO et al., 1993) e severidade da mancha de alternária nas folhas (F) (GODOY et al., 1997).



Fonte: Dalla, 1997, Godoy, 1995, Marques et al., 2008, Opio et al., 1993 e Godoy et al., 1997.