

ESTRATÉGIAS PARA A CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO PARA O CULTIVO DE FEIJOEIRO EM SOLOS TROPICAIS

Thaynara Garcez da Silva¹, Antonio Nolla¹, João Henrique Castaldo¹, Adriely Vechiato Bordin¹

¹ Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. 8 Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: thaynaragarceztg@gmail.com, anolla@uem.com, jhcastaldo2@uem.br, adrielyvechiato@hotmail.com

RESUMO: O objetivo do trabalho foi relatar as possíveis estratégias para a correção da acidez de solos tropicais para o cultivo de feijoeiro comum. O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L) é um alimento consumido mundialmente. No Brasil, ele constitui a base da dieta da população, juntamente com o arroz (*Oryza sativa*) e sua ampla adaptação edafoclimática permite o cultivo de 3 safras anuais, que se estendem por diversos estados brasileiros, o que contribui para a colocação do país em terceiro lugar no ranking dos maiores produtores de feijão mundiais. Em âmbito nacional, cabe destaque para o Estado do Paraná, que é responsável por cerca de 30% do volume total produzido. Grande parte dos solos paranaenses possuem problemas relacionados a acidez do solo ($\text{pH-H}_2\text{O} < 5,5$), teores de íons fitotóxicos ($\text{Al}^{+3} > 0,3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e baixo teor de nutrientes ($\text{V}\% < 50$). Tais condições podem limitar a produtividade do feijoeiro, por se tratar de planta sensível à acidez do solo. Desse modo, justifica-se o uso de insumos capazes de neutralizar Al^{+3} e H^+ , elevar a saturação por bases e o pH do solo. O calcário é o principal insumo utilizado para tal finalidade, atuando também como fertilizante cálcico e magnésiano. Entretanto, possui reduzida solubilidade em água, tendo seu efeito restritos às camadas mais superficiais do solo. O silicato de Ca e Mg é uma alternativa para a correção da acidez do solo de maior solubilidade, podendo atuar em camadas mais profundas ($> 20 \text{ cm}$), além de disponibilizar silício.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, corretivos de acidez, calcário, silicato

STRATEGIES FOR CORRECTING SOIL ACIDITY FOR COMMON BEAN CULTIVATION IN TROPICAL SOILS

ABSTRACT: The objective of the work was to report possible strategies for correcting the acidity of tropical soils for the cultivation of common beans. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L) is a food consumed worldwide. In Brazil, it constitutes the basis of the population's diet, together with rice (*Oryza sativa*) and its wide edaphoclimatic adaptation allows the cultivation of 3 annual crops, which extend across several Brazilian states, which contributes to placing the country in third place in the ranking of the largest bean producers in the world. At a national level, the State of Paraná stands out, which is responsible for around 30% of the total volume produced. Most of the soils in Paraná have problems related to soil acidity ($\text{pH-H}_2\text{O} < 5.5$), levels of phytotoxic ions ($\text{Al}^{+3} > 0.3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) and low nutrient content ($\text{V}\% < 50$). Such conditions can limit bean productivity, as it is a plant sensitive to soil acidity. Therefore, the use of inputs capable of neutralizing Al^{+3} and H^+ and increasing base saturation and soil pH is justified. Lime is the main input used for this purpose, also acting as a calcium and magnesium fertilizer. However, it has reduced solubility in water, with its effects restricted to the most superficial layers of the soil. Ca and Mg silicate is an alternative for correcting soil acidity with greater solubility, and can act in deeper layers ($> 20 \text{ cm}$), in addition to providing silicon.

KEYWORDS: *Phaseolus vulgaris*, acidity corrective, lime, silicate

INTRODUÇÃO

O feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L) é uma leguminosa apreciada em todo o mundo. Estima-se que no ano de 2025, o consumo mundial do alimento seja de aproximadamente 3,48 milhões de toneladas (Coelho e Ximenes, 2020). Para os brasileiros, constitui a base da alimentação, juntamente com o arroz (*Oryza sativa*), de importância social e econômica, reconhecido como importante fonte de vitaminas, ferro, cálcio, magnésio, zinco, fibras, proteínas e carboidratos (Bitocchi et al., 2017). O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking dos maiores produtores mundiais de feijão, de acordo com dados Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, o que pode ser atribuído à ampla adaptação edafoclimática da cultura, que possibilita o cultivo em três safras distintas e em diversos Estados brasileiros (Coelho, 2019; SEAB, 2018).

Contudo, para garantir os níveis de produtividade de feijoeiro satisfatórios, é necessário lançar mão da utilização de insumos, como os corretivos de acidez, a fim de garantir o correto suprimento de nutrientes para a cultura. Fidelis et al. (2018) observaram que o feijoeiro é sensível a toxidez por Al^{+3} e Mn^{+2} , tendo preferência por solos com pH-H₂O em torno de 5,5 para o adequado crescimento. Assim, a correção da acidez do solo consiste de etapa fundamental durante o cultivo, além de ser a principal responsável por suprir a demanda de cálcio e magnésio das plantas. Para a nutrição da semente, especificamente, os elementos mais requeridos são nitrogênio e fósforo (Coelho, 2006), de modo que a produtividade do feijão comum possa ser elevada com o aumento da absorção de P pelas plantas (Silva e Pessenti, 2022).

O calcário é o corretivo de acidez mais utilizado nos solos brasileiros e atua também como fertilizante cálcico e magnésiano. Contudo, possui baixa solubilidade em água, problema que é potencializado no sistema de semeadura direta, onde há aplicação superficial deste insumo, tendo efeito restrito até os primeiros 10 cm de profundidade (Leal et al., 2008; Gonçalves et al., 2011). A escória siderúrgica, ou silicato, pode ser uma alternativa para a correção de acidez. Oriunda da fabricação de aço e ferro, pode ser até 6,78 vezes mais solúvel que o calcário (Alcarde e Rodella, 2003), podendo corrigir a acidez do solo em camadas mais profundas e disponibilizar silício para as plantas (Corrêa et al., 2009).

Diante disso, o objetivo deste trabalho de revisão foi identificar e relatar as possíveis estratégias para a correção da acidez de solos tropicais para viabilizar o cultivo do feijoeiro comum.

IMPORTÂNCIA SOCIOECONÔMICA E ASPECTOS GERAIS SOBRE *Phaseolus vulgaris* L

O Estado do Paraná é o segundo maior produtor de grãos do Brasil, além de possuir em seu território 4 municípios que são considerados algumas das cidades mais ricas do agronegócio brasileiro, sendo eles Toledo, Guarapuava, Cascavel e Tibagi (AEN, 2022). Dentre os principais grãos cultivados no Estado paranaense, destacam-se o milho, trigo, feijão e a soja (SEAB/DERAL, 2020). No âmbito econômico, o Estado do Paraná foi líder nacional na produção de grãos em 2019, sendo responsável por cerca de 30% do volume total de grãos de feijão produzidos no Brasil em 2022 (SIDRA, 2022). Esses dados ressaltam o potencial do desenvolvimento da cultura no Estado e de toda região Sul, que corresponde a cerca de um terço do total de grãos de feijão colhidos no Brasil, o que equivale a aproximadamente 1 milhão de toneladas (CONAB, 2020).

A cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) destaca-se pela sua importância social no Brasil, e juntamente com o arroz (*Oryza sativa*) constitui a base da alimentação nacional, importante fonte de proteínas, ferro e carboidratos (Carneiro et al., 2014). Os grãos de feijão possuem teor de proteína entre 6 e 11% quando cozidos, além de constituir importante fonte de fibra alimentar, vitaminas do complexo B, cálcio e demais minerais, sendo uma importante fonte de energia para a população (Santos et al., 2023).

As plantas de feijão possuem ciclo anual, podendo apresentar desde 60 dias para as cultivares super precoces, até 115 dias para as variedades mais tardias, com um ciclo médio de 90 dias (Oliveira et al., 2018). As condições edafoclimáticas brasileiras possibilitam o cultivo em vários períodos do ano. Entre os meses de agosto e dezembro é realizada a semeadura da “Safrada das águas”, entre janeiro e abril a “Safrada da seca”, já entre os meses de março e junho é a vez da semeadura da “Safrada de outono/inverno” na região sul do Brasil (SEAB, 2018). De acordo com Barbosa et al. (2018) e Silva et al. (2012), cultivares de feijoeiro comum, como a BRS Pérola, apresentam produtividade satisfatória em sistema de cultivo convencional (3.435 kg ha⁻¹). No entanto, o rendimento de milho pode ser potencializado através da implementação de práticas de cultivo conservacionista, como a produção integrada (3.470 kg ha⁻¹), embasada nos princípios de boas práticas agrícolas tais como o sistema de plantio direto, o manejo de calagem e adubação do solo. A demanda hídrica pode variar em função da cultivar utilizada, época de semeadura, sistema de manejo adotado e as condições climáticas. Contudo, são considerados valores entre 250 a 350 mm de água por ciclo vegetativo, com especial requerimento nos períodos de floração e formação de vagens (Oliveira et al., 2018).

Para o garantir o desenvolvimento adequado das plantas, é necessária a manutenção da fertilidade do solo, pois o feijoeiro apresenta ciclo curto (em torno de 90 dias) além de baixo volume de sistema radicular (entre 20 e 40 cm). Desta forma, a fertilização orgânica ou mineral deve ser aplicada com a finalidade de atender a demanda nutricional da planta, estimada em 11 kg P₂O₅ para cada tonelada de grãos produzidos (Silva et al., 2017; Oliveira et al., 2018). De acordo com Zucareli et al. (2011), o fósforo é o nutriente que mais impacta na produtividade do feijão comum e a correção da acidez do solo é fundamental para potencializar a ação da adubação fosfatada (Nolla et al., 2021).

CALCÁRIO COMO CORRETIVO DE ACIDEZ

A aplicação dos corretivos de acidez do solo é relatada desde os tempos mais antigos, quando os romanos realizavam a calagem para realizar o cultivo das plantas de interesse alimentar (Connor et al., 2011). Estima-se que o Brasil tenha um consumo aparente de cerca de 45,3 mil toneladas de calcário/ano, que é resultado da moagem da rocha sedimentar calcária. A calagem consiste na aplicação de calcário com a finalidade de corrigir a acidez, elevando o pH do solo (Abracal, 2021). Isso acontece pela neutralização de elementos fitotóxicos, como H⁺, Al⁺³ e Mn⁺², proporcionada pelas hidroxilas (OH⁻) disponibilizadas pelo corretivo de acidez. Além disso, a calagem também é capaz de elevar a saturação por bases em função da disponibilização de Ca⁺² e Mg⁺² no solo, garantindo melhor aproveitamento da adubação e tornando o solo mais propício para o desenvolvimento do sistema radicular, otimizando a absorção de água e nutrientes. Outros benefícios da aplicação de calcário no solo envolvem o aumento da atividade biológica no solo, especialmente quanto à atividade de fungos micorrízicos e a fixação biológica de nitrogênio (Costa et al., 2018).

O calcário é o corretivo de acidez mais utilizado mundialmente, especialmente nas regiões de clima tropical e subtropical, onde se concentram a maior parte das fontes de rocha calcárea, tornando esse insumo financeiramente mais atrativo aos produtores (Almeida et al., 2023; Paradelo et al., 2015). Nestas regiões agricultáveis, há predominância de solos com baixa fertilidade em condição natural, como teores de cálcio < 2,0 cmol_c dm⁻³, magnésio < 0,9 cmol_c dm⁻³, fósforo < 12 mg dm⁻³ e potássio < 0,12 cmol_c dm⁻³, além de problemas relacionados a acidez do solo: pH H₂O < 5,5; pH CaCl₂ < 4,5; Al⁺³ > 0,3 cmol_c kg⁻¹ e V% < 60% (Quaggio, 2000, Raij, 2011; CQFS, 2016; Pauletti e Motta, 2019; Carantella et al., 2022).

Entretanto, o calcário possui baixa mobilidade no perfil do solo, quando aplicado em superfície, tendo seu efeito restrito apenas a camada a 0-10 cm em até 3 anos após a calagem (Zandoná et al., 2015). O calcário pode ser incorporado ao solo em sistemas convencionais de

cultivo para potencializar o aprofundamento da camada de ação atingida pelo insumo (Tiritan et al., 2016). Contudo, essa prática implica no revolvimento da camada superficial do solo, rompendo um dos pilares do sistema de cultivo conservacionista, que é o mínimo revolvimento do solo (somente nas linhas de cultivo). Assim, a camada de resíduos culturais na superfície é incorporada, o solo desnudo se torna suscetível aos agentes erosivos, ocorrendo redução na capacidade de retenção de água e nutrientes, além da redução no teor de matéria orgânica e no estoque de carbono do solo (Carvalho et al., 2005; Yagi et al., 2014; Nogueira et al., 2016).

Desse modo, justificam-se as pesquisas que comprovem o benefício da utilização de alternativas para ampliar a camada de ação dos corretivos de acidez, através de insumos que apresentem maior reatividade que o calcário, como é o caso da escória siderúrgica, ou silicato (Caires e Joris, 2016).

SILICATOS COMO CORRETIVOS DE ACIDEZ

O silicato de cálcio e magnésio pode ser um corretivo de acidez do solo alternativo ao calcário. No Brasil, a escória siderúrgica pode ser considerada a fonte de materiais silicatados de menor custo e maior abundância, por se tratar de um resíduo da indústria de aço e ferro (Sousa et al., 2010). Logo, além dos benefícios relacionados às plantas, a silicatagem reduz o acúmulo de resíduos nos pátios de siderúrgicas, minimizando o passivo ambiental (Stocco et al., 2010). Souza et al. (2015) e Castro e Crusciol (2015) relatam que o silicato de Ca e Mg é um insumo eficaz na elevação do pH e no aumento da saturação por bases do solo, além de possui maior solubilidade no solo em relação ao calcário, podendo atuar em camadas mais profundas com maior agilidade e disponibilizar silício (Si) no solo. Em concordância, o trabalho comparativo entre calcário e silicato realizado por Borges et al. (2015) em cultivo de cana-de-açúcar, relatou que o efeito residual da escória siderúrgica foi superior ao do calcário, possibilitando a elevação dos atributos de pH, saturação por bases e teor de silício no solo em até 36 meses após a aplicação do insumo.

Quanto a metodologia para determinação da dose a ser aplicada, Pauletti e Motta (2019) estabelecem o método da saturação por bases para ambos os corretivos. E, embora a metodologia empregada seja a mesma, a dose de cada corretivo de acidez é diferente porque a fórmula considera o PRNT de cada corretivo, da seguinte forma:

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = [(V2-V1) \times T] / \text{PRNT}$$

Onde, V2 se refere à saturação por bases desejada, V1 à saturação por bases atual do solo, T à CTC a pH 7,0 e PRNT o poder relativo de neutralização total do corretivo. Como o silicato tende a apresentar menor PRNT do que o calcário, a dose recomendada para esse

insumo é maior, o que permite que cada corretivo de acidez atue da maneira mais eficiente possível.

Além da capacidade de correção de acidez do solo, a disponibilização de silício para as plantas é um diferencial deste insumo, em relação ao calcário. O silício pode ser absorvido da solução do solo através do sistema radicular, na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), e transferido para as demais partes da planta seguindo o fluxo de transpiração. Assim, pode acumular-se abaixo da cutícula formando uma barreira mecânica (em plantas acumuladoras) contra a fatores bióticos, além de induzir a produção de compostos orgânicos que atraem predadores naturais durante o período de infecção de patógenos, estimulando o controle biológico (Bakhat et al., 2018; Dechen e Nachtigall, 2007; Ma e Yamaji, 2006; Parveen e Ashraf, 2010).

Quanto à capacidade de absorver e acumular silício, as plantas podem ser agrupadas em três classes: as acumuladoras de silício, possuem teor foliar $> 10,0 \text{ g kg}^{-1}$ na massa seca; as não acumuladoras, possuem teor foliar $< 5,0 \text{ g kg}^{-1}$ na massa seca; e as intermediárias, teor em massa seca $< 10,0 \text{ g kg}^{-1}$. De maneira geral, diz-se que as acumuladoras de Si são monocotiledôneas, como *Triticum aestivum*, enquanto as não acumuladoras compreendem, em sua maioria, as dicotiledôneas, como *Phaseolus vulgaris* (Santos et al., 2021). Polanco et al. (2014) e Rodrigues et al. (2018) observaram que a aplicação de silício via solo aumentou a resistência do feijoeiro à Antracnose e ao ataque de *Spodoptera frugiperda*, reduzindo a preferência alimentar da lagarta pela planta. Segundo Queiroz (2016) o Si pode também aumentar a nodulação de leguminosas, como a soja e o feijão, otimizando a fixação biológica de nitrogênio.

Pesquisas indicam que a silicatagem também seja capaz de atenuar o efeito de estresses ambientais, como baixas temperaturas, acamamento e ataque de pragas em diversas culturas, podendo aumentar o perfilhamento da cana-de-açúcar, elevar a altura de parte aérea, o número de folhas e conferir maior tolerância ao estresse hídrico em gramíneas, aumentar altura, diâmetro de colmo, massa de parte aérea, massa de raízes e acelerar a velocidade de emergência e crescimento de milho, bem como aumentar o teor de fósforo no solo, em relação ao calcário (Guntzer et al., 2012; Sandim et al., 2014; Souza et al., 2015; Teixeira et al., 2020). Os resultados da pesquisa de El-Saadony et al. (2021) e Schmitt (2022) demonstram que a correção da acidez do solo proporcionada pelo silicato é tão eficiente quanto ao calcário para os atributos químicos do solo, podendo substituir este insumo sem prejuízo na produtividade do feijoeiro, uma vez que ambos os corretivos proporcionaram os mesmos ganhos em massa de vagens e grãos, quando comparados ao tratamento testemunha.

Outro fator que deve ser levado em consideração quanto ao uso dos silicatos é o custo desse insumo, que é baixo em regiões próximas de siderúrgicas, o que não ocorre em regiões distante das indústrias, de forma a inviabilizar o uso deste corretivo (Korndorfer et al., 2002). Entretanto, pesquisas indicam que o efeito residual prolongado do silicato, em relação ao calcário, possa compensar o custo mais elevado do corretivo, que pode chegar a 48 meses de efeito residual (Alovisi et al., 2018). Dessa forma, compreende-se que a distância entre os pátios das indústrias siderúrgicas e a lavoura pode impactar diretamente no custo de aquisição do silicato.

O cultivo de *Phaseolus vulgaris* L em solos tropicais demanda a aplicação de corretivos de acidez para a construção da fertilidade do solo adequada para o desenvolvimento das plantas. Apesar do calcário ser corretivo mais utilizado, sua camada de ação é restrita aos primeiros 10 cm de profundidade, de modo que o uso de corretivos alternativos, como o silicato, possa ser uma alternativa para prolongar a camada de ação e o efeito residual da correção de acidez do solo. Assim, justifica-se a realização de pesquisas para elucidar os efeitos dos silicatos no solo e para o desenvolvimento do feijoeiro, a curto e longo prazo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS - AEN. **Quatro municípios paranaenses estão entre os mais ricos do agronegócio brasileiro.** Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Quatro-municipios-paranaenses-estao-entre-os-mais-ricos-do-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 24 fev. 2022.

ALCARDE, J.C.; RODELLA, A.A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A.S.; ALVARES, V.H. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.291-334, 2003.

ALMEIDA, E.M.; ARCANJO, A.H.M.; THEODORO, G.F.; GURGEL, A.L.C.; SANTANA, J.C.S.; COSTA, C.M.; COSTA, A.B.G.; SILVA, T.P.D.; ARAUJO, J. Uso de escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.25, n.1, p.43-60, 2023.

ALOVISI, A.M.T.; AGUIAR, G.C.R.; ALOVISI, A.A.; GOMES, C.F.; TOKURA, L.K.; LOURENTE, E.R.P.; MAUAD, M.; SILVA, R.S. Efeito residual da aplicação de silicato de cálcio nos atributos químicos do solo e na produtividade da cana-soca. **Agrarian**, Dourados, v.11, n.40, p.150-158, 2018.

ABRACAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE CALCÁRIO AGRÍCOLA, 2021. **Consumo de calcário no Brasil.** Disponível em: <http://abracal.com.br/site/>. Acesso em: 31 out. 2022.

BAKHAT, H.F.; BIBI, N.; ZIA, Z.; ABBAS, S.; HAMMAD, H.M.; FAHAD, S.; ASHARAF, M.R.; SHAH, G.M.; RABBANI, F.; SAEED, S. Silicon mitigates biotic stresses in crop plants: A review. **Crop Protection**, Leuven, v.104, p.21–34, 2018.

BARBOSA, F.R.; MARTINS, F.A.D.; OLIVEIRA, L.F.C.; SILVA, A.G.; GONZAGA, A.C.O. **Sistema de Produção Integrada do Feijão Comum na Região Central Brasileira**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2018. 28p.

BITOCCHI, E.; RAU, D.; BELLUCCI, E.; RODRIGUEZ, M.; MURGIA, M.; GIOIA, T.; SANTO, D.; NANNI, L.; ATTENE, G.; PAPA, R. Beans (*Phaseolus* ssp.) as a model for understanding crop evolution. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.8, n.722, 2017.

BORGES, B.M.M.N.; ALMEIDA, T.B.F.; PRADO, R.M. Resposta da soca de cana-de-açúcar ao nitrogênio sem e com aplicação de silício. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v.39, n.6, p.793-803, 2016.

CAIRES, E.F.; JORIS, H.A.W. Uso de corretivos granulados na agricultura. **International Plant Nutrition Institute**, Piracicaba, v.1, n.154, p.17-21, 2016.

CARANTELLA, H.; QUAGIO, J.A.; MATTOS Jr., D.; BOARETTO, R.M.; RAIJ, B.V. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2022. 500p.

CARNEIRO, E.J.; PAULA JÚNIOR, T.; BORÉM, A. **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2014. 384 p.

CARVALHO, J.C.R.; SOUSA, C.S.; SOUSA, C.S. **Fertilização e fertilizantes**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia, 2005. 159p. Disponível em: <https://www.ifbaiano.edu.br/unidades/valenca/files/2011/05/fertilizantes-e-fertilizacao.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CASTRO, G.S.A.; CRUSCIOL, C.A.C. Effects of surface application of dolomitic limestone and calcium-magnesium silicate on soybean and maize in rotation with green manure in a tropical region. **Bragantia**, Campinas, v.74, n.3, p.311-321, 2015.

COELHO, A.M. **Nutrição e Adubação do Milho**. Sete Lagoas: Embrapa, 2006. 10p.

COELHO, J.D.; XIMENES, L.F. **Feijão: produção e mercado**. Caderno setorial ETENE, 2020. n.143, 07p. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/429/1/2020_CDS_143.pdf. Acesso em: 10 out. 2020.

COELHO, J.D. **Produção de grãos – feijão, milho e soja**. Caderno Setorial ETENE. Ano 4, n.96, 2019. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/documents/80223/5856103/96_Graos.pdf/895b3f70-3b19-db92-cdec-6eb54b9cd424. Acesso em: 29 abr. 2023.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS. **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 11. ed. Porto Alegre: SBCS/NRS, 2016. 376p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. Volume 7 – Safra 2019/2020. Brasília: CONAB. 2020. 100p. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em: 03 mar. 2022.

CONNOR, D.J.; LOOMIS, R.S.; CASSMAN, K.G. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 90p.

CORRÊA, J.C.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MORAES, M.H. Alteração de atributos físicos em Latossolo com aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.33, n.2, p.263-272, 2009.

COSTA, T.C.C.; SOUZA, F.A.; MARTINS NETTO, D.A.; ALMEIDA, L.G.; ROCHA, H.; VIANA, J.H.M.; MATRANGOLO, W.J.R.; FERREIRA, I.H.; ARAÚJO, N.H. **Estabelecimento de espécies arbóreo-arbustivas no rejeito de minério de ferro da barragem de Fundão em Mariana-MG, tratado com calcário, fertilizantes e microrganismos**. Sete Lagoas: Embrapa, 2018. 45p.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos a nutrição de plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-537.

EL-SAADONY, M.T.; DESOKY, E.S.M.; SAAD, A.M.; EID, R.S.; SELEM, E.; ELRYS, A.S. Biological silicon nanoparticles improve *Phaseolus vulgaris* L. yield and minimize its contaminant contents on a heavy metals-contaminated saline soil. **Journal of Environmental Sciences**, Amsterdam, v.106, p.1-14, 2021.

FIDELIS, R.R.; FERNANDES, P.S.M.; MOREIRA, E.R.; TAVARES, T.C.O. Identificação de genótipos de feijoeiro comum tolerantes ao alumínio. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.5, n.4, p.26-33, 2018.

GONÇALVES, J.R.P.; MOREIRA, D.; BULL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; BOAS, R.L.V. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.369-375, 2011.

GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER, J.D. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Amsterdam, v.32, n.1, p.201-213, 2012.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicato de cálcio e magnésio na agricultura**. Uberlândia: UFU, 2002, 15 p.

LEAL, A.J.F.; LAZARINI, E., RODRIGUES, L.R., MURAISHI, C.T., BUZETTI, S., MASCARENHAS, H.A.A. Aplicação de calcário e culturas de cobertura na implantação do sistema plantio direto em cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, p.2771-2777, 2008.

MA, J.F.; YAMAJI, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. **Trends in plant science**, Philadelphia, v.11, n.8, p.392-397, 2006.

NOGUEIRA, K.B.; ROQUE, C.G.; BORGES, M.C.R.Z.; TROLEIS, M.J.B.; BARRETO, R.F.; OLIVEIRA, M.P. Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v.115, n.1, p.45-54, 2016.

NOLLA, A.; OLIVEIRA, G.C.; BORDIN, A.V.; SILVA, T.G.; SILVA, P.H. Modos de aplicação de corretivos de acidez e gessagem para feijoeiro em Argissolo de textura arenosa. **Journal of Agronomic Science**, Umuarama, v.10, n.2, p.36-46, 2021.

OLIVEIRA, M.G.C.; OLIVEIRA, L.F.C.; WENDLAND, A.; GUIMARÃES, C.M.; QUINTELA, E.D.; BARBOSA, F.R.; CARVALHO, M.C.S.; JUNIOR, M.L.; SILVEIRA, P.M. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. Brasília: Embrapa Arroz e Feijão-Livro técnico, 2018. 60p.

PARADELO, R.; VIRTO, I.; CHENU, C. Net effect of liming on soil organic carbon stocks: a review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v.202, n.1, p.98-107, 2015.

PARVEEN, N.; ASHRAF, M. Role of silicon in mitigating the adverse effects of salt stress on growth and photosynthetic attributes of two maize (*Zea mays* L.) cultivars grown hydroponically. **Pakistan Journal of Botany**, Islamabad, v.42, n.3, p.1675-1684, 2010.

PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. **Manual de calagem e adubação para o estado do Paraná**. 2 ed. Curitiba: Núcleo Estadual Paraná da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – NEPAR-SBCS, 2019.

POLANCO, L.R.; RODRIGUES, F.A.; NASCIMENTO, K.J.T.; CRUZ, M.F.A.; CURVELO, C.R.S.; DAMATA, F.M.; VALE, F.X.R. Photosynthetic gas exchange and antioxidative system in common bean plants infected by *Colletotrichum lindemuthianum* and supplied with silicon. **Tropical Plant Pathology**, Amsterdam, v.39, p.35-42, 2014.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2000.

QUEIROZ, A.A. **Silício aumenta a formação de nódulos na soja**. Campo & Negócios: Grãos, p.28-29, 2016. Disponível em: https://www.rigrantec.com.br/upload/produtos_artigos/c0804--silicio-aumenta-a-formacao-de-nodulos-na-soja-prosilicon-1548701541.79.pdf. Acesso em: 12 abr. 2023.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.

RODRIGUES, J.H.V.; ANGELINI, M.R.; DE OLIVEIRA, R.S.; QUEIROZ, A.A. Efeito de doses de silício na resistência do feijoeiro a *Spodoptera frugiperda*. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.5, n.4, p.13-19, 2018.

SANDIM, A.S.; BÜLL, L.T.; FURIM, A.R.; LIMA, G.D.S.; GARCIA, J.L.N. Phosphorus availability in oxidic soils treated with lime and silicate applications. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, p.1215-1222, 2014.

SANTOS, F.D.; FANTINEL, R.A.; WEILER, E.B.; CRUZ, J.C. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecno-Lógica**, Santa Cruz do Sul, v.25, n.2, p.272-278, 2021.

SANTOS, G.N.L.M.; LUZIA, D.M.M.; FARIAS, V.L.S. Composição centesimal e atividade antioxidante de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Interfaces**, Suzano, v.15, n.10, p.91-112, 2023.

SCHMITT, L. **Crescimento e produção do feijoeiro comum com uso de silicato de cálcio e magnésio em solo do cerrado**. 2022. 31p. Monografia (Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Posse, 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - SEAB/DERAL. **Feijão – Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2018. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/feijao_2019_v1.pdf. Acesso em 03 abr. 2023.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - SEAB/DERAL. **Grãos Sustentáveis**. 2020. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Graos-Sustentaveis#:~:text=Os%20principais%20gr%C3%A3os%20paranaense%20s%C3%A3o,SEAB%20FEDERAL%202020>). Acesso em: 24 fev. 2022.

SILVA, A.G.; WANDER, A.E.; BARBOSA, F.R.; GONZAGA, A.C.O.; SILVA, J.D. Análise econômica da produção de feijão comum em sistema de produção convencional e de produção integrada, em Cristalina, Estado de Goiás, e Unaí, Estado de Minas Gerais, maio de 2009 a abril de 2010. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 42, n.5, p. 55-64, 2012.

SILVA, M.L.S.; PINHEIRO, C.L.; OLIVEIRA, A.B.; SILVA, M.L.S.; RUPPENTHAL, V.; GOMES FILHO, E. Effect of silicon on growth and on accumulation of ions in young rice plants submitted to saline stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.8, p.1-11, 2017.

SILVA, V.H.; PESSENTI, I.L. Translocação de fósforo em diferentes cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) na região dos campos gerais. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, Gurupi, v.10, n.4, p.279-286, 2022.

SISTEMA IBGE DE RECUPERAÇÃO AUTOMÁTICA – SIDRA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Brasília: IBGE, 2022. Acesso em: 15 set. 2022.

SOUSA, R.T.X.; KORNDÖRFER, G.H.; WANGEN, D.R.B. Aproveitamento de silício proveniente de escória siderúrgica por cultivares de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v.69, p.669-676, 2010.

SOUZA, J.P.F.; MARTINS, G.L.M.; PEREIRA, A.C.; BINOTTI, F.F.S.; MARUYAMA, W.I. Efeito de silicato de cálcio e magnésio no crescimento inicial de milho transgênico. **Journal of Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v.2, n.3, p.13-17, 2015.

STOCCO, F.C.; PASSOS, R.R.; ANDRADE, F.V.; REIS, E.F.; LIMA, J.S.S.; SANTOS, D.A.; MACHADO, R.V. Use of slags in development of dry matter in the aerial part and the number

of tillers of two genus of Brachiaria grass in Haplustox. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.26, n.2, p.240-248, 2010.

TEIXEIRA, G.C.M.; ROCHA, A.M.S.; OLIVEIRA, K.S.; SARAH, M.M.S.; OLIVEIRA FILHO, A.S.B.; PRADO, R.M.; PALARETTI, L.F. Silício na mitigação dos estresses por deficiência de manganês e pelo déficit hídrico em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Científica**, Dracena, v.48, n.2, p.170-187, 2020.

TIRITAN, C.S.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; CARMEIS, A.C.A.F.; FERNANDES, D.M.; NASCENTE, A.S. Tillage system and lime application in a tropical region: Soil chemical fertility and corn yield in succession to degraded pastures. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.155, p.437-447, 2016.

YAGI, R.; FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A. A incorporação de calcário em sistema plantio direto consolidado reduz o estoque de carbono em macroagregados do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.11, p.1962-1965, 2014.

ZANDONÁ, R.R.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHMIDT, M.R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.45, n.2, p.128-137, 2015.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A.M.; RAMOS JÚNIOR, E.U.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.32-38, 2011.