



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

MARIA ANTONIA APARECIDA SILVA

**USO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO À BASE DE SILÍCIO NO
CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO (*Phaseolus
vulgaris L.*)**

BambuÍ

2026

MARIA ANTONIA APARECIDA SILVA

**USO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO À BASE DE SILÍCIO NO
CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO (*Phaseolus
vulgaris L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Agronomia do IFMG – *Campus* Bambuí
como requisito parcial para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Lorrان de
Oliveira Freitas
Coorientador: Konrad Passos e Silva

Bambuí

2026

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

S586u Silva, Maria Antônia Aparecida.
Uso de fertilizante orgânico a base de silício no controle de pragas e doenças do feijoeiro (*Phaseolus Vulgaris*). / Maria Antônia Aparecida Silva. – 2026.

42 f.; il.: color.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Lorrان de Oliveira Freitas.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2026.

1. Manejo sustentável. 2. Resistência vegetal. 3. Estresse biótico. I. Freitas, Marcelo Lorrان de Oliveira. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 631.8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

Maria Antônia Aparecida Silva

Uso de Fertilizante Orgânico a base de silício no controle de pragas e doenças do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí para obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Aprovado em 18/05/2026 pela banca examinadora:

Bambuí, 27 de maio de 2026.



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Loran de Oliveira Freitas, Professor**, em 27/05/2026, às 14:39, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Manoel de Oliveira, Professor**, em 27/05/2026, às 15:29, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Erika Soares Reis, Professora**, em 28/05/2026, às 07:44, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2748078** e o código CRC **B6D0987E**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter-me concedido força, perseverança e sabedoria ao longo de toda a trajetória, tornando possível a realização deste sonho. A minha mãe, Arlete, e a minha irmã Nádia por jamais soltarem minha mão, pelo apoio incondicional e por acreditar em mim em todos os momentos. Ao meu pai, Ramon e ao meu avô Antônio por compartilharem comigo esse sonho, oferecendo incentivo, carinho e apoio constantes durante toda essa caminhada.

LISTA DE ABREVIATURAS

AACPA – Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença
ANOVA – Análise de Variância
APX – Ascorbato Peroxidase
BRS – Banco Regional de Sementes
C3 – Metabolismo Fotossintético do Tipo C3
CONAFER – Confederação Nacional dos Agricultores Familiares e Empreendedores Familiares Rurais
DBC – Delineamento em Blocos Casualizados
DF – Grau de Liberdade
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura
FAL – Fenilalanina Amônia-Liase
g – Grama
H₂O₂ – Peróxido de Hidrogênio
H₄SiO₄ – Ácido Monossilícico
ha – Hectare
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
kg – Quilograma
KSi – Silicato de Potássio
MIP – Manejo Integrado de Pragas
PMS – Peso de Mil Sementes
Pronaf – Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
Si – Silício
SISVAR – Sistema para Análises de Variância
SOD – Superóxido Dismutase

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Local do Experimento.....	24
Figura 2 - Delineamento do Local do Experimento	25
Figura 3 - Informações do Plantio	26
Figura 4 - Silício utilizado.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito dos tratamentos sobre Altura média das plantas (cm)	31
Tabela 2 - Severidade de Alternária	32
Tabela 3 - Efeito dos tratamentos sobre a incidência de Alternária na cultura do feijão	32
Tabela 4 - Infestação de Cigarrinha-verde.....	34
Tabela 5 - Efeito dos tratamentos sobre o número médio de cigarrinhas-verdes.....	34
Tabela 6 - Análise de variância da produtividade do feijoeiro nos tratamentos avaliados	36

RESUMO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande importância socioeconômica e nutricional no Brasil, porém sua produtividade é frequentemente reduzida pela incidência de pragas e doenças, o que tem estimulado a busca por alternativas sustentáveis de manejo fitossanitário. O uso intensivo de defensivos químicos tem impulsionado o interesse pelo silício, reconhecido por atuar como indutor de resistência vegetal frente a estresses bióticos e abióticos. Dessa forma, o objetivo geral do presente trabalho foi avaliar o uso de fertilizante de silicato, na forma de pó de rocha, visando à eficiência do mesmo, contra as doenças do feijoeiro, para diminuir as perdas qualitativas e quantitativas dos grãos. O experimento foi conduzido no IFMG – *Campus* Bambuí, em delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos e quatro repetições, utilizando a cultivar de feijão BRS FC415. Os tratamentos consistiram na aplicação de fertilizante de silicato, manejo comercial, associação entre ambos e testemunha, foram avaliadas a incidência da mancha-de-alternária, a infestação de ninfas de cigarrinha-verde, a altura das plantas, o peso de mil sementes e a produtividade. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade, utilizando o *software* Sisvar. O uso do fertilizante de silicato apresentou efeito positivo no manejo fitossanitário do feijoeiro, destacando-se na redução da severidade da mancha-de-alternária e na diminuição da infestação de ninfas de cigarrinha-verde, evidenciando seu potencial como indutor de resistência vegetal. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na produtividade entre os tratamentos, embora o silício tenha contribuído para maior sanidade das plantas e menor dano fisiológico frente à ocorrência de geada, indicando efeito mitigador a estresses abióticos. Recomenda-se a realização de estudos futuros que avaliem diferentes doses, formas e épocas de aplicação do fertilizante de silicato, bem como sua interação com a adubação nutricional, visando aprimorar o manejo sustentável da cultura do feijoeiro.

Palavras-chave: Manejo sustentável. Resistência vegetal. Estresse biótico.

ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is a crop of great socioeconomic and nutritional importance in Brazil; however, its productivity is often reduced by the incidence of pests and diseases, which has stimulated the search for sustainable alternatives for phytosanitary management. The intensive use of chemical pesticides has increased interest in silicon, recognized for acting as an inducer of plant resistance to biotic and abiotic stresses. Thus, the general objective of this study was to evaluate the use of silicate fertilizer, in the form of rock powder, aiming at its efficiency against common bean diseases in order to reduce qualitative and quantitative grain losses. The experiment was conducted at IFMG – *Campus* Bambuí, using a randomized block design with four treatments and four replications, employing the BRS FC415 common bean cultivar. The treatments consisted of silicate fertilizer application, commercial management, the association of both, and a control, and the following variables were evaluated: *Alternaria* leaf spot incidence, infestation of green leafhopper nymphs, plant height, thousand-seed weight, and yield. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) and the Scott–Knott test at a 5% probability level, using the Sisvar software. The use of silicate fertilizer showed a positive effect on the phytosanitary management of common bean, standing out for reducing *Alternaria* leaf spot incidence and decreasing green leafhopper nymph infestation, evidencing its potential as an inducer of plant resistance. No statistically significant differences in yield were observed among treatments, although silicon contributed to improved plant health and reduced physiological damage in response to frost occurrence, indicating a mitigating effect on abiotic stresses. Future studies are recommended to evaluate different doses, application methods, and timings of silicate fertilizer, as well as its interaction with nutritional fertilization, in order to improve the sustainable management of common bean cultivation.

Keywords: Sustainable management. Plant resistance. Biotic stress.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Origem e Características do Feijoeiro	12
2.2 Importância Socioeconômica do Feijão	15
2.3 Impactos das pragas e doenças na cultura do feijão	17
2.4 O uso de silício no controle de doenças e pragas	20
2.5 Benefícios ambientais e para a saúde do consumidor	22
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 Área Experimental	23
3.2 Delineamento Experimental	24
3.3 Semeadura	25
3.4 Tratos Culturais e Fitossanitários	26
3.5 Colheita e Avaliações	29
3.6 Análise Estatística	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 Altura das Plantas	30
4.2 Avaliação de doenças foliares (Mancha-de-Alternária)	32
4.3 Avaliação de pragas (Ninfas de cigarrinha-verde)	33
4.4 Avaliação de produtividade	35
4.5 Ocorrência de geada e efeitos fisiológicos	36
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	37
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma leguminosa de expressiva relevância socioeconômica e nutricional no Brasil, constituindo-se como alimento básico da dieta nacional. É uma importante fonte de proteínas vegetais, carboidratos complexos, fibras e minerais, como ferro, cálcio e fósforo, além de vitaminas do complexo B, essenciais para a manutenção da saúde humana (EMBRAPA, 2021). Por sua ampla adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas e sistemas de cultivo, o feijão é cultivado em praticamente todas as regiões brasileiras, desempenhando papel estratégico tanto na agricultura familiar quanto no agronegócio.

Apesar da sua importância, a produtividade do feijoeiro é frequentemente limitada por fatores bióticos e abióticos. Entre os principais entraves estão as doenças fúngicas, como a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), a murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli*) e o mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), que podem ocasionar perdas significativas na produção, especialmente sob condições de alta umidade e temperaturas amenas. Além disso, a ocorrência de pragas como a cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) e o pulgão (*Aphis fabae*) compromete o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, reduzindo a qualidade e o rendimento dos grãos (CANALE *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, a busca por alternativas sustentáveis de manejo fitossanitário tem se intensificado. Entre as tecnologias emergentes, destaca-se o uso de fertilizante de silicatos, também conhecidos como pós de rocha, que atuam como remineralizadores do solo e indutores de resistência vegetal. O silício (Si), embora não seja considerado um nutriente essencial, é reconhecido por sua capacidade de aumentar a resistência das plantas a estresses bióticos e abióticos, promovendo o fortalecimento das paredes celulares, a redução da penetração de patógenos e a ativação de mecanismos de defesa fisiológicos e bioquímicos (SILVA *et al.*, 2023).

Nesse contexto, o presente trabalho busca avaliar o uso do fertilizante de silicato no controle de doenças do feijoeiro, analisando seus efeitos sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo da cultivar BRS FC415, reconhecida pela resistência a doenças de solo e pela alta qualidade de grãos. O estudo propõe-se, portanto, a contribuir com informações técnicas que fundamentem o uso racional de fertilizante de silicatos na agricultura, visando à redução do uso de fungicidas sintéticos e a promoção de práticas agrícolas sustentáveis.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o uso de fertilizante de silicato, na forma de pó de rocha, visando à eficiência do mesmo no controle de pragas e contra as doenças do feijoeiro, para diminuir as perdas qualitativas e quantitativas dos grãos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o peso de mil grãos, quando comparado ao uso de produtos comerciais, para verificar a produtividade.
- Avaliar a sanidade das folhas e da planta.
- Avaliar a incidência de doenças e pragas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Origem e Características do Feijoeiro

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie de leguminosa pertencente à família Fabaceae, com origem geográfica situada na América Latina. Estudos genético-arqueológicos baseados na análise da proteína faseolina indicam que a domesticação desta espécie ocorreu em um único evento evolutivo, com centro de origem localizado entre o norte da América do Sul e o México. Evidências arqueológicas demonstram que vestígios de feijão cultivado remontam a aproximadamente 10.000 anos, consolidando sua importância histórica para as civilizações antigas (FREITAS *et al.*, 2006).

De acordo com os estudos realizados por Carbonell *et al.* (2021), a diversificação da espécie resultou em dois centros principais de domesticação. O primeiro, denominado mesoamericano, localiza-se principalmente no México e caracteriza-se pela presença do tipo de faseolina S, o que se originou a maioria das cultivares de grãos pequenos atualmente cultivados no Brasil, com massa de cem sementes inferior a 25 gramas, incluindo os grupos comerciais preto, carioca e rosinha. O segundo centro, andino, está situado na região dos Andes, em países como Peru e

Chile, caracterizado pelo tipo de faseolina T e originando cultivares de grãos graúdos com massa de cem sementes superior a 40 gramas, como *cranberry*, jalo e rajado. Um terceiro centro de menor expressão, localizado na Colômbia, apresenta tipos intermediários com faseolinas S e T, resultando em grãos com massa de cem sementes entre 25 e 40 gramas.

Do ponto de vista taxonômico, o gênero *Phaseolus* compreende mais de 55 espécies, das quais apenas cinco são cultivadas: *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus lunatus* L., *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus acutifolius* A. Gray var. *latifolius* Freeman e *Phaseolus polyanthus* Greenman. A espécie *P. vulgaris* L., conhecida como feijão-comum, é a mais cultivada e consumida globalmente, apresentando $2n = 22$ cromossomos, mecanismo fotossintético C3, caráter autógamo e ciclo anual herbáceo (SILVA *et al.*, 2023).

Quanto às características morfológicas, o feijoeiro apresenta sistema radicular do tipo pivotante, com raiz principal que origina raízes secundárias, terciárias e subsequentes, pois aproximadamente 80% do sistema radicular concentram-se nos primeiros 10 centímetros de profundidade do solo. O caule, de natureza herbácea, constitui o eixo principal da planta, com nós que representam pontos de inserção das folhas e dos quais emergem ramificações primárias, secundárias e subsequentes (EMPRAPA, 2021).

As folhas do feijoeiro são de dois tipos: simples (unifolioladas) e compostas (trifolioladas). As folhas simples, também denominadas primárias, são as únicas deste tipo e já estão presentes no embrião da semente. Todas as demais folhas formadas durante o desenvolvimento vegetativo são trifolioladas, compostas por três folíolos. A inflorescência é do tipo racimo ou rácimo, de posição axilar nas plantas de tipo II, III e IV, ou terminal nas plantas de tipo I (EMBRAPA, 2021).

As flores do feijoeiro são hermafroditas e apresentam estrutura que favorece a autofecundação. São formadas pelo cálice, de coloração verde, e pela corola, composta por cinco pétalas que podem apresentar coloração branca, rosada ou violácea. O estandarte representa a pétala maior, seguido pelas asas, duas pétalas menores, e pela quilha, formada pela fusão de duas pétalas em formato espiralado. No interior da quilha localizam-se o androceu (órgão masculino) e o gineceu (órgão feminino). O androceu é constituído por dez estames, pois nove aderentes são pelo filete e um livre. O gineceu é unicarpelar, com ovário estreito e alongado contendo óvulos dispostos em linha (ARAÚJO *et al.*, 2023).

O fruto é classificado botanicamente como legume, popularmente denominado vagem, constituído por duas valvas unidas por suturas dorsal e ventral, às quais as sementes se prendem. As vagens podem apresentar formato cilíndrico ou achatado, comprimento variando entre 12 e 15 centímetros ou mais, forma reta ou ligeiramente curva, e coloração que varia conforme a cultivar e o estágio de maturação, incluindo verde, amarela, vermelha, roxa, ou com estrias de diferentes cores (CARBONELL *et al.*, 2021).

As sementes apresentam estrutura externa composta por tegumento, hilo, halo, micrópila e rafe. O tegumento constitui a camada externa onde se localizam os pigmentos responsáveis pela coloração do grão. O hilo representa a cicatriz deixada pelo funículo que conectava a semente à placenta. O halo é a estrutura que circunda o hilo, enquanto a micrópila constitui a abertura através da qual ocorre a absorção de água durante a germinação. A rafe corresponde ao ressalto proveniente da soldadura dos óvulos com as paredes do ovário. Internamente, a semente é formada por dois cotilédones e pelo embrião, constituído por hipocótilo, plúmula e radícula (SILVA *et al.*, 2023).

Carbonell *et al.* (2021), complementa mencionando que o hábito de crescimento do feijoeiro pode ser classificado em determinado ou indeterminado, definidos pela natureza do meristema terminal do caule principal, o que se torna reprodutivo ou vegetativo, respectivamente. Com base nesta característica e no porte da planta, quatro tipos são reconhecidos: Tipo I (determinado, ereto e arbustivo), Tipo II (indeterminado, ereto e arbustivo-trepador), Tipo III (indeterminado, semitrepador ou semiprostrado) e Tipo IV (indeterminado, trepador ou volúvel). No Brasil, as cultivares predominantes são de origem mesoamericana, raça Mesoamérica, pertencentes aos grupos gênicos 1 a 3, pois o grupo 4 apresenta hábito de crescimento tipo IV.

Destarte, o ciclo de desenvolvimento do feijoeiro é dividido em duas fases principais: vegetativa e reprodutiva. A fase vegetativa compreende os estádios de V0 (germinação) a V4 (terceira folha trifoliolada), caracterizando-se pelo aparecimento de nós no colmo principal e desenvolvimento das estruturas vegetativas. A fase reprodutiva engloba os estádios de R5 (pré-floração) a R9 (maturação), assim é marcada pela formação das estruturas reprodutivas e posterior desenvolvimento dos legumes. O ciclo completo varia conforme o hábito de crescimento e a cultivar, podendo ser classificado em precoce (até 75 dias), semiprecoce (76 a 85 dias), normal (86 a 90 dias) ou tardio (acima de 91 dias) (EMBRAPA, 2021).

2.2 Importância Socioeconômica do Feijão

O feijão apresenta importância nutricional fundamental na alimentação da população brasileira, funcionando como base dietética junto ao arroz, milho e mandioca. Sua composição nutricional é notavelmente rica, contendo proteínas de excelente qualidade biológica, ferro, cálcio, fósforo, magnésio, potássio, vitaminas do complexo B (principalmente B1, B2, B3 e B9), vitamina C, carotenoides e fibras alimentares solúveis e insolúveis. Esta riqueza nutricional posiciona o feijão como uma das alternativas mais acessíveis de fonte proteica para populações de menor poder aquisitivo, contribuindo significativamente para a segurança alimentar e nutricional do país (DOMENE; GHEDINI; STELUTI, 2021).

Contudo, nas últimas décadas tem-se observado uma redução no consumo de feijão pela população brasileira. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam uma queda de 50% no consumo de feijão nos últimos 16 anos, passando de 10,2 quilogramas por capita anualmente para 9,2 quilogramas. Esta redução está associada a mudanças culturais, crescente oferta de alimentos ultraprocessados, aumento dos preços do produto e consequente queda do poder aquisitivo das famílias brasileiras. Entre janeiro de 2012 e janeiro de 2023, o feijão carioca acumulou alta de preços de 122% e o feijão preto de 186%, superando significativamente a inflação geral do período que foi de 89% (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Historicamente, o cultivo de feijão no Brasil iniciou com pequenos produtores voltados à subsistência familiar, com baixo uso de insumos externos. Esta tradição, porém, evoluiu para sistemas mais intensivos e tecnificados, com aplicação de controle fitossanitário, colheita mecanizada e irrigação em determinadas regiões, permitindo alcançar produtividades superiores a 3.000 quilogramas por hectare. Esta transformação tecnológica reflete-se nos dados produtivos: entre 1974 e 2023, embora a área de plantio tenha reduzido de 4.288.555 hectares para 2.425.222 hectares (redução de 43%), a produção aumentou de 2.238.012 toneladas para 2.899.043 toneladas (aumento de 30%), resultado do incremento na produtividade média de 522 quilogramas por hectare para 1.176 quilogramas por hectare (aumento de 125%) (WANDER; SILVA, 2025).

A expansão da área dedicada ao plantio de feijão no Brasil deve-se parcialmente aos avanços tecnológicos, particularmente à irrigação por gotejamento. Esta tecnologia permitiu o uso mais eficiente da terra e da água, possibilitando maiores rendimentos

sem necessidade de expandir as áreas cultivadas. Além de melhorar a produtividade, a irrigação por gotejamento contribuiu para redução dos custos de produção, pois evita doenças que prosperam em microclimas úmidos, reduzindo a necessidade de defensivos agrícolas. Estudos de casos práticos demonstram que com irrigação por gotejamento subterrâneo, produtores alcançam médias de 60 sacas por hectare, economizando significativamente na aplicação de fungicidas (ABRANCHES, 2018).

A agricultura familiar desempenha papel crucial na produção nacional de feijão. Segundo dados do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) de 2020 e do Censo Agropecuário, 70% da produção de feijão no Brasil é oriunda da agricultura familiar, pois é responsável por aproximadamente 42% da produção nacional por meio de 3,9 milhões de estabelecimentos familiares que representam 77% das unidades agrícolas do país. Este setor se destaca como produtor de alimentos essenciais, com o feijão representando uma importante alternativa de cultivo em pequenas propriedades, gerando ocupação de mão de obra menos qualificada e contribuindo para a renda das famílias rurais (CONAFER, 2020).

Geograficamente, a distribuição da produção de feijão concentra-se em alguns estados principais. Minas Gerais destaca-se como principal estado produtor, onde se estima que aproximadamente 295 mil produtores e 7 milhões de trabalhadores se dediquem ao cultivo anualmente, seguido pelos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso e Paraná. O Brasil é atualmente o segundo maior produtor mundial de feijão, atrás apenas da Índia, porquanto é responsável por aproximadamente 10,2% da produção global, que em 2023 totalizou 28,5 milhões de toneladas segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) (EMBRAPA, 2025).

O sistema produtivo de feijão no Brasil é caracterizado por três safras distintas que garantem oferta contínua durante todo o ano. A primeira safra (das águas) compreende o plantio de agosto a janeiro com colheita de novembro a abril, respondendo por 33% da produção; a segunda safra (das secas) ocorre de janeiro a maio com colheita de abril a agosto, responsável por 48% da produção; e a terceira safra (inverno) acontece de maio a julho com colheita de agosto a outubro, contribuindo com 19% da produção. Este sistema de três safras assegura abastecimento regular do mercado interno e reduz oscilações de preços, minimizando os impactos da sazonalidade (SILVA *et al.*, 2023).

2.3 Impactos das pragas e doenças na cultura do feijão

De acordo com Canale (2020), os sistemas de cultivo do feijoeiro passaram por transformações tecnológicas expressivas nas últimas décadas, implicando alterações relevantes nas interações entre hospedeiro, patógeno e ambiente. Tais avanços derivam do desenvolvimento de cultivares geneticamente mais resistente da melhoria do manejo do solo e da irrigação, bem como da adoção de práticas fitossanitárias mais eficientes e do aprimoramento dos sistemas de plantio. No contexto fitossanitário, destacam-se diversas pragas e doenças que acometem a cultura, como mosca-branca (*Bemisia tabaci*), antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*), ferrugem (*Uromyces appendiculatus*), mancha-bacteriana (*Xanthomonas axonopodis pv. phaseoli*) e murcha-de-Fusarium (*Fusarium oxysporum f. sp. phaseoli*).

O feijoeiro é afetado por diferentes espécies de pragas e doenças que ocasionam significativa redução da produção das lavouras. Segundo dados da Embrapa, as pragas podem comprometer até 100% da produtividade do feijoeiro. O controle fitossanitário adequado depende de uma identificação precisa e correta do inseto-praga e da doença incidente em cada lavoura, pois determinados problemas fitossanitários apresentam maior importância dependendo da região, das condições climáticas e das práticas de manejo implementadas (PELEGRINI; BEZERRA; HASPARYK, 2017).

A mancha de alternária é causada pelo fungo *Alternaria alternata*, representando uma das doenças fúngicas que afetam a cultura do feijoeiro-comum em regiões tropicais e subtropicais. Esta doença ocorre com mais frequência em condições de alta umidade relativa do ar e temperaturas amena, mais intensa nos estados do Espírito Santo, São Paulo e na Zona da Mata de Minas Gerais, enquanto em outras regiões do Brasil apresenta importância epidemiológica secundária (SOLDATELLI *et al.*, 2017).

A distribuição geográfica da doença está diretamente relacionada às exigências climáticas do patógeno, tornando-a um foco de preocupação principalmente em regiões úmidas e de clima ameno. Estudos realizados no sul do Brasil demonstram que o patógeno pode sobreviver durante todo o período de entressafra em sementes armazenadas, representando assim uma importante fonte de inóculo para a próxima safra (MORAES; MENTEN, 2006).

Os sintomas da mancha de alternaria iniciam com pequenas manchas aquosas de coloração marrom-avermelhada nas folhas e vagens, as quais podem evoluir formando

padrões concêntricos típicos de *Alternaria* e perfurações no tecido foliar. Nas vagens, as áreas afetadas podem se unir formando riscos, enquanto as sementes podem apresentar manchas cinza e marrons características. Em estádios avançados da doença, especialmente sob alta umidade, as plantas adquirem coloração marrom ou negra generalizada. Para o manejo adequado desta doença, recomenda-se o tratamento de sementes com fungicidas, uso de cultivares resistentes e adoção de espaçamentos maiores entre linhas e plantas para melhor circulação de ar e redução da umidade foliar (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

Soldatelli *et al.* (2017) avaliaram sistematicamente a sobrevivência do fungo em sementes de feijão carioca das cultivares BRS Estilo e IPR Tangará, armazenadas em diferentes regiões do sul do Brasil durante o período de entressafra. Os resultados deste estudo demonstraram que o fungo foi detectado em todas as cultivares, lotes e épocas de amostragem, com redução significativa de 48,4% para 16,7% no período de maio a novembro de 2014. Adicionalmente, ao final do período de armazenamento, o fungo manteve 34,5% de viabilidade média nas cultivares analisadas, confirmando que o período de armazenamento em regiões frias não é suficiente para eliminar completamente o inóculo.

Para o manejo adequado desta doença, a literatura especializada recomenda uma abordagem integrada de diferentes estratégias. O tratamento de sementes com fungicidas é uma das medidas mais eficazes, sendo que os estudos de Soldatelli *et al.* (2017) demonstraram que fungicidas com o princípio ativo fluazinam, carboxina e fludioxonil proporcionaram o maior controle de *Alternaria* sp., com eficiência de controle variando entre 91,1% e 100% dependendo do fungicida utilizado e da cultivar. A utilização de cultivares resistente é outra estratégia importante, pois que são recomendadas cultivares como BRS Notável, BRS Esplendor, BRSMG Realce e BRS Sublime, que apresentam níveis satisfatórios de resistência à doença (WENDLAND; LOBO JUNIOR; FARIA, 2018). A adoção de espaçamentos maiores entre linhas e plantas para melhor circulação de ar e redução da umidade foliar é fundamental, pois reduz as condições de molhamento das plantas que favorecem a infecção (OLIVEIRA *et al.*, 2023).

A cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) constitui uma das principais pragas do feijoeiro, é um inseto sugador capaz de causar prejuízos significativos, particularmente em regiões tropicais e subtropicais. Pertencendo à ordem Hemiptera e família Cicadellidae, este pequeno inseto de coloração translúcida esverdeada apresenta

tamanho reduzido de aproximadamente três milímetros quando adulto, portanto é extremamente ágil e facilitando uma rápida dispersão na lavoura. Os danos causados pela cigarrinha-verde resultam de sua alimentação mediante sucção de seiva através da penetração do estilete no floema, ocasionando desorganização e granulação das células, obstrução dos vasos condutores de seiva e injeção de substâncias toxicogênicas nas plantas atacadas (KINHAMA *et al.*, 2022).

Os sintomas causados pelo ataque da cigarrinha-verde incluem clorose foliar e necrose que afetam significativamente o rendimento das lavouras. Sob altas infestações, as plantas apresentam sintomas de enfezamento com enrolamento das bordas dos folíolos para baixo, amarelecimento das margens seguido de necrose, encarquilhamento foliar com aspecto coriáceo, ressecamento generalizado e queda prematura das folhas. Esses sintomas resultam em redução do porte das plantas e queda acentuada na produtividade.

O ataque severo durante o período de floração do feijoeiro pode levar ao abortamento de flores, influenciando diretamente na produção de grãos. Além disso, a praga também causa redução no comprimento e número de vagens por planta, bem como no número e peso de grãos por vagem. Do ponto de vista do manejo, o controle da cigarrinha-verde envolve a adoção de práticas integradas, incluindo o uso de cultivares mais tolerantes, eliminação de plantas voluntárias e hospedeiros alternativos, semeadura em épocas menos favoráveis ao desenvolvimento do inseto, manejo adequado da adubação nitrogenada (que pode reduzir a atratividade). Quando necessário, há aplicação criteriosa de inseticidas registrados, priorizando-se produtos seletivos e estratégias que minimizem o risco de resistência (XAVIER *et al.*, 2020).

O manejo integrado de pragas do feijoeiro (MIP-Feijão), desenvolvido pela Embrapa Arroz e Feijão, constitui estratégia importante para auxiliar produtores e técnicos nas decisões de controle de forma racional e economicamente viável. Esta abordagem integrada reconhece a importância do conhecimento das pragas que causam danos reais à cultura, dos inimigos naturais das pragas, da capacidade de recuperação das plantas aos danos causados por insetos e do estabelecimento de níveis de controle ou de dano econômico, representando o número máximo de indivíduos da praga que podem ser tolerados antes que ocorra prejuízo econômico (EMBRAPA, 2021).

Estudos de validação da tecnologia MIP-Feijão em várias regiões produtoras demonstram sua eficácia: na região de Santa Helena de Goiás-GO, a utilização desta tecnologia resultou em redução de 64% nas aplicações de inseticidas, com economia de

78% no custo de controle e produtividade média de 3.030,7 quilogramas por hectare (Barbosa).

As estratégias de manejo que integram esta abordagem incluem o controle cultural, fundamentado em práticas agrícolas como rotação de culturas (alternância de soja, milho, algodão, trigo e braquiária), adequação da época de plantio e eliminação de restos culturais, que atuam para quebrar o ciclo de vida das pragas e reduzir sua incidência; o controle biológico, que preserva e conserva predadores e parasitoides naturais das pragas, promovendo o equilíbrio ecológico da lavoura; e o controle químico racional, utilizado de forma seletiva apenas quando necessário e respeitando-se os níveis de dano econômico estabelecidos, garantindo a sobrevivência dos inimigos naturais e minimizando os impactos ambientais e à saúde humana (QUINTELA, 2025).

2.4 O uso de silício no controle de doenças e pragas

O silício (Si) é o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre, constituindo aproximadamente 28% da composição do solo. Embora não seja oficialmente classificado como nutriente essencial para as plantas, desde 2015 a comunidade científica internacional reconhece o silício como um elemento benéfico, demonstrando diversos benefícios significativos para o crescimento e produtividade das culturas agrícolas, particularmente em situações de estresse biótico e abiótico. As plantas absorvem o silício exclusivamente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), transportado pelo xilema e depositado preferencialmente na forma de dupla camada de sílica-cutícula e sílica-celulose na epiderme das folhas e caules, formando uma barreira física que melhora o fortalecimento e a rigidez da parede celular (FERNANDES *et al.*, 2020).

Portanto, de acordo com os estudos realizados por Barbosa (2021), o mecanismo de ação do silício na resistência das plantas a pragas e doenças ocorre através de duas hipóteses principais: a barreira física e a barreira química. A deposição de silício na parede celular das células epidérmicas dificulta mecanicamente o desenvolvimento de patógenos fúngicos e a penetração de insetos nos tecidos das plantas, além de incrementar a fotossíntese através do melhor posicionamento das folhas para interceptação de luz solar.

Em nível bioquímico, o silício solúvel presente no interior da planta ativa o sistema de defesa natural quando agentes patogênicos infectam os tecidos, estimulando

a produção de compostos fenólicos, quitinases, peroxidases, *poliphenoloxidasas* e o acúmulo de lignina, substâncias que aumentam significativamente a resistência das plantas a infecções e ataques de insetos.

Estudos recentes, como o de Taha *et al.* (2023), demonstram a efetividade da aplicação de silício no controle da mancha de alternária em feijoeiro. Pesquisa desenvolvida com nanopartículas de selênio e nanossílica (nano-SiO₂) mostrou que a nanossílica apresentou eficácia de 77,8% no controle de *Alternaria alternata* quando aplicada em combinação com nanoselenio, em comparação com o controle não tratado. A aplicação de nano-SiO₂ isoladamente resultou em redução significativa da incidência da doença, além de aumentar em 38,3% o peso das folhas, 25,7% o número de folhas por planta, 24% a clorofila A e 17,5% a clorofila B quando comparado ao tratamento sem aplicação.

Para o controle da antracnose no feijoeiro, a aplicação foliar de fertilizante de silicato de potássio (KSi) mostrou resultados promissores em termos de redução da área abaixo da curva do progresso da doença (AACPA) e aumento da produção de grãos. Estudos conduzidos na Universidade Federal de Viçosa demonstraram que a aplicação foliar de KSi diminuiu a AACPA e aumentou a produção de grãos em 25% em comparação com plantas que não receberam aplicação. Conjectura-se que este efeito resulta tanto do impedimento direto na penetração do patógeno pela formação de uma barreira física pela deposição de fertilizante de silicato nas folhas quanto do fortalecimento dos mecanismos de defesa bioquímica da planta (CRUSCIOL *et al.*, 2013).

A aplicação foliar de ácido silícico estabilizado demonstrou aumentar significativamente os teores de silício nas folhas de feijoeiro, proporcionando aumento de 15% na produtividade de grãos. Esse incremento foi resultado principalmente do maior número de vagens por planta, sugerindo que o silício favorece a arquitetura estrutural da planta, melhorando a interceptação de luz e reduzindo o contato das vagens com o solo, minimizando as perdas por abortamento ou incidência de patógenos (SILVA *et al.*, 2023).

Em relação aos mecanismos bioquímicos induzidos pelo silício no feijoeiro, pesquisas evidenciam que o silício potencializa a atividade de enzimas fundamentais para a resistência às doenças. O aumento na concentração de lignina, proteína estrutural que fortalece a parede celular, e na atividade das enzimas fenilalanina amônia-liase (FAL) e lipoxigenase foram identificados como mecanismos importantes no aumento da

resistência do feijoeiro à antracnose quando as plantas foram supridas com silício. Adicionalmente, o silício promoveu alterações em enzimas envolvidas no metabolismo do estresse oxidativo, aumentando as atividades de ascorbato peroxidase (APX), superóxido dismutase (SOD) e glutathione redutase (GR), com consequente diminuição na produção de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (POLANCO, 2011).

O uso de pó de rocha como remineralizador de solo associado a microrganismos eficientes demonstrou elevado potencial produtivo para o feijoeiro. Um estudo conduzido em Jardim Alegre (Paraná) evidenciou que a produtividade do feijoeiro cultivado com a aplicação de pó de rocha associada a microrganismos eficientes foi 34,45% superior à produtividade das plantas do tratamento controle (sem remineralizador), o que resultou em aumento significativo do número de grãos por planta e da produção de biomassa. Esses remineralizadores, quando utilizados em associação com outros fertilizantes alternativos, suprem adequadamente as necessidades nutricionais do feijoeiro, proporcionando efeito residual em cultivos sucessivos e reduzindo a dependência de fertilizantes convencionais (BORGES; SOUZA, 2015).

O silício também desempenha papel fundamental na mitigação de estresses abióticos. Estudos demonstram que a aplicação de fertilizante de silicato de potássio foliar promove maior tolerância do feijoeiro a déficit hídrico, melhorando a eficiência do uso da água e a manutenção do teor de clorofila sob condições de estresse. Este efeito ocorre pela regulação da abertura e fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração excessiva e conservando a água disponível nas plantas (TATAGIBA *et al.*, 2024).

2.5 Benefícios ambientais e para a saúde do consumidor

Para além dos ganhos agrônômicos, o emprego do silício como indutor de resistência vegetal apresenta relevância ambiental e para a saúde do consumidor, uma vez que possibilita reduzir a dependência de defensivos químicos no manejo fitossanitário. Ao fortalecer as barreiras físicas e bioquímicas das plantas, o silício diminui a pressão de pragas e doenças e, conseqüentemente, a necessidade de aplicações de fungicidas e inseticidas, contribuindo para a redução dos custos de produção e dos impactos ambientais associados ao uso intensivo de agrotóxicos, como a contaminação do solo, da água e dos organismos não alvo (UFU, 2023).

Essa redução no uso de defensivos repercute diretamente na segurança alimentar, pois está relacionada à diminuição de resíduos de agrotóxicos nos alimentos, fator monitorado no Brasil pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária por meio do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA), cujo objetivo é mitigar o risco à saúde decorrente da exposição a essas substâncias pela dieta (ANVISA, 2024).

Soma-se a isso a maior eficiência no uso da água proporcionada pelo silício, que, ao regular a transpiração e melhorar a tolerância ao déficit hídrico, favorecem o uso racional dos recursos hídricos na agricultura. Dessa forma, o uso do fertilizante de silicato alinha-se aos princípios da sustentabilidade, agregando valor à produção ao conciliar viabilidade econômica, proteção ambiental e oferta de alimentos mais seguros ao consumidor (TATAGIBA *et al.*, 2024).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área Experimental

O experimento foi implantado e conduzido na área denominada Vale das Cruzas, com as coordenadas de latitude -20,0444053 e longitude -46,0118439, pertencente ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí, localizado no km 5 da Rodovia LMG-827, no município de Bambuí – MG. A área experimental foi devidamente preparada e delimitada para garantir a homogeneidade do solo e a execução precisa dos tratamentos propostos, conforme apresentada na Figura 01.

Figura 1 - Local do Experimento

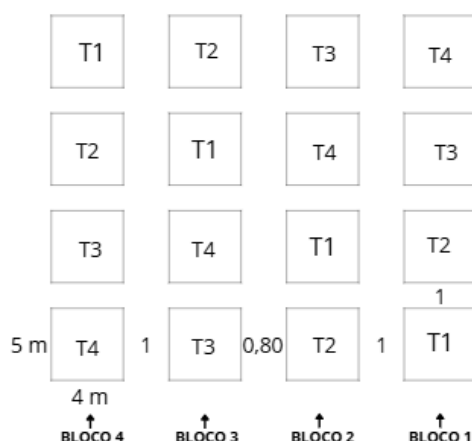


Fonte: Acervo pessoal, (2025).

A cultivar utilizada no experimento foi a BRS FC415, pertencente ao grupo comercial carioca e amplamente recomendada para sistemas produtivos que buscam equilíbrio entre produtividade e sanidade foliar. A cultivar BRS FC415 apresenta resistência à murcha de *Fusarium* e resistência moderada à murcha de *Curtobacterium*. Por outro lado, é suscetível à antracnose, crestamento bacteriano, mancha angular, ferrugem e mosaico dourado, podendo demandar maior atenção fitossanitária em condições favoráveis a essas doenças.

3.2 Delineamento Experimental

O estudo foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), composto por quatro tratamentos e quatro blocos, totalizando 16 parcelas experimentais. A área total ocupada pelo experimento foi de 432,4 m², cada parcela foi constituída de 25 m², conforme apresentado na Figura 02.

Figura 2 - Delineamento do Local do Experimento

Elaborado pela autora, ano

T1 = Testemunha (não recebeu nenhuma aplicação de defensivo químico)

T2 = Comercial (defensivos químicos) + Fertilizante orgânico de silicato

T3 = Fertilizante orgânico de silicato

T4 = Comercial (defensivos químicos)

Área Total: $18,8 \times 23 = 432,4 \text{ m}^2$

O espaçamento entre linhas e entre plantas foi definido de acordo com as recomendações técnicas da Embrapa para o cultivo do feijoeiro, que indicam o uso de arranjos variando entre 0,45 m e 0,50 m entre linhas e de 0,15 m a 0,20 m entre plantas para sistemas convencionais de produção (EMBRAPA, 2018).

Considerando essas recomendações, adotou-se no presente experimento o espaçamento de 0,50 m entre linhas e 0,20 m entre plantas, visando assegurar população adequada, bom desenvolvimento vegetativo e representatividade das avaliações realizadas ao longo do ciclo.

3.3 Semeadura

A semeadura foi realizada em 15 de maio de 2025, utilizando-se a cultivar BRS FC415. O teste de germinação preliminar indicou 92% de viabilidade, o que permitiu o cálculo de 14 sementes por metro linear. A semeadura foi efetuada manualmente, com auxílio de bambus para marcação do espaçamento, garantindo distribuição uniforme das sementes (Figura 03).

Figura 3 - Informações do Plantio

Fonte: Acervo pessoal, (2025).

Antes da semeadura, realizou-se adubação de base com a fórmula 06-30-16, aplicando-se 18 g de adubo por metro linear, nas linhas previamente marcadas com o auxílio de uma semeadora. O experimento contou com sistema de irrigação (por aspersão) controlada, a área era irrigada a cada dois dias, durante 30 a 40 minutos, de modo a assegurar o fornecimento hídrico adequado às plantas. O monitoramento do desenvolvimento inicial e das condições ambientais foi realizado de forma contínua.

3.4 Tratos Culturais e Fitossanitários

Durante o período experimental, foram executados diversos tratos culturais e fitossanitários com o intuito de assegurar o bom desenvolvimento da cultura e a uniformidade entre as parcelas. As principais intervenções foram as seguintes:

- a) 22/05/2025: Monitoramento inicial, constatando emergência de aproximadamente 80% das plântulas; controle de formigas com aplicação de fipronil nos olheiros e distribuição de iscas granuladas nas bordaduras.
- b) 29/05/2025: Novo monitoramento, confirmando a emergência total das plântulas.
- c) 04/06/2025: Aplicação dos produtos Across, Galil e Fertilizante orgânico a base de silício, conforme os tratamentos propostos no delineamento.
- d) 06/06/2025: Aplicação foliar do bioestimulante Vitan, objetivando promover estímulo nutricional às plantas.

- e) 25/06/2025: Pulverização dos produtos Verdavis, Fertilizante orgânico a base de silício e Tebuconazol, de acordo com os tratamentos específicos.
- f) Aplicação de Manganês Ultra, visando suprir a demanda nutricional do micronutriente.

PRODUTO	INGREDIENTES	APLICAÇÃO	DOSE	DATA	TRATAMENTOS
ACROSS®	¹ Azoxistrobina, Clorotalonil e Difenoconazol	Foliar	14 mL	04/06/2025	T2 e T4
GALIL®	² Imidacloprido e Bifentrina	Foliar	80 mL	04/06/2025	T2 e T4
FERTILIZANTE DE SILICATO	⁵ CaO, MgO, SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃ , H ₂ O, Pe ₂ O ₃ , Na ₂ O e K ₂ O	Foliar	25 g / 15 g	04/06 e 25/06	T2 e T3
VITAN®	³ Aminoácidos	Foliar	73 mL	06/06/2025	Todos os tratamentos
VERDAVIS®	² Isoxazolina e Piretróide	Foliar	15 mL	25/06/2025	T2 e T4
ACTARA®	² Neonocotinoide	Foliar	20 mL	25/06/2025	T2 e T4
TEBUCONAZOL ®	¹ Tebuconazol	Foliar	9 mL	25/06/2025	T2 e T4
MANGANÊS ULTRA	⁴ Micronutriente	Foliar	0,08 g	11/06/2025	Todos os tratamentos

¹ Fungicidas. ² Inseticidas. ³ Bioestimulante. ⁴ Fertilizante foliar. ⁵ Indutor de resistência

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

As avaliações foram conduzidas ao longo do ciclo da cultura com o objetivo de quantificar a incidência de doenças foliares, a presença de pragas e o desenvolvimento vegetativo das plantas, deste modo, para a avaliação da incidência da mancha-de-alternária (*Alternaria alternata*), realizada em 04 de julho de 2025, foram selecionadas 10 plantas centrais por bloco, concentrando-se a análise no terço médio para o superior da planta, onde os sintomas se apresentavam de forma mais evidente em função do estágio fenológico.

A incidência foi determinada por inspeção visual direta, registrando-se a presença de lesões circulares ou alongadas, bem como a extensão de áreas necróticas compatíveis com o patógeno. Nas mesmas plantas utilizadas para a avaliação da doença,

procedeu-se à mensuração da altura, empregando-se uma trena graduada, considerando a distância do colo até o ápice da haste principal, com o intuito de relacionar possíveis impactos fitossanitários sobre o crescimento. A Figura 4 apresenta o silício utilizado.

Figura 4 - Silício utilizado



Fonte: Acervo pessoal, (2025).

A avaliação da infestação por ninfas de cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) seguiu protocolo semelhante, também envolvendo 10 plantas por bloco e concentrando-se a observação no terço médio das plantas, região preferencial de ataque do inseto. A contagem das ninfas foi realizada com auxílio de lupa de mão, permitindo identificar indivíduos jovens de pequeno porte e coloração esverdeada, fixados predominantemente na face inferior das folhas. Este procedimento possibilitou quantificar de maneira acurada a intensidade da infestação e sua variação entre os tratamentos avaliados.

A contagem de ninfas de cigarrinha-verde foi realizada em 17 de julho de 2025, no terço superior das plantas, devido ao acamamento da cultura.

As aplicações fitossanitárias foram realizadas ao longo do ciclo da cultura com o objetivo de manter o adequado manejo das pragas e doenças presentes na área experimental e possibilitar a avaliação dos efeitos do fertilizante de silicato, produto testado neste estudo. A primeira aplicação ocorreu em 04 de junho de 2025, utilizando-se Across® (14 mL/ha), fungicida registrado para o controle de doenças foliares; Galil® (80 mL/ha), inseticida de contato e ingestão; e Fertilizante de silicato (25 g/ha), diluídos em 10 L de calda.

As aplicações subsequentes foram realizadas, ambas seguindo a mesma metodologia de preparo de calda e direcionadas aos tratamentos que envolveram manejo químico. Na segunda aplicação realizada em 11 de junho de 2025, foram incluídos Fertilizante de silicato (15 g/ha), Verdavis® (15 mL/ha) (inseticida), Actara® (20 mL/ha) (inseticida sistêmico), e Tebuconazol® (9 mL/ha), fungicida amplamente utilizado no manejo de patógenos foliares. Além disso, foi aplicada uma dose de Manganês Ultra, destinada exclusivamente ao suprimento do micronutriente, sem efeito fitossanitário direto.

3.5 Colheita e Avaliações

A colheita foi realizada manualmente no dia 8 de setembro de 2025, quando as plantas atingiram a maturação fisiológica. Em cada bloco experimental, foi delimitada uma área de 9 m² no centro do bloco, da qual todas as plantas foram colhidas integralmente, procedimento adotado com o objetivo de garantir representatividade amostral e evitar interferências decorrentes de variações na densidade de plantas entre os blocos.

Após a colheita, as plantas provenientes da área delimitada foram debulhadas manualmente, separando-se integralmente os grãos das vagens. Em seguida, os grãos passaram por peneiramento, com o objetivo de remover impurezas como fragmentos de palha, solo e material vegetal residual, garantindo a padronização das amostras para as análises subsequentes.

Também foi determinado o Peso de Mil Sementes (PMS), o qual foi calculado por meio da contagem manual das sementes até a composição de uma amostra-padrão, seguida de pesagem em balança apropriado, desse modo, esses procedimentos permitiram quantificar com maior precisão o desempenho produtivo e a qualidade física das sementes em cada tratamento.

As avaliações laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Fitopatologia do IFMG, onde cada amostra foi analisada quanto ao peso total dos grãos obtidos nos 9 m² de cada bloco, utilizando-se balança de precisão.

Também foi determinado o teor de umidade dos grãos, por meio de medidor digital específico, assegurando-se que a umidade estivesse dentro do padrão adequado para comparação entre tratamentos. Além disso, realizou-se a determinação do Peso de Mil Sementes (PMS), mediante contagem manual das sementes até a composição da

amostra padrão e posterior pesagem em balança de precisão, com os valores corrigidos para 13% de umidade.

As variáveis avaliadas no experimento foram as seguintes:

- a) Altura de plantas (cm): mensurada com trena graduada, utilizando-se 10 plantas por bloco;
- b) Incidência de Alternária (*Alternaria alternata*): avaliada visualmente no terço médio-superior de 10 plantas por bloco;
- c) Infestação de ninfas de cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*): quantificada em 10 plantas por bloco com auxílio de lupa manual;
- d) Peso total de grãos por parcela (kg/ha): obtido pela pesagem da produção em 9 m² por bloco.

3.6 Análise Estatística

Os dados obtidos para todas as variáveis quantitativas foram submetidos inicialmente à análise de variância (ANOVA), utilizando-se o *software* R, adotando-se o nível de significância de 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Nos casos em que a ANOVA indicou efeito significativo dos tratamentos, procedeu-se ao teste de agrupamento de médias *Scott-Knott*, a 5% de probabilidade, para discriminar diferenças estatísticas entre os tratamentos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Altura das Plantas

A variável altura de plantas apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, revelando o impacto do manejo nutricional e fitossanitário no desenvolvimento vegetativo do feijoeiro. Os dados obtidos demonstram que os tratamentos T2 (Comercial + Fertilizante de silicato) e T4 (Comercial) foram responsáveis pelas maiores alturas médias, pertencendo ao grupo superior segundo o teste de *Scott-Knott*, com médias de 37,91 cm e 36,77 cm, respectivamente. Já os tratamentos T1 (Testemunha) e T3 (Fertilizante de silicato) permaneceram no grupo inferior, com médias de 26,27 cm e 25,00 cm (Tabela 1).

Tabela 1 – Efeito dos tratamentos sobre Altura média das plantas (cm)

TRATAMENTO	PRODUTO	ALTURA MÉDIA DA PLANTA (cm)
T2	¹ Across + Galil + Fertilizante de Silicato	37,91 a
	² Verdavis + Actara + Tebuconazol + Fertilizante de Silicato	
T4	¹ Across + Galil	36,77 a
	² Verdavis + Actara + Tebuconazol	
T1	Testemunha- Tratamento onde não foi aplicado nenhum produto químico e nem fertilizante à base de silicato	26,27 b
T3	¹ Fertilizante orgânico a base de silício	25,00 b
	² Fertilizante orgânico a base de silício	

¹ Primeira aplicação realizada na data 04/06. ² Segunda aplicação realizada na data 25/06 * Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste *Scott knott* a 5% de significância.

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

A superioridade dos tratamentos T2 e T4 pode ser atribuída ao fornecimento equilibrado de nutrientes e bioestimulantes presentes nos produtos comerciais, favorecendo maior expansão foliar, alongação de entrenós e eficiência no aproveitamento de luz, ou seja, esse comportamento é coerente com os achados de Crusciol *et al.* (2020), que destacam que plantas com melhor sanidade foliar e maior disponibilidade de micronutrientes apresentam maior taxa fotossintética e incremento de biomassa total.

Além disso, o desempenho inferior de T1 e T3 revela um fator importante, no qual se pode mencionar que embora o fertilizante de silicato tenha contribuído para redução da Alternária e menor infestação de cigarrinha, seus efeitos sobre o crescimento vegetativo são mais dependentes da interação com outros nutrientes. Isso está de acordo com Soares *et al.* (2021), que afirmam que o silício frequentemente exerce efeitos

indiretos sobre parâmetros morfológicos, promovendo maior tolerância a estresses, porém não necessariamente elevando crescimento quando aplicado isoladamente.

Esse conjunto de resultados reforça que o manejo baseado exclusivamente no fertilizante de silicato pode ser suficiente para controle de doenças, mas a combinação com nutrientes e bioestimulantes, como no tratamento T2, tende a proporcionar desenvolvimento vegetativo mais vigoroso, refletindo em maior área foliar, maior interceptação luminosa e potencial produtivo mais elevado.

4.2 Avaliação de doenças foliares (Mancha-de-Alternária)

A incidência da mancha-de-alternária apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($p = 0,00882$), conforme demonstra a análise de variância. Esse resultado confirma que as aplicações exercem impacto real sobre a intensidade da doença, reforçando a sensibilidade da cultura às condições de manejo fitossanitário (Tabela 2).

Tabela 2 - Incidência de Alternária

<i>Fonte de variação</i>	<i>DF</i>	<i>Sum Sq</i>	<i>Mean Sq</i>	<i>F value</i>	<i>Pr(>F)</i>
<i>Tratamento</i>	3	5.33	1.7750	4.008	0.00882
<i>Bloco</i>	1	0.40	0.4050	0.914	0.34042
<i>Resíduos</i>	155	68.64	0.4429	—	—

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

O teste de *Scott-Knott* (Tabela 3) revelou que o tratamento T3 (fertilizante de silicato isolado) apresentou a menor incidência média (0,375), diferenciando-se estatisticamente dos demais tratamentos, posicionados no grupo “a”. Esse resultado confirma o papel do silício como indutor de resistência, reduzindo a progressão da doença.

Tabela 3 - Efeito dos tratamentos sobre a incidência de Alternária na cultura do feijão

TRATAMENTO	PRODUTO	INCIDÊNCIA MÉDIA
T1	Testemunha- Tratamento onde não foi aplicado nenhum produto químico e nem	0.825 a

fertilizante à base de silicato		
	¹ Across + Galil	
T4	² Verdavis + Actara + Tebuconazol	0.800 a
	¹ Across + Galil + Fertilizante de Silicato	
T2	² Verdavis + Actara + Tebuconazol + Fertilizante de Silicato	0.750 a
	¹ Fertilizante de Silicato	
T3	² Fertilizante de Silicato	0.375 b

¹ Primeira aplicação realizada na data 04/06. ² Segunda aplicação realizada na data 25/06 *

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott knott a 5% de significância.

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

Esse comportamento está totalmente coerente com o discutido por Taha *et al.* (2023) e Crusciol *et al.* (2013), que evidenciam que o silício, ao ser absorvido como ácido monossilícico, deposita-se na epiderme foliar formando uma dupla camada de sílica-cutícula, além de induzir mecanismos bioquímicos como produção de fenóis, peroxidases, lignina e enzimas de defesa.

Dessa forma, o fertilizante de silicato aplicado isoladamente mostra-se capaz de reduzir a progressão da Alternária ao combinar barreiras físicas e bioquímicas, como corroborado por Barbosa (2021), assim, o resultado encontrado nesta pesquisa confirma o potencial do silício como ferramenta eficiente na redução da severidade de doenças foliares no feijoeiro.

4.3 Avaliação de pragas (Ninfas de cigarrinha-verde)

A análise estatística referente à infestação de ninfas de cigarrinha-verde revelou diferença significativa entre os tratamentos ($p = 1.82 \times 10^{-13}$), demonstrando que as aplicações influenciaram diretamente a presença do inseto nas plantas (Tabela 4).

Tabela 4 - Infestação de Cigarrinha-verde

FONTES DE VARIÇÃO	DF	SUM SQ	MEAN SQ	F VALUE	PR(>F)
TRATAMENTO	3	206.8	68.95	25.504	1.82e-13
BLOCO	1	0.0	0.00	0.002	0.966
RESÍDUOS	155	419.0	2.70	—	—

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

Já o teste *Scott-Knott* organizou os tratamentos em dois grupos distintos: Grupo a: T1 (5,125 ninfas/planta); Grupo b: T2, T3 e T4 (variação entre 2,125 e 2,95 ninfas/planta), conforme é destacado na Tabela 5.

Tabela 5 – Efeito dos tratamentos sobre o número médio de cigarrinhas-verdes

TRATAMENTO	PRODUTO	NÚMERO MÉDIO DE INSETOS /PLANTA
T1	Testemunha- Tratamento onde não foi aplicado nenhum produto químico e nem fertilizante à base de silicato	5,125 a
	¹ Fertilizante de Silicato	
T3	² Fertilizante de Silicato	2,950 b

	¹ Across + Galil + Fertilizante de Silicato	
T2	² Verdavis + Actara + Tebuconazol + Fertilizante de Silicato	2,700 b
	¹ Across + Galil	
T4	² Verdavis + Actara + Tebuconazol	2,125 b

¹ Primeira aplicação realizada na data 04/06. ² Segunda aplicação realizada na data 25/06 *

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott knott a 5% de significância.

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

Esses resultados mostram que qualquer tratamento que continha fertilizante de silicato ou produtos comerciais reduziu expressivamente a infestação, enquanto a testemunha permaneceu com alta densidade do inseto. Verificou-se maior incidência no tratamento T1, com média de 7 a 9 ninfas por planta, enquanto os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram redução expressiva da população do inseto, variando entre 1 e 3 ninfas por planta.

O conjunto dessas avaliações permitiu caracterizar a condição fitossanitária das plantas ao longo do ciclo, fornecendo dados essenciais para a interpretação dos efeitos dos tratamentos, especialmente aqueles envolvendo o uso de fertilizante de silicato como indutor de resistência.

Destarte, no que tange ao ponto de vista fisiológico, esse desempenho colabora com os achados de Barbosa (2021), que menciona que a presença de silício aumenta a rigidez das paredes celulares, reduzindo a atratividade e dificultando a alimentação de insetos sugadores. Além disso, espécies de insetos da família *Cicadellidae* tendem a ser altamente sensíveis a variações estruturais e químicas do tecido foliar, o que explica a queda de infestação nos tratamentos contendo silício.

4.4 Avaliação de produtividade

A variável produtividade não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p = 0,522$), conforme indica a ANOVA apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Análise de variância da produtividade do feijoeiro nos tratamentos avaliados

FONTE DE VARIAÇÃO	DF	SUM SQ	MEAN SQ	F VALUE	PR(>F)
TRATAMENTO	3	418878	139626	0.791	0.522
RESÍDUOS	12	2119070	176589	—	—

Fonte: Dados da pesquisa, (2025).

O teste de agrupamento mostrou que todos os tratamentos pertencem ao mesmo grupo estatístico. Apesar disso, observa-se uma tendência de aumento numérico da produtividade nos tratamentos com produtos comerciais (T2 e T4) e especialmente no tratamento T3 (fertilizante de silicato isolado), que apresentou média intermediária entre eles. A ausência de significância estatística não invalida os ganhos fisiológicos observados ao longo do ciclo, como redução da incidência de *Alternária* e queda da infestação da cigarrinha-verde nos tratamentos com silício.

Esse comportamento está de acordo com os achados na literatura, que indicam que os efeitos do silício sobre produtividade podem não ocorrer de forma direta, mas sim como consequência de melhorias fitossanitárias, como proposto por Crusciol *et al.* (2013) e Silva *et al.* (2023), assim, apesar de os efeitos produtivos não terem sido estatisticamente significativos, o uso do fertilizante de silicato demonstrou potencial agrônomo importante no manejo sustentável do feijoeiro, especialmente no controle de doenças e pragas.

4.5 Ocorrência de geada e efeitos fisiológicos

As condições climáticas durante grande parte do ciclo foram favoráveis ao desenvolvimento vegetativo, o que contribuiu para o estabelecimento uniforme das plantas, entretanto, ao longo do período experimental ocorreu um episódio de geada, acompanhado de queda acentuada de temperatura, evento que impactou o desenvolvimento da cultura e influenciou diretamente o comportamento fitossanitário das plantas nas semanas seguintes. Essa condição adversa deve ser considerada na interpretação dos resultados, sobretudo no que diz respeito à expressão de sintomas foliares e ao desempenho produtivo.

Durante o período de avaliação, foi registrada uma geada em 31 de julho de 2025, afetando parte das parcelas experimentais. O impacto foi mais perceptível nos tratamentos T1 e T2, que apresentaram travamento no crescimento e necrose em folhas apicais. Nas parcelas tratadas com fertilizante de silicato (T3), observou-se menor dano aparente, sugerindo efeito protetor do produto, possivelmente associado à maior espessura cuticular e à melhor retenção hídrica das folhas, conforme descrito por Tatagiba *et al.* (2018) e Polanco *et al.* (2019).

Após o evento climático, novos monitoramentos foram realizados em 01 de agosto, constatando recuperação parcial das plantas nos tratamentos com fertilizante de silicato, enquanto as testemunhas mantiveram sintomas de estresse. Esse comportamento reforça o potencial do fertilizante de silicato como agente mitigador de estresses abióticos, aspecto amplamente discutido por Soares *et al.* (2021) e Crusciol *et al.* (2020).

A observação de menor dano em parcelas tratadas com fertilizante de silicato é coerente com os achados de Tatagiba *et al.* (2024), que destacam que o silício atua como mitigador de estresses abióticos, melhorando retenção hídrica, estabilidade de membranas e eficiência fotossintética. Essa resposta pode estar relacionada aos resultados positivos observados tanto na incidência da Alternária quanto na redução de ninfas, reforçando o papel multifuncional do silício na fisiologia do feijoeiro.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos no presente estudo permitem concluir que o uso do fertilizante de silicato apresentou efeito positivo no manejo fitossanitário do feijoeiro, especialmente no controle da mancha-de-alternária (*Alternaria alternata*). O tratamento com fertilizante de silicato aplicado de forma isolada destacou-se por reduzir significativamente a incidência da doença em comparação à testemunha e aos tratamentos com manejo exclusivamente comercial, evidenciando o potencial do silício como indutor de resistência vegetal. Além disso, observou-se redução expressiva na infestação de ninfas de cigarrinha-verde (*Empoasca kraemeri*) nos tratamentos que receberam silício, indicando efeito indireto sobre pragas sugadoras, possivelmente relacionadas ao fortalecimento estrutural e às alterações fisiológicas induzidas nas plantas.

Quanto aos parâmetros produtivos e de crescimento, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na produtividade entre os tratamentos, embora tenha constatada tendência de maiores rendimentos nos tratamentos que receberam produtos comerciais e fertilizante de silicato.

Em relação à altura das plantas, os maiores valores foram registrados nos tratamentos com manejo comercial, isolado ou associado ao silicato, indicando que o silício, quando aplicado isoladamente, contribui de forma mais consistente para a sanidade das plantas do que para o crescimento vegetativo. Ressalta-se ainda que a ocorrência de geada durante o ciclo da cultura interferiu no desenvolvimento das plantas, observado menor dano fisiológico nos tratamentos com aplicação de fertilizante de silicato, sugerindo efeito mitigador frente a estresses abióticos.

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se estudos futuros que avaliem o uso do fertilizante de silicato em diferentes doses, épocas de aplicação e formas de fornecimento (solo e foliar), bem como sua interação com distintos níveis de adubação nutricional. Também se sugere a condução de experimentos em diferentes condições edafoclimáticas e safras, com maior número de ciclos agrícolas, a fim de verificar efeitos residuais do silício no solo e sua influência em longo prazo na produtividade do feijoeiro. Essas abordagens poderão contribuir para o aprimoramento do manejo sustentável da cultura, ampliando o uso do silício como ferramenta complementar no controle de pragas, doenças e estresses ambientais.

REFERÊNCIAS

- ABRANCHES, Jorge Luiz. Uma Revisão Geral: Alguns Aspectos Da Fertilização Foliar e Fertigação Na Cultura do Feijão no Brasil. **Programa Educativo e Social JC na Escola: Ciência Alimentando o Brasil**, p. 335-353, 2018.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos – PARA**. Brasília: Anvisa, [s. d.]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- ARAÚJO, Danielle Silva et al. Efeitos hipoglicêmicos do feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) em roedores com diabetes mellitus. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 30, 2023.
- BARBOSA, Rhamille Larissa Pereira. **Silício como agente indutor de resistência a pragas na cultura da soja**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, *Campus Monte Carmelo*, Monte Carmelo, 2021.
- BORGES, Tatykelly Alves; SOUZA, Fred Newton Silva. Utilização de um remineralizador de solos em associação com outras fontes alternativas de nutrientes no manejo agroecológico do feijão caupi. **Agri-environmental Sciences**, v. 1, n. 2, 2015.
- CANALE, Maria Cristina et al. Pragas e doenças do feijão: diagnose, danos e estratégias de manejo. **Boletim Técnico**, n. 197, 2020.
- CARBONELL, S. et al. A planta e o grão do feijão e as firmas de apresentação aos consumidores. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**, p. 101-116, 2021.
- CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR (CONAFER). **Feijão, o alimento mais brasileiro mostra a força da agricultura familiar**. 2020. Disponível em: <https://conafef.org.br/feijao-o-alimento-mais-brasileiro-mostra-a-forca-da-agricultura-familiar/>. Acesso em: 25 out. 2025.
- CRUSCIOL, Carlos Alexandre Costa et al. Aplicação foliar de ácido silícico estabilizado na soja, feijão e amendoim. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 404-410, abr./jun. 2013.
- DOMENE, S.; GHEDINI, N. S. R. V.; STELUTI, J. Importância nutricional do arroz e do feijão. **Arroz e feijão: tradição e segurança alimentar**, p. 147-163, 2021.

EMBRAPA. **Fundamentos para uma agricultura sustentável, com ênfase na cultura do feijoeiro.** Disponível em: <https://share.google/EIY5A3o8P8SJVmW3d>. Acesso em: 1 out. 2025.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro.** Brasília, DF: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao>. Acesso em: 1 out. 2025.

EMBRAPA. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos.** 2. ed. rev. e ampl. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2018. Reimpressão 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085830/conhecendo-a-fenologia-do-feijoeiro-e-seus-aspectos-fitotecnicos>. Acesso em: 1 out. 2025.

EMBRAPA. **Feijão: socioeconomia.** In: EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica. Feijão: pré-produção. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/socioeconomia>. Acesso em: 1 out. 2025.

FERNANDES, Stefania et al. Aplicação de silício aumenta a produtividade de grãos de amendoim. **South American Sciences**, v. 1, n. 1, p. e2046-e2046, 2020.

FREITAS, F. de O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, p. 1199-1203, 2006.

KINHAMA, Victorino Correia et al. Avaliação laboratorial do efeito de extratos de *Azadirachta indica* no controle de Insetos-Praga. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 4, n. 2, 2022.

MORAES, Maria Heloisa Duarte de; MENTEN, José Otávio Machado. Transmissão de *Alternaria* spp. através de sementes de feijão e seu efeito sobre a qualidade fisiológica das sementes. **Summa Phytopathologica**, v. 32, p. 381-383, 2006.

OLIVEIRA, Gilmara Martins et al. Mapeamento da cadeia produtiva do feijão-comum no Brasil. **Revista Economia Política do Desenvolvimento**, v. 14, n. 32, p. 96-122, 2023.

PELEGRINI, Djalma Ferreira; BEZERRA, Luiza Maria Capanema; HASPARYK, Rebecca Gramiscelli. Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades. **Informe Agropecuário**, v. 38, n. 298, p. 84-91, 2017.

POLANCO, Leonorá Rodriguez. **Controle da antracnose do feijão com silício e molibdênio e mecanismos de resistência potencializados pelo silício**. 2011. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

QUINTELA, E. D. **Manejo integrado de pragas - Feijão**. Embrapa Arroz e Feijão, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/producao/pragas/manejo-integrado-de-pragas>. Acesso em: 26 nov. 2025.

SILVA, João Henrique Barbosa et al. Técnicas agronômicas visando o aumento da produção e qualidade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): Uma revisão integrativa. **Scientific Electronic Archives**, v. 16, n. 12, 2023.

SOARES, Cristiano et al. **Silicon improves the redox homeostasis to alleviate glyphosate toxicity in tomato plants: are nanomaterials relevant?** *Antioxidants*, Basel, v. 10, n. 8, art. 1320, 2021. DOI: 10.3390/antiox10081320. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10081320>. Acesso em: 26 nov. 2025.

SOLDATELLI, Pâmella et al. Sobrevivência, viabilidade e controle de *Alternaria* sp. em sementes de feijão. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 3, p. 193-198, 2017.

TAHA, Naglaa A. et al. Nanofungicidas with selenium and silicon can boost the growth and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and control *Alternaria* leaf spot disease. **Microorganisms**, v. 11, n. 3, p. 728, 2023.

TATAGIBA, Dan et al. Uso do silício no crescimento e produção do feijoeiro submetido a diferentes condições hídricas. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 3, 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Silício aumenta resistência das plantas e diminui uso de defensivos**. *Comunica UFU*, Uberlândia, 16 out. 2023. Atualizado em: 18 out. 2023. Disponível em: <https://comunica.ufu.br/noticias/2023/10/silicio-aumenta-resistencia-das-plantas-e-diminui-uso-de-defensivos>. Acesso em: 23 maio 2026.

XAVIER, Francisca Arila Maciel et al. Comportamento de genótipos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp., Fabaceae) sob infestação de *Empoasca* sp. (Hemiptera: Cicadellidae) e *Liriomyza* sp. (Diptera: Agromyzidae) em Redenção, Ceará, Brasil. **Paubrasilia**, v. 3, n. 1, p. 18-23, 2020.

WANDER, Alcido Elenor; SILVA, Osmira Fatima da. **Socioeconomia: importância socioeconômica**. In: EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica. Feijão: pré-produção. Brasília, DF: Embrapa, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/feijao/pre-producao/socioeconomia>. Acesso em: 25 out. 2025.

WENDLAND, Adriane; LOBO JUNIOR, M.; DE FARIA, J. C. **Manual de identificação das principais doenças do feijoeiro-comum**. Brasília, DF: Embrapa, 2018.