



BACHARELADO EM AGRONOMIA

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO COMUM COM USO DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM SOLO DO CERRADO

LUANA SCHMITT

Posse, GO

2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS POSSE**

BACHARELADO EM AGRONOMIA

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO COMUM COM USO
DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM SOLO DO CERRADO**

LUANA SCHMITT

Trabalho de curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Posse, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia

Orientador (a): Dra. Natalia Trajano de Oliveira Melville

Posse - GO
Dezembro, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

S355c Schmitt, Luana
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO COMUM COM USO
DE SILICATO DE CÁLCIO E MAGNÉSIO EM SOLO DO CERRADO /
Luana Schmitt; orientadora Dra. Natalia Trajano de
Oliveira Melville . -- Posse, 2022.
30 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Agronomia) --
Instituto Federal Goiano, Campus Posse, 2022.

1. Agrosilício . 2. Calagem. 3. Phaseolus
vulgaris. I. Melville , Dra. Natalia Trajano de
Oliveira , orient. II. Título.



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

Documentos 1/2023 - CE-POS/GE-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

Repositório Institucional do IF Goiano - RIIIF Goiano

Sistema Integrado de Bibliotecas

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

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

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo da Autora: Luana Schmitt

Matrícula: 2018107200240010

Título do Trabalho: Crescimento e produção do feijoeiro comum com uso de silicato de cálcio e magnésio em solo do cerrado

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: __/__/____

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro Sim Não
ou artigo científico?

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

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

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

Posse, 02/02/2023

Assinatura da Autora e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) responsável

Documento assinado eletronicamente por:

- Luana Schmitt, 2018107200240010 - Discente, em 02/02/2023 09:35:22.
- Lucas Felisberto Pereira, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - CCBAGR-POS, em 02/02/2023 09:33:27.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/01/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 457801
Código de Autenticação: fce7dd6c2a





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

CAMPUS POSSE

ANEXO

LUANA SCHMITT

Trabalho de Curso defendido e aprovado em 20/12/2022 pela banca examinadora constituída pelos membros:

Natalia Trajano de O. melville

Natália Trajano de Oliveira Melville -1929906

(Presidente da Banca)

Lucas Vidal de Meireles

Lucas Vidal de Meireles-3094831

(Banca Examinadora)

Marcelo Zolin Lorenzoni

Marcelo Zolin Lorenzoni-3086764

(Banca Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à minha família, pelo grande apoio e motivação para minha formação.

Aos meus pais, Leopoldo Schmitt e Melina Schmitt, minha irmã Thais Schmitt, meu esposo Sergio Pereira Cebulski, pelo empenho e ajuda para que concluísse meus estudos.

À professora Dra. Natália Trajano de Oliveira Melville, pelo auxílio e orientações em todas as etapas, pela ajuda e compreensão para solução de alguns entraves no decorrer do trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano, campus Posse, pela oportunidade de fazer o curso de Agronomia.

Á todos os amigos que eu fiz no desenvolver do curso.

E o mais importante a Deus, pela sabedoria em todos os momentos dentro e fora da universidade.

RESUMO

SCHMITT, Luana. **Crescimento e produção do feijoeiro comum com uso de silicato de cálcio e magnésio em solo do cerrado.** 27p Monografia (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Posse, Posse, GO, 2022.

Os solos do Cerrado apresentam pontos limitantes para a produção, como texturas arenosas, pH ácido e baixa fertilidade, sendo assim é imprescindível o uso da calagem e adubação. Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e a produção do feijoeiro comum, BRS FC-104 (grupo comercial carioca), com a utilização do silicato de cálcio e magnésio como corretivo de solo. O ensaio foi desenvolvido em casa de vegetação da Escola Fazenda do Instituto Federal Goiano - Campus Posse, Goiás. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos e oito repetições, (T1 correção do solo com silicato de cálcio e magnésio); (T2 correção do solo com calcário dolomítico); (T3 tratamento controle, sem uso de correção). Foi avaliado o crescimento da planta e aspectos produtivos do feijoeiro. Com base na análise das variáveis de crescimento e produtividade da planta foi possível observar que o uso de silicato de cálcio e magnésio como corretivo de solo se mostrou eficiente em aspectos de produtividade do feijoeiro, entretanto o crescimento e desenvolvimento da cultura se mostrou inferior em relação ao uso de calcário dolomítico.

Palavras-chave: Agrosilício; Calagem; *Phaseolus vulgaris*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estádios fenológicos do feijão.....	14
Figura 2 Disponibilidade de nutrientes em diferentes valores de pH do solo.....	17
Figura 3 Área de coleta do solo.....	19
Figura 4 Tratamento de sementes de feijão e plantio em vasos.....	20
Figura 5 Crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão com uso de diferentes corretivos de solo.....	22
Figura 6 Características de produção do Feijoeiro BRS FC104 com uso de diferentes corretivos de solo.....	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Características químicas e físicas do solo em camada de 0-20cm.....	19
Tabela 2 Características de crescimento do Feijoeiro BRS FC104 em função do uso de diferentes corretivos em solos do Cerrado.....	24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVO GERAL.....	12
2.1 Objetivos Específicos.....	12
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 Cultura do Feijoeiro.....	12
3.2 Produção de Feijão no Brasil.....	14
3.3 Recomendações de Calagem para o Feijoeiro Comum.....	16
3.4 Uso de Silício no Feijoeiro.....	17
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6 CONCLUSÕES.....	26
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1 INTRODUÇÃO

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é considerado uma das culturas mais produzidas nos últimos anos, tanto no Brasil, como em todo o mundo. Apresenta grande importância agrícola, pois é um alimento com alto valor nutricional e protéico para a alimentação humana (TOLEDO *et al.*, 2009). No cultivo do feijão, diversos são os fatores que podem afetar sua produtividade, sobretudo as doenças, problemas hídricos e nutricionais (HIOLANDA *et al.*, 2018).

Devido a acidez e a baixa fertilidade natural dos solos do Cerrado, ocorrem diversos problemas com a produção de grãos. A utilização de calcário para controlar a acidez e dessa forma disponibilizar mais nutrientes as plantas é a forma mais utilizada de correção de solo. Todavia a utilização de silicatos pode ser um meio alternativo de correção devido à sua menor solubilidade e o oferecimento de silício (Si) (CASTRO e CRUSCIOL, 2013). O silício é um elemento benéfico para as plantas e seus efeitos nas culturas têm sido amplamente divulgados, principalmente quando as plantas são submetidas a estresses bióticos e abióticos como ataque de patógenos, pragas e/ou estresse hídrico (DEBONA *et al.*, 2017).

O silício quando absorvido pela planta é depositado na parede celular fortalecendo-a, dessa forma a planta fica menos susceptível o ataque de pragas e doenças (DALASTRA *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2011). Os silicatos de cálcio e magnésio possuem o poder de corrigir a acidez do solo, pela formação de hidroxilas que neutralizam íons H⁺ da solução do solo (LIMA FILHO, 2011). Ao se acumularem na parede celular formam uma barreira mecânica que impede a penetração de patógenos (NASCIMENTO *et al.*, 2017). Paula Júnior *et al.* (2009), encontraram efeitos positivos na menor incidência de mofo branco em feijão com a utilização de silicato de cálcio sem afetar o rendimento produtivo.

Outros benefícios podem ser atribuídos a utilização de silicatos de cálcio e magnésio para as plantas é a diminuição da transpiração foliar, ocorre maior acúmulo de matéria seca, pode contribuir para o aumento de folhas, pode haver incrementos na taxa fotossintética, contribui para a diminuição de acamamento (EPSTEIN, 1999).

Destacando o cálcio e o silício, esses elementos têm conferindo resistência de plantas a patógenos, reduzindo dessa forma severidade a diversas doenças (POZZA *et al.*, 2004; YAMADA, 2004). Ambos os nutrientes são absorvidos por fluxo em massa pelas plantas junto com a água do solo e são translocados principalmente para os órgãos de transpiração onde se acumulam e são transportados para os frutos (BARBOSA *et al.*, 2002; BLAKENAU, 2007).

Crusciol *et al.* (2013), encontraram que produtos da dissociação de silicatos alcançam camadas mais profundas (abaixo da camada arável) do solo após 18 meses da aplicação. Os autores afirmam que os silicatos possuem maior eficiência que a cal na diminuição de alumínio tóxico e proporciona maior disponibilidade de fósforo. Esses benefícios foram comprovados no cultivo do feijão sendo evidenciado o aumento da produtividade com utilização de silicatos quando comparado a calagem tradicional.

Para o cultivo de feijão na região do Cerrado torna-se necessário reduzir pontos que podem ser limitantes para a produção. Dessa forma, novas alternativas estudadas e lançadas no mercado, para melhorar o pH do solo e incrementar nutrientes benéficos ou essenciais para as culturas como o uso dos silicatos de cálcio e magnésio podem se constituir de alternativas para o sucesso da produção.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento e a produção do feijoeiro comum com uso de silicato de cálcio e magnésio em solo do Cerrado.

2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar as diferenças no crescimento e desenvolvimento do feijoeiro comum cultivar BRS FC104 (grupo carioca) em resposta a utilização de silicato de cálcio e magnésio.
- Verificar a características produtivas do feijoeiro em resposta a utilização de diferentes corretivos de solo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultura do Feijoeiro

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris L.*) é uma leguminosa de grande importância agrícola e alimentar, amplamente distribuído em todo o território brasileiro, cultivado especialmente por pequenos e médios produtores (CARNEIRO *et al.*, 2015). É uma planta pertencente à família das leguminosas, Fabaceae, que possui a característica de possuir vagem.

A produção nacional de feijão-comum é realizada uma diversidade de produtores, em quase todas as regiões do país, com diferentes níveis tecnológicos e econômicos. Entretanto os pequenos produtores advindos da agricultura familiar são os grandes responsáveis pela produção de feijão no Brasil. A maior parte da produção é destinada ao autoconsumo das famílias, especialmente quando o cultivo é oriundo da agricultura familiar. Todavia, há

produtores que destinam sua produção ao comércio recebendo preços atrativos, mesmo com as oscilações decorrentes ao longo dos anos e de uma safra para outra, servindo de estímulos para a permanência na atividade (SILVA e WANDER, 2013).

Quanto a sua produção, é considerada incomum devido a possibilidade de se conseguir extrair três safras por ano. A primeira safra, também chamada de “safra das águas” é cultivada entre os meses de agosto a novembro. A segunda safra chamada de “safra da seca” é comumente cultivada nas regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e em único período de plantio no Norte em que há o consórcio com milho. Essa safra é realizada entre os meses de dezembro a abril. A terceira safra também chamada de “feijão de inverno”, é realizada por produtor com nível tecnológico elevado, pois precisa de irrigação, sendo cultivada entre os meses de abril a julho, no Centro-Sul do Brasil (EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 2012).

São diversos os fatores que afetam negativamente a produtividade do feijão, podendo destacar a incidência de doenças, a adaptação do material genético as condições do ambiente, problemas com excesso ou falta de água (HIOLANDA *et al.*, 2018). A produtividade nacional de feijão ainda é baixa devido aos fatores citados e a problemas com a nutrição mineral da cultura que agrava os rendimentos produtivos (LOPES *et al.*, 2016).

Os programas de melhoramento de feijão-comum no Brasil, buscam melhorar as características citadas anteriormente, associando-as, a fim de garantir resistência a doenças, reduzir perdas na colheita mecanizada, maior precocidade, elevar o potencial produtivo e a estabilidade de produção (MELO *et al.*, 2017). Dentre as cultivares cultivadas no país está o feijão carioca BRS FC104 que é a primeira cultivar superprecoce do mercado, produzida pela Embrapa, possuindo um ciclo a baixo de 65 dias (da semeadura à maturação dos grãos), apresenta excelente potencial produtivo representando vantagem competitiva para o produtor rural (MELO *et al.*, 2017).

O feijão é uma das culturas preferidas do produtor rural devido seu ciclo curto com 90 a 100 dias. A duração do ciclo e o hábito de crescimento é variável de acordo com a variedade, e o ambiente em que ela está inserida. O ciclo do feijoeiro é dividido em vegetativo e reprodutivo. O vegetativo é subdividido em estádios fenológicos: V0 período de germinação, V1 emergência, V2 formação das primeiras folhas chamadas de primárias, V3 aparecimento da primeira folha trifoliada e V4 quando forma o terceiro trifólio com o folíolo totalmente expandido. O reprodutivo se subdivide em: R5 que dá início quando há emissão do primeiro botão floral ou racimo, R6 quando a primeira flor está completamente aberta, R7 caracterizado pelo aparecimento da primeira vagem, R8 enchimento da vagem e R9 quando as vagens estão maturando (Figura 1) (FERNÁNDEZ, 1982).

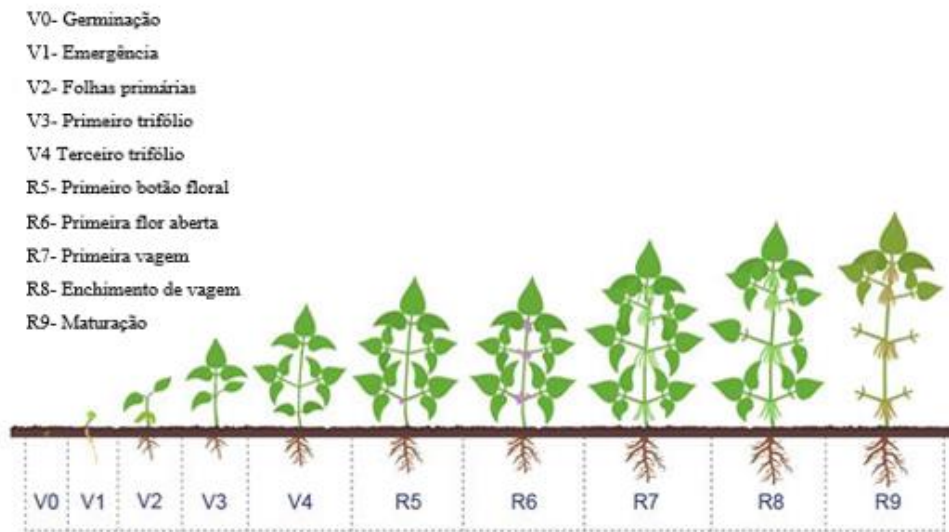


Figura 1 Estádios fenológicos do feijão

Fonte: Phytus clube, 2018.

3.2 Produção de Feijão no Brasil

O feijão tem sido cultivado em centenas de países, sendo a base da alimentação de mais de 400 milhões de pessoas, é um alimento de grande valor nutritivo, contendo fibras, proteínas, carboidratos complexos, vitaminas e micronutrientes (CIAT, 2022). No Brasil é a principal fonte de proteína, ficando à frente de alimentos como o arroz e a carne bovina. Em torno de 70% da ingestão de proteína está contida nesses três alimentos básicos (MACHADO; FERRUZZI; NIELSEN, 2008).

Durante muito tempo a produção de feijão no Brasil foi conduzida por pequenos produtores consorciada com outras culturas, principalmente o milho. Com o êxodo rural, migração da população da zona rural para as cidades houve grande abalo na agricultura familiar nacional e a produção de feijão foi reduzida. Esse processo ocorreu na década de 60 e a produção nacional brasileira de feijão era muito baixa, não ultrapassando os 600 kg ha⁻¹. A partir da década de 80, diversos centros de pesquisas como a Embrapa e diversas Organizações Estaduais de Pesquisa Agropecuária (Oepas) em parceria com as instituições de Assistência Técnica e Extensão Rural (Ater), estabeleceram técnicas buscando promover melhorias na produtividade do feijão (PELEGRINI; BEZERRA; HASPARYK, 2017).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), ultimamente a produção média dos países do Mercosul foi de 3,6 milhões de toneladas, ficando o Brasil como o principal produtor com 3,1 milhões de toneladas por ano, em segundo lugar ficando a Argentina com uma produção menor que 350 mil toneladas por ano. Em todo o território nacional, cerca de

63% do feijão produzido é o carioca, e o segundo o feijão caupi com 21% da produção, seguido do feijão preto com 16% (CONAB, 2020).

Atualmente os maiores estados brasileiros produtores de feijão são Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Goiás e Bahia. A Região Nordeste passou a ser a maior produtora nacional na safra 2019/2020, mas a maior queda de produção em relação ao Brasil e a outras Regiões fez com que ela ficasse na quarta posição entre as cinco Regiões do País. A produtividade prevista para o ano de 2022 é relativamente baixa. Isto se deve à ausência de calagem, problemas de erosão do solo, adubação desequilibrada e falta de manejo adequado de pragas e doenças, associadas à falta de assistência técnica adequada (TERRA MAGNA, 2022).

Devido à tecnificação e aos incentivos dos órgãos de pesquisa, as fronteiras agrícolas do feijão cresceu, dentre elas se encontra a produção de feijão no Cerrado baiano. O perfil produtivo dessa região é de agricultura empresarial e intensiva, em que as culturas de soja, algodão, milho e café possuem a maior área cultivada (AIBA, 2018). Nessa região são cultivados cerca de 2,3 milhões de hectares, sendo que desse total quase metade é destinada a soja e o restante é dividido para o cultivo de milho, algodão, café, sorgo, arroz, feijão e demais culturas (AIBA, 2017).

Segundo a comissão técnica Sul-Brasileira de Feijão, o principal grupo de feijoeiro cultivado no Brasil é do tipo carioca, recendo então uma maior atenção de pesquisas e programas de melhoramento. Existem 47 registros de proteção de cultura de feijão carioca que estão distribuídos em 12 instituições detentoras das cultivares, uma delas que se destaca é a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que detém de 26 dos 47 registros de proteção (MAPA, 2015).

A cultivar de feijão carioca superprecoce BRS FC104 surgiu do cruzamento entre linhagens CNFE 8009 e VC5, realizado em 2006, na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO. É uma cultivar que foi registrada junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo indicada para cultivo na 1ª, 2ª e 3ª safras nos estados de Goiás, Mato Grosso, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia e no Distrito Federal (CASTRO *et al.*, 2019). É uma cultivar que aumenta a flexibilidade operacional nos sistemas de produção de feijão, devido a viabilidade de plantio antecipado ou retardado nas diferentes épocas e o cultivo em janelas mais curtas (CASTRO *et al.*, 2019).

3.3 Recomendações de Calagem para o Feijoeiro Comum

Os solos de Cerrado são grandes fronteiras agrícolas em que a intensiva utilização de solo vem causando grandes modificações nos teores de matéria orgânica e atividade microbiana acelerando processos de degradação, que podem ser mitigados por meio de manejos adequados suprimindo as necessidades do solo (ROSSI *et al.*, 2011). O preparo intensivo com arados, grades e subsoladores são os principais responsáveis pelo acelerado processos de degradação do solo (FERREIRA *et al.*, 2010; ROMERO *et al.*, 2016).

Um fator que agrava a degradação dos solos de Cerrado é a acidez do solo, que é um dos fatores que mais limitam a produtividade das culturas em várias partes do mundo, inclusive no Brasil. Nos solos ácidos existem problemas de deficiência e/ou toxidez nutricional, baixa capacidade de retenção de água e baixa atividade dos microrganismos (FAGERIA, 2001).

Outro problema atribuído em solos de Cerrado é a baixa fertilidade natural que culmina com a alta exportação dos nutrientes pelas culturas agrícolas. É necessário repor os nutrientes retirados por meio de fertilizantes, para que as necessidades nutricionais do feijão sejam atendidas expressando seu alto potencial produtivo. Quando não há reposição, os nutrientes são absorvidos pelas plantas da reserva que o solo possui, gerando esgotamento e contribuindo para maior degradação do solo. Sendo assim repor os nutrientes é prática importante na garantia do sucesso da produção de feijão (ZANELATO, 2018).

O potencial hidrogeniônico (pH) é uma das características químicas do solo que necessita de atenção pois ela é a responsável pela acidez do solo presente de forma elevada nos solos dos Cerrados como citado anteriormente. Os solos ácidos possuem grande quantidade de alumínio e manganês, tóxicos as plantas em teores elevados, que afetam o desenvolvimento adequado das culturas e reduzi a produtividade (MEURER; BISSANI; CARMONA, 2010). Sendo assim o pH do solo é um dos principais fatores que determina se o feijão irá ter um bom desenvolvimento.

A calagem é a prática mais comum para elevar o pH do solo, elevando a disponibilidade de nutrientes e reduzindo os níveis de elementos tóxicos. A utilização da calagem além de elevar o pH fornece nutrientes como Ca e Mg às plantas. Na Figura 2 está a representação da disponibilidade de nutrientes de acordo com o aumento do pH.

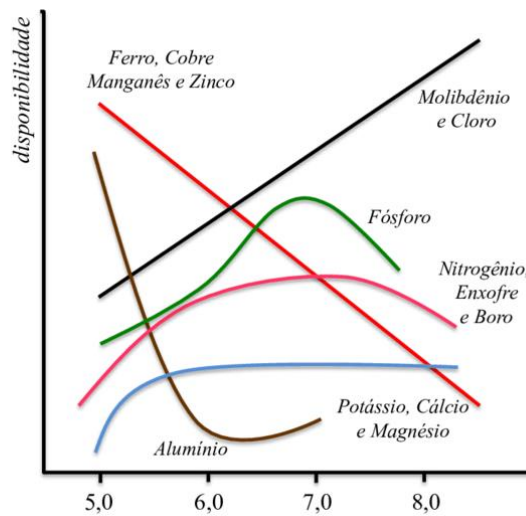


Figura 2 Disponibilidade de nutrientes em diferentes valores de pH do solo.

Fonte: MALAVOLTA, *et al.*, 1997.

A calagem também contribui para o adequado desenvolvimento radicular, devido ao aumento do pH e a neutralização do alumínio trocável, isso também contribui com a disponibilidade de elementos essenciais, como o fósforo (FONSECA *et al.*, 2010).

3.4 Uso de Silício no Feijoeiro

A utilização de silício (Si) no feijoeiro é uma alternativa que vem tomando espaço no mercado por meio da aplicação de silicatos no solo que pode melhorar o desempenho das culturas, tanto por sua ação de conferir resistência a planta, após absorção, devido a formação de hidroxilas que neutralizam íons H^+ presentes na solução do solo (LIMA FILHO, 2011; SOUSA *et al.*, 2015).

O Si não é considerado elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas, todavia é associado a diversos benefícios a plantas: diminui taxas de transpiração, aproveitamento melhor da água, contribui para maior teor de clorofila, aumenta rigidez estrutural dos tecidos, aumento da resistência mecânica das células tornando as folhas mais eretas e com maior área fotossintética, devido a isso há maior absorção de CO_2 , ocorre a diminuição de autossombreamento, redução de acamamento, retardo de senescência, age contra estresses bióticos e abióticos (EPSTEIN, 1999). É o segundo elemento mais abundante no solo e devida sua afinidade com o oxigênio pode ser encontrado na forma de SiO_2 ou silicatos, quando estão quimicamente ligados a algum metal, o que promove maior absorção de água (SAVVAS e NTATSI, 2015).

O Si presente no silicato de cálcio e magnésio não pode ser considerado essencial, porque a planta consegue completar seu ciclo sem presença dos silicatos, e porque ele não é constituinte de nenhuma estrutura essencial à planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). As plantas que crescem em presença de Si possuem composição química diferente, possuindo maior resistência mecânica das células e tolerância ao estresse abiótico, ficando mais resistentes a ataques de patógenos e pragas (EPSTEIN, 1999). Seu fornecimento é via solo por meio de escórias siderúrgicas como silicato de cálcio e magnésio e a planta absorve na forma de ácido sílico e transportada para parte aérea via xilema

A alta concentração de Ca^{+2} e Mg^{+2} nos corretivos silicatados, possibilita a sua utilização por aumentar o pH do solo e fornecer nutrientes para as plantas (KORNDOFER *et al.*, 2004). A obtenção do silicato de cálcio e magnésio é obtido de resíduos siderúrgicos, tal processo contribui positivamente para o meio ambiente, reduzindo significativamente os resíduos sem fins nas siderúrgicas (PINTO *et al.*, 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação do Instituto Federal Goiano, situado no município de Posse, no estado de Goiás, a $14^{\circ} 4' 56''$ Sul de latitude e $46^{\circ} 22' 40''$ Oeste de longitude com 819 metros de altitude.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com três tratamentos e 8 repetições cada, sendo os tratamentos: uso de correção do solo com silicato de cálcio e magnésio, correção de solo com calcário dolomítico e controle (sem uso de correção). A parcela experimental consistiu em 24 vasos de polietileno com capacidade de 8 dm^3 , com um sistema de drenagem dos vasos constituído de brita e tecido (TNT) para evitar a perda de solo.

Os vasos foram preenchidos com solo coletado da camada de 0-20 cm, no município de Jaborandi no estado da Bahia, em uma área de Cerrado recém-aberta (Figura 3), nunca corrigido, sendo classificado como Latossolo Vermelho de textura média (EMBRAPA, 1999).



Figura 3 Área de coleta do solo

Fonte: autor (2022)

O solo coletado, foi levado a casa de vegetação e disposto sobre uma lona, separado por tratamento, onde foi realizada a correção do solo incorporada de forma manual nas doses correspondentes de acordo com a análise de solo (Tabela 1), utilizando para o cálculo o método da saturação de bases. Os corretivos utilizados foram calcário dolomítico e silicato de cálcio e magnésio (Agrosilício Plus[®]) com PRNT de 80% e 89%, respectivamente. Após aplicação, o solo foi umedecido e mantido incubado por um período de 30 dias antes da realização do plantio.

Tabela 1 Características químicas e físicas do solo em camada de 0-20cm.

pH	Ca	Mg	K	Al	CTC ef	V	Areia	Silte	Argila	M.O
CaCl₂	-----mmol _c dm ⁻³ -----					%	-----g.kg ⁻¹ -----			g.dm ⁻³
4,16	14,67	12,02	0,77	4,00	31,46	46,97	738,00	52,40	209,60	12,23

Potencial hidrogeniônico em cloreto de cálcio (pH); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Potássio (K); Alumínio (Al); Capacidade de Troca Catiônica efetiva (CTC ef); Percentagem de saturação por bases (V%); Matéria Orgânica (M.O).

Para o plantio do feijão realizou-se então a adubação de cobertura em todas as unidades experimentais, contendo 80 mg.dm⁻³ de nitrogênio, 320 mg.dm⁻³ de fósforo, 320 mg.dm⁻³ de potássio. Aos 20 dias após a emergência foi realizada a adubação de N em cobertura (40 mg.dm⁻³) (EMBRAPA, 2004). A semeadura do feijão carioca BRS FC-104 foi realizado de forma manual na profundidade entre 1 cm e 2 cm com sementes previamente tratadas com Standak[®], um fungicida e inseticida de ação protetora, seguindo a dose recomendada pelo fabricante (Figura 4). Foram semeadas um total de 5 sementes por vaso, e após a germinação, realizou-se

o desbaste, totalizando 2 plantas por vaso. A Irrigação foi realizada diariamente de forma manual com a utilização de um copo medidor, seguindo um consumo hídrico diário em torno de 3 a 4 mm na fase inicial para estabelecimento da cultura; 5 a 6,5 mm/dia nas fases de floração e enchimento de grão e 3 a 3,5 mm/dia na fase final do ciclo (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

Ao decorrer do desenvolvimento da cultura, foi realizado tratamentos culturais. Inicialmente com a aplicação do inseticida SPERTO, utilizando um pulverizador manual de 3L. Esta aplicação foi realizada 25 dias após a germinação, para controle de mosca branca, com uma nova aplicação após 15 dias. Foi realizada também uma pulverização de forma preventiva com o fungicida ARMERO BR[®], aplicado de forma manual com pulverizador de capacidade para 3L. No controle de plantas daninhas, foi realizado o arranque das plantas de forma manual, com cuidado, para evitar danos a cultura do feijão.

Após 40 dias das plantas germinadas, foi realizado a coleta do feijoeiro para a análise de crescimento e diagnose visual. As plantas de feijão foram retiradas do solo cuidadosamente realizando a limpeza com água dos restos de solo das raízes, em seguida foram levadas ao laboratório, onde foi determinada a altura da parte aérea (APA), massa fresca da parte aérea (MFPA), comprimento do caule até 1º nó (CC), diâmetro do caule (DC), número de ramificações (NR), comprimento da raiz (CR), massa fresca da raiz (MFR), e teor de clorofila (CL) e índice SPAD.



Figura 4 Tratamento de sementes de feijão e plantio em vasos.

Fonte: Autor (2022)

Nas demais plantas realizou-se a colheita no final do estágio R9 (maturação), onde foram determinados número de vagens por planta (NVP), comprimento de vagens (CV), número de grãos por planta (NGP), massa de vagem por planta (MV), massa de grãos por planta (MG), média de grãos por vagem (MGV).

Em todos os corretivos de solo, foram realizadas as seguintes avaliações:

- Altura da parte aérea (APA): as plantas foram colocadas sobre uma bancada e com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, mediu-se desde a base da planta até o topo da parte apical.
- Comprimento do caule (CC): as plantas dispostas sobre uma bancada com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, mediu-se o comprimento do caule, do início do caule, logo acima da raiz, até o primeiro nó.
- Comprimento da raiz (CR): as plantas foram coletadas cuidadosamente do solo, com solo bem umedecido, a fim de evitar o máximo, possíveis perdas de raízes, posteriormente realizou-se a lavagem das raízes com água, e secas com auxílio de papel guardanapo para retirada do excesso de água, em seguida foram dispostas de forma longitudinal sobre a bancada e com auxílio de uma régua graduada em centímetros mediu-se o comprimento da raiz.
- Número de ramificações (NR): contou-se o número de ramificações primárias de forma manual, ramos estes que partem do caule da planta de feijão.
- Diâmetro do caule (DC): foi medido a partir da base do caule com a utilização de um paquímetro manual, padronizando 1 cm acima da haste.
- Massa fresca da raiz (MFR): foi aferido a massa de toda a planta, parte aérea, sistema radicular, a partir de uma balança digital de precisão (0,01g).
- Teor de clorofila (CL) e índice SPADE: foi realizada a leitura da clorofila no último trifólio completo expandido no limbo foliar com a utilização de um medidor portátil de clorofila (clorofilômetro). Os valores são calculados pelo equipamento com base na quantidade de luz transmitida pela folha, em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989). O índice SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) é a leitura da intensidade da cor verde presente nas folhas, relacionadas ao teor de clorofila, e fornecida pelo próprio clorofilômetro.
- Número de vagens por planta (NVP): foi aferido através da contagem manual das vagens presentes em cada planta de feijão.

- Comprimento de vagens (CV): todas as vagens presentes na planta foram medidas com uma régua graduada em centímetros, e realizada a média do comprimento das vagens presentes em cada planta.
- Número de grãos por planta (NGP): Foi aferida através da somatória da contagem manual dos grãos produzidos em cada planta.
- Massa de vagem por planta (MV): foi obtida através da pesagem de todas as vagens presentes em uma planta, utilizando uma balança digital de precisão (0,01g).
- Massa de grãos por planta (MG): foi obtida através da pesagem de todos os grãos produzidos em uma planta, utilizando uma balança digital de precisão (0,01g).
- Média de grãos por vagem (MGV): foi obtida através da média do número total de vagens por planta, pela quantidade total de grãos por planta.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o “software SISVAR”. Na significância das análises de variância a 5% pelo teste F, as médias foram comparadas utilizando o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao realizar a coleta das plantas de feijão para a avaliação dos parâmetros de crescimento, é possível observar de forma visual diferenças em seus aspectos de comprimento da planta e coloração das folhas (Figura 5).



Figura 5 Crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão com uso de diferentes corretivos de solo. Silicato de cálcio e magnésio (T1); calcário dolomítico (T2); testemunha (T3).

Fonte: Autor (2022)

Plantas expostas ao solo corrigido com silicato de cálcio e magnésio apresentam crescimento menor em comparação com calcário dolomítico e testemunha, entretanto seus aspectos visuais como a coloração apresentaram menos sintomas de clorose e amarelecimento das folhas que os demais tratamentos. Já as plantas com solo corrigido com calcário dolomítico apresentaram crescimento e desenvolvimento da planta superior aos demais tratamentos.

Quanto ao desenvolvimento das plantas, observou-se um atraso no desenvolvimento das plantas submetidas ao uso do silicato de cálcio e magnésio. Aos 40 dias após a germinação as plantas encontravam-se em estágio R5 (pré-floração), enquanto as plantas submetidas aos tratamentos uso de calcário dolomítico e sem correção do solo estavam entrando em estágio R7, com a formação das vagens.

De acordo com a análise de variância as variáveis altura da parte aérea da planta, comprimento do caule e raiz, massa da parte aérea e da raiz, clorofila e índice SPAD apresentaram diferenças significativas em função dos tratamentos (Tabela 2).

O comprimento do caule foi menor com uso de silicato de cálcio e magnésio em relação ao uso do calcário dolomítico. O comprimento da raiz, massa da parte aérea, massa da raiz e altura da parte aérea da planta apresentaram valores inferiores com o silicato de cálcio e magnésio em comparação com o uso de calcário dolomítico e a testemunha. Segundo Sangster (1978), nas raízes, a sílica em algumas espécies é depositada em grandes quantidades nas paredes da membrana. Neste caso, provavelmente o silício tenha dificultado a absorção de nutrientes por competição com sítios de adsorção da parede celular, membranas ou plasmalema.

Em leguminosas, a absorção de silício ocorre de forma não acumulativa, ou seja, as plantas o absorvem sem translocá-lo (MA; MIYAKE; TAKAHASHI, 2001). Assim, dada a pouca mobilidade do silício em leguminosas, a absorção e distribuição radial de silício através das raízes do feijoeiro para os vasos do xilema são mais restritas a altas concentrações de silício, podendo assim ser um indicativo de mecanismo efetivo de exclusão (KORNDORFER; DATNOFF, 2000).

O tratamento sem correção do solo apresentou um baixo índice de clorofila e baixo teor relativo de clorofila (índice SPAD). Em alguns estudos, o teor relativo de clorofila determinado por meio do clorofilômetro é utilizado com o objetivo de determinar a necessidade de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro (FURLANI JÚNIOR et al. 1996, LIMA et al. 2001, STONE; SILVA; MOREIRA. 2002, SILVEIRA; BRAZ; DIDONET. 2003).

Tabela 2 Características de crescimento do Feijoeiro BRS FC104 em função do uso de diferentes corretivos em solos do Cerrado

TRAT	APA	CC	CR	MFPA	MFR	DC	NR	CL	SPAD
1	21,43 b	6,44 b	14,5 b	5,18 b	1,29 b	0,32 a	5,75 a	39,26a	28,28 a
2	29,37 a	7,69 a	18,37 a	8,60 a	3,60 a	0,33 a	6,25 a	37,32 a	26,82 a
3	28,81 a	6,87 b	20,93 a	9,12 a	3,24 a	0,35 a	5,75 a	30,26 b	20,16 b
MÉDIA	26,54	7	17,94	7,63	2,71	0,34	5,91	35,72	25,26

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knot a 5% de probabilidade. APA altura da parte aérea (cm); MFPA- massa fresca da parte aérea (g); CC- comprimento do caule até 1º nó (cm); NR- número de ramificações; CR- comprimento da raiz (cm); MFR- massa fresca da raiz (g); CL- clorofila (mg dm^{-2}); índice SPAD- Soil Plant Analysis Development; T1- silicato de cálcio e magnésio; T2- calcário dolomítico; T3- testemunha;

O baixo teor relativo de clorofila no feijoeiro sem a correção da acidez do solo ($30,26 \text{ mg dm}^{-2}$) pode ser explicado pelo fato de que a calagem aumentou a mineralização e a nitrificação do N no solo, elevou a sua disponibilidade à planta e também a possibilidade de lixiviação. Pois Segundo Kreutzer (1995), as maiores taxas de nitrificação são obtidas nos solos onde se procede a correção da acidez do solo. Segundo Lima et al. (2001), o conteúdo de clorofila correlaciona-se diretamente com a concentração de N na planta e, também, com a produtividade das culturas.

Nas variáveis de produção do feijoeiro, foi possível observar (Figura 6) que a utilização de silicato de cálcio e magnésio apresenta melhores resultados no número de grãos, massa de

vagem e grão por planta, representando um indicativo de melhor desempenho em produtividade.

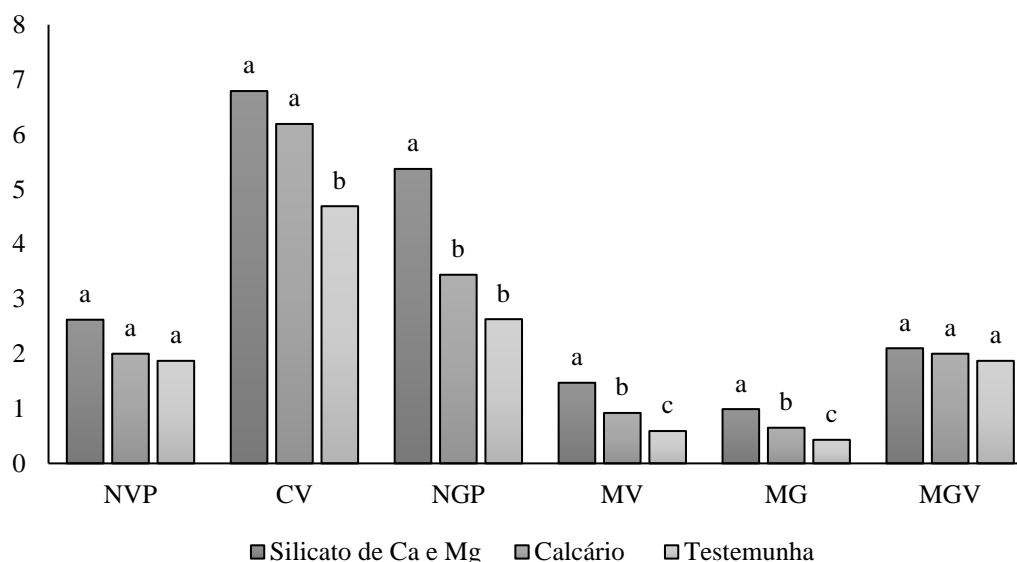


Figura 6 Características de produção do Feijoeiro BRS FC104 com uso de diferentes corretivos de solo. NVP - Número de vagens por planta; CV - comprimento da vagem (cm); NGP - número de grãos por planta; MV- massa de vagem por planta (g); MG - massa de grãos por planta (g); MGV- média de grãos por vagem. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-knnot a 5% de probabilidade.

As variáveis de massa da vagem e massa dos grãos de feijão (Figura 6) aumentaram com a utilização de corretivo de solo, tendo o uso do silicato de cálcio e magnésio alcançado os maiores valores (1,47 e 0,99 g, respectivamente). Dados estes que vão acordo com Pinto et al. (2014), que em seu trabalho concluiu que a substituição do carbonato de cálcio por silicato de cálcio e magnésio na correção do solo proporcionou maior crescimento e peso de grãos na cultura da soja. Em contrapartida o número de vagens por planta e a média de grãos por vagem não apresentaram diferença significativa com os diferentes corretivos de solo e o controle.

Segundo Ávila et al. (2010), o Silício aumenta a resistência mecânica das células e das plantas contra insetos e patógenos. Este pode ser um fator para explicar o fato de que as plantas com solo corrigido com silicato de cálcio e magnésio apresentaram maior número de grãos por planta, maior massa de vagem e de grãos, pois as plantas com silicato de cálcio e magnésio no período de crescimento e desenvolvimento, por mais que menores, estavam visualmente com menos danos foliares, proporcionando maior sanidade a planta para concluir seu ciclo fenológico.

Em solos ácidos a deficiência e toxicidade de alguns nutrientes, limitam a produtividade agrícola, bem como a deficiência de cálcio e magnésio que também são fatores que limitam a produção do feijão, o aumento da produtividade geralmente é obtido com a prática da calagem, elevando assim o pH e fornecendo nutrientes como Ca e Mg as plantas (FONSECA et al. 2010).

É importante salientar que existe poucas informações na literatura sobre o efeito do silício no desenvolvimento do feijoeiro, sendo necessário a realização de novos estudos, com o objetivo de alcançar cada vez mais altas produtividades, visto que poucas pesquisas enfatizam os resultados do silício em leguminosas.

6 CONCLUSÕES

O uso de silicato de cálcio e magnésio como corretivo de solo se mostrou eficiente em aspectos de produtividade do feijoeiro, entretanto o crescimento e desenvolvimento da cultura se mostrou inferior em relação ao uso do calcário dolomítico.

O solo sem correção da acidez comprometeu o crescimento e desenvolvimento das plantas de feijão, resultando em baixos índices de clorofila na planta como consequência da menor disponibilidade de nutrientes devido ao alto índice de acidez do solo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIBA – ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. **A Revista do Agronegócio da Bahia**. 309, ano IV, 1º. Trimestre, 2018.
- AIBA – ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA **A Revista do Agronegócio da Bahia**. 08, ano III, 3º. Trimestre, 2017.
- ÁVILA, FABRÍCIO WILLIAN; BALIZA, DANIELLE PEREIRA; FAQUIN, VALDEMAR; ARAÚJO, JOSINALDO LOPES; RAMOS, SILVIO JÚNIO. **Interação entre silício e nitrogênio em arroz cultivado sob solução nutritiva**. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 2, p. 184-190, 2010.
- BARBOSA FILHO, M.P.; PRABHU, A.S. **Aplicação de silicato de cálcio na cultura do arroz**. Embrapa Acre-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2002.
- BLANKENAU, K. **cálcio no solo e na planta**. In: Informações Agronômicas, p.17-19, 2007.
- CARNEIRO, E.J.; JÚNIOR, T.J.P.; BORÉM, A. **Feijão: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, p. 37-66. 2015
- CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. **Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation**. Geoderma, 195, 234-242, 2013.
- CASTRO, É. DE C., FIDELIS, A. C., & WANDER, A. E. **Mercado de cultivares de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) no Brasil**. *informe gepec*, 23(1), 181–198, 2019.
- CIAT, I. C. f. T. A. **Beans**. 2022. Disponível em: <https://ciat.cgiar.org/what-we-do/breeding-better-crops/beans/>.
- CONAB, C. N. D. A. **Perspectivas para agropecuária, Safra 2019/2020**. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>.
- CRUSCIOL, C. A. C., SORATTO, R. P., CASTRO, G. S. A., DA COSTA, C. H. M., & NETO, J. F. **Foliar application of stabilized silicic acid on soybean, common bean, and peanut**. Revista ciencia agronomica, 44(2), 404–410, 2013.
- DALASTRA, C.; CAMPOS, A. R.; FERNANDES, F. M.; MARTINS, G. L. M.; CAMPOS, Z. R. **Silício como indutor de resistência no controle do tripses do prateamento *Enneothrips flavens* Moulton, 1941 (Thysanoptera: Thripidae) e seus reflexos na produtividade do amendoazeiro**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras-MG, v.35, n.3, p.531-538, 2011.
- DEBONA, D.; RODRIGUES, FA; DATNOFF, LE. **O papel do silício nos estresses abióticos e bióticos das plantas**. Revisão Anual de Fitopatologia, v. 55, p. 85, 2017.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1979.
- EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Dados conjunturais da produção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* L.) no Brasil (1985 a 2011): (área, produção e rendimento)**, 2012.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.

EMBRAPA. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília DF : Embrapa Informação Tecnológica, p.296 , 2004.

EPSTEIN, E. **Silicon**. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.

FAGERIA, N. K. **Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36(11), p.1419–1424, 2001.

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. **Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v.41, n.2, p.177-183, 2010.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P. L.; LÓPEZ, M. **Etapas de desarrollo en la planta de frijol**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2012.

FONSECA, M. R.; FERNANDES, A. R.; SILVA, G. R.; BRASIL, E. C. **Teor e acúmulo de nutrientes por plantas de feijão caupi em função do fósforo e da saturação por bases**. Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, v. 53, n. 2, p. 195-205, 2010.

FURLANI JÚNIOR, E.; NAKAGAWA, J.; BULHÕES, L. J.; ALVES MOREIRA, J.; GRASSI FILHO, H. **Correlação entre leituras de clorofila e níveis de nitrogênio aplicados em feijoeiro**. Bragantia, Campinas, v. 55, n. 1, p. 171-175, 1996.

HIOLANDA, R.; MACHADO, D. H.; CANDIDO, W. J.; FARIA, L. C.; DALCHIAVON, F. C. **Desempenho de genótipos de feijão carioca no Cerrado Central do Brasil**. Revista de ciências agrárias, v. 41, n. 3, p. 815-824, 2018.

KORNDORFER, G. H.; DATNOFF, L. E. **Papel do silício na produção de cana de açúcar**. In: SECAP 200, seminário de cana de açúcar de piracicaba, 5, Piracicaba. 2000.

KORNDORFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSi-ICIAG-UFU, p. 34, 2004.

KREUTZER, K. **Effects of forest liming on soil processes**. Plant and Soil, Dordrecht, v.168/169, p.447- 470, 1995.

LIMA, M. A.; CASTRO, V. F.; VIDAL, J. B.; ENEAS-FILHO, J. **Aplicação de silício em milho e feijão-de-corda sob estresse salino**. Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 2, p. 398-403, 2011.

LIMA, E. do V; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. **Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 125-129, 2001.

LOPES, J. F.; COELHO, F. C.; RABELLO, W. S.; RANGEL, O. J. P.; GRAVINA, G. D. A.; VIEIRA, H. D. **Produtividade e composição mineral do feijão em resposta às adubações com molibdênio e níquel**. Revista Ceres, v. 63, p. 419-426, 2016.

MACHADO, C. M.; FERRUZZI, M. G.; NIELSEN, S. S. **Impact of the Hard-to-Cook Phenomenon on Phenolic Antioxidants in Dry Beans (*Phaseolus vulgaris*)**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 56, n. 9, p. 3102–3110, 2008.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVEIRA, S. **Nutrição de Plantas**. Fisiologia Vegetal—teoria e experimentos, p.190, 1997.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Cultivares protegidas**.2015 Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_protegidas.php?txt_ordem=&postado=1&acao=pesquisar&cod_especie=4&>.

MACHADO, C. M.; FERRUZZI, M. G.; NIELSEN, S. S. **Impact of the Hard-to-Cook Phenomenon on Phenolic Antioxidants in Dry Beans (*Phaseolus vulgaris*)**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 56, n. 9, p. 3102–3110, 2008.

MA, J. F., MIYAKI, Y., TAKAHASHI, E. **Silicon as a beneficial element for crop plants**. In: DATINOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; KORNDÖRFER, G. H. Silicon on agriculture. Amsterdam: Elsevier, p. 17- 39, 2001.

MELO, L. C.; PEREIRA, H. S.; FARIA, L. C. de; SOUZA, T. L. P. O.; WENDLAND, A.; CABRERA DIAZ, J. L.; CARVALHO, H. W. L.; MELO, C. L. P.; COSTA, A. F.; MAGALDI, M. C.; COSTA, J. G. C.; AGUIAR, M. S.; ABREU, A. F. B.; PEREIRA FILHO, I. A.; POSSE, S. C. P.; MARTINS, M.; ALBRECHT, J. C.; SOUZA FILHO, B. F.; CARNEIRO, G. E. S.; GUIMARAES, C. M.; BRAZ, A. J. B. P.; MARANGON, M. A.; TRINDADE, N. L. S. R.; SOUZA, N. P.; FARIA, J. C.; DEL PELOSO, M. J. **BRS FC402: cultivar de feijão-comum carioca com alta produtividade, resistência à antracnose e murcha-de-fusário**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 4, 2017.

MEURER, E. J; BISSANI, C. A; CARMONA, F. C. **Fundamentos de química do solo**. Capítulo 6. 4ª edição. Editora Evangraf Ltda. Porto Alegre-RS, 2010.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. **Manual for chlorophyll meter SPAD 502**. Osaka, Minolta, Radiometric Instruments divisions. 1989.

NASCIMENTO, A. D.; FEIJÓ, F. M.; ALBUQUERQUE, A. W.; ASSUNÇÃO, I. P.; ANDRADE LIMA, G. S.; REIS, L. S. **Severidade da antracnose do feijão-fava afetada por doses de cálcio e fontes de silício**. Revista Ciência Agrícola, v. 15, n. 2, p. 61-68, 2017.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; TEIXEIRA, H.; COELHO, R. R.; CARNEIRO, J. E. S.; ANDRADE, M. J. B.; REZENDE, A. M. **Informações técnicas para o cultivo de feijoeiro-comum na região central brasileira**. Viçosa, Minas Gerais. P. 83-116, 2009.

PELEGRINI, D. F.; BEZERRA, L. M. C.; HASPARYK, R. G. **Dinâmica da produção de feijão no Brasil: progresso técnico e fragilidades**. Informe Agropecuário, v. 38, n. 298, p. 84-91, 2017.

PINTO, A. L. M., PAULA, P. R. A. DE, BRAGA, F. DE A., & POZZA, A. A. A. **Efeito Da Substituição Do Carbonato De Cálcio Por Escória De Siderurgia (Agrosilício) No Crescimento, Produção E Nutrição Mineral Da Soja**. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG. p.1-10, 2014.

POZZA, A. A.; ALVES, E.; POZZA, E. A.; CARVALHO, J. D.; MONTANARI, M.; GUIMARÃES, P. T.; SANTOS, D. M. **Efeito do silício no controle da cercosporiose em três variedades de cafeeiro**. Fitopatologia Brasileira, v. 29, p. 185-188, 2004.

RODRIGUES, F. A.; OLIVEIRA, L. A.; KORNDÖRFER, A. P.; KORNDÖRFER, G. H. **Silício: Um elemento benéfico e importante para as plantas**. Informações Agronômicas, n. 134, p. 14-28, 2011.

ROMERO, M. L. F.; PARRAS-ALCÁNTARA, L.; LOZANOGARCÍA, B.; CLARK, J. M.; COLLINS, C. D.. **Soil quality assessment based on carbon stratification index in different olive grove management practices in Mediterranean áreas**. Catena, v.137, p.449-458, 2016.

ROSSI, C. Q.; PEREIRA, M. G.; GIACOMO, S. G.; BETTA, M.; POLIDORO, J. C. **Frações húmicas da matéria orgânica do solo cultivado com soja sobre palhada de braquiária e sorgo**. Bragantia, Campinas, v.70, n.3, p.622-630, 2011.

SAVVAS, D.; NTATSI, G. **Biostimulant activity of silicon in horticulture**. Scientia Horticultura, v. 196, n.30, p. 66-81, 2015.

SILVA, O. F.; WANDER, A. E. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E), 2013.

SILVEIRA, P. M. da; BRAZ, A. J. B. P.; DIDONET, A. D. **Uso do clorofilômetro como indicador da necessidade de adubação nitrogenada em cobertura no feijoeiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1083- 1087, 2003.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; VALHO, P. C.; RODRIGUES, T.M. **Foliar application of the potassium silicate in corn: Photosynthesis, growth and yield**, Bioscience journal, v. 26, n. 4, p. 502-513, 2015.

STONE, L. F.; SILVA, G. M.; MOREIRA, J. A. A. **Uso do clorofilômetro SPAD-502 na estimativa do nitrogênio foliar específico e da produtividade do feijoeiro**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 7, 2002, Viçosa. Resumos Expandidos... Viçosa: UFV, p 743-746. 2002.

TERRA MAGNA. Portal do produtor rural. **Feijão: tudo sobre esse grão de sucesso**. 2022. Disponível em: <https://terramagna.com.br/blog/feijao/>.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CESAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.39, p.124-133, 2009

YAMADA, T. **Resistência de plantas às pragas e doenças: pode ser afetada pelo manejo da cultura?**. Informações Agronômicas, v.1, n. 108, p. 1-7, 2004.

ZANELATO, D. C. **Acidez do solo com uso de bioestimulador associado à adubação com NPK na cultura do feijão e do milho**. Graduação (especialização em manejo de culturas anuais) Dois Vizinhos – PR, p. 31, 2018.