

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE GOIÁS – UNIGOIÁS
PRÓ-REITORIA DE ENSINO PRESENCIAL – PROEP
SUPERVISÃO DA ÁREA DE PESQUISA CIENTÍFICA - SAPC
CURSO DE AGRONOMIA

**EFEITO RESIDUAL DE REMINERALIZADOR DE SOLO SILICATOS COMO
FONTE DE SILÍCIO**

DISCENTE: RAMON DOS SANTOS ALVES
ORIENTADOR: JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES E SILVA

GOIÂNIA
Junho/2026

RAMON DOS SANTOS ALVES

**EFEITO RESIDUAL DE REMINERALIZADORES DE SOLO SILICATOS COMO
FONTE DE SILÍCIO**

TCC apresentado ao curso de Agronomia do Centro
Universitário Goiás – UNIGOIÁS como pré-requisito
para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

ORIENTADOR(a): JOÃO ANTÔNIO GONÇALVES
E SILVA

GOIÂNIA

JUNHO/2026

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me conceder força, sabedoria e serenidade para superar cada etapa desta trajetória acadêmica. À minha mãe, Sirledes Gonçalves dos Santos, e ao meu pai, João Roberto Alves, expresso minha gratidão mais profunda. O amor incondicional, apoio constante e dedicação absoluta foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Vocês sempre foram minha base, meu porto seguro e minha maior inspiração, sem vocês, eu não sou nada. Tudo o que conquisto é por vocês.

Aos meus amigos da faculdade, deixo o meu agradecimento especial. Vocês tornaram essa jornada mais leve, divertida e inesquecível. Entre estudos, risadas, desafios e conquistas, construímos memórias que levarei para toda a vida. Obrigado por compartilharem comigo tantos momentos felizes e importantes. A todos que, de alguma forma, fizeram parte desta caminhada, deixo aqui minha eterna gratidão.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o uso de remineralizadores de solo como fonte de silício na agricultura, por meio de revisão bibliográfica. Esses materiais contribuem para a melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de estimular a microbiota e a ciclagem de nutrientes. O silício auxilia no aumento da resistência das plantas a pragas, doenças e estresses abióticos, favorecendo o crescimento e a produtividade agrícola. Os remineralizadores, também conhecidos como pós de rocha, representam uma alternativa sustentável para reduzir a dependência de fertilizantes químicos convencionais. Produzidos a partir da moagem de rochas silicáticas, liberam nutrientes gradualmente no solo por meio do intemperismo. Entre os principais elementos fornecidos estão silício, potássio, cálcio e magnésio. No Brasil, seu uso foi regulamentado pela Lei nº 12.890/2013 e pela Instrução Normativa nº 05/2016 do MAPA, incentivando o avanço dessa tecnologia agrícola.

(Palavras-chave: Rochas silicáticas; Fertilidade do solo; Agricultura sustentável.)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	06
2. REFERENCIAL TEÓRICO	07
2.1 Remineralizadores No Brasil: Marco Legal E Definições	07
2.2. Importância Agronômica Do Silício	08
2.3. Efeito Residual Dos Remineralizadores	08
2.4 Contribuições Ambientais E Socioeconômicas	09
2.5 Produção De Remineralizadores De Solo Silicáticos No Brasil	10
2.6 Comparação Econômica Entre Remineralizadores E Fertilizantes Convencionais	11
2.7 Uso Do Remineralizador Micaxisto Na Cultura Da Soja	13
3. METODOLOGIA	15
4. CONCLUSÃO	16
REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

A perda da qualidade do solo e a redução de seus nutrientes vêm se consolidando como grandes desafios para a agricultura atual, sobretudo diante do aumento da demanda por alimentos e da urgência em adotar práticas mais sustentáveis. Nesse contexto, os remineralizadores surgem como uma alternativa promissora para recuperar a fertilidade e favorecer a vitalidade do solo.

O uso de remineralizadores de solos vem se destacando cada vez mais, devido à grande motivação por parte dos produtores de oferecer ao solo qualidade e propriedades diferentes quando comparado a adubos solúveis. Além disso, os agricultores têm procurado fazer uma agricultura diferente da convencional, visando ser uma fonte alternativa de fertilizantes, aumentando a produtividade e diminuindo custos (BRITO *et al.*, 2019).

Segundo Primavesi (2015), entender como os ecossistemas funcionam e adotar práticas que respeitem o solo é essencial para manter a agricultura sustentável. Hensel (2006) destaca que o uso de rochas moídas pode fornecer nutrientes importantes, ajudando na recuperação e melhora do solo. Um desses nutrientes é o silício (Si), fundamental para a resistência das plantas contra pragas e doenças, capacidade fotossintética, entre outros benefícios (LANA *et al.*, 2003).

Com isso, cresce o uso de remineralizadores de solo, ou pós de rocha, como alternativa ao fornecimento de Si. obtidos da moagem de rochas ricas em silicatos de K, Mg e Ca, como sienitos, basaltos, micaxisto e fonólitos, eles liberam nutrientes de forma lenta e duradoura, melhorando a fertilidade do solo. Além disso, podem aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC) e estimular a atividade biológica do solo (THEODORO *et al.*, 2019; RIBEIRO *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de remineralizadores de solo como fonte de silício (Si), ressaltando suas limitações, sustentabilidade, benefícios e efeitos tanto na fertilidade do solo quanto na produtividade das lavouras.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 REMINERALIZADORES NO BRASIL: MARCO LEGAL E DEFINIÇÕES

O Brasil ocupa posição de destaque no consumo mundial de fertilizantes químicos, sendo o quarto maior consumidor do mundo. Apesar disso, o país ainda depende fortemente da importação desses insumos, o que gera impactos econômicos e aumenta a preocupação com a sustentabilidade da agricultura nacional. Segundo Lopes *et al.* (2016), em 2015, foram importadas mais de 21 milhões de toneladas de fertilizantes intermediários, demonstrando a dependência do mercado externo.

Nesse cenário, os remineralizadores de solo surgem como alternativa sustentável para reduzir a dependência de fertilizantes convencionais e promover a recuperação da qualidade do solo. Também conhecidos como pós de rochas, esses materiais atuam como fonte de macro e micronutrientes, favorecendo a atividade dos microrganismos e melhorando a fertilidade do solo. Além disso, estados como Goiás, Minas Gerais e São Paulo destacam-se na produção desses insumos voltados à agricultura regenerativa (THEODORO *et al.*, 2021).

Segundo Korndörfer *et al.* (2018), o silício presente nas rochas silicáticas possui importante função no desenvolvimento das plantas, formando uma camada protetora que aumenta a resistência contra pragas, doenças e estresses ambientais. Estudos apontam que o uso de remineralizadores pode proporcionar produtividades semelhantes ou até superiores às obtidas com fertilizantes solúveis, além de reduzir custos de produção para os agricultores, tornando-se uma alternativa economicamente viável.

Mesmo com resultados promissores, a utilização dos remineralizadores enfrentava limitações devido à ausência de regulamentação específica. A legislação brasileira relacionada aos fertilizantes era baseada principalmente na Lei nº 6.894/1980, no Decreto nº 8.059/2013 e em Instruções Normativas do MAPA, que estabeleciam critérios de fiscalização, registro e controle de contaminantes. Posteriormente, normas específicas contribuíram para fortalecer e regulamentar o uso dos remineralizadores na agricultura brasileira. (THEODORO *et al.*, 2021; BRASIL, 2013).

2.2. IMPORTÂNCIA AGRONÔMICA DO SILÍCIO

Embora o silício não seja sempre considerado essencial, é reconhecido como um elemento benéfico para diversas culturas agrícolas, como soja, milho, café, entre outras. Sua absorção ocorre principalmente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), que é transportado pelas raízes e depositado nos tecidos vegetais (MA, Yamaji, *et al.*, 2015).

Os benefícios do silício incluem:

- Aumento da resistência a pragas e doenças, devido ao reforço das paredes celulares (EPSTEIN, 2009).
- Redução dos efeitos de estresses abióticos, como déficit hídrico, salinidade e toxidez de metais pesados (KORNDÖRFER *et al.*, 2001).
- Melhoria no crescimento e desenvolvimento das plantas, resultando em maior produtividade.
- Incremento na qualidade de grãos e fibras, em culturas como arroz, cana-de-açúcar e milho (PRADO *et al.*, FERNANDES *et al.*, 2010).

Diante desses benefícios, a aplicação de remineralizadores silicáticos não apenas melhora a fertilidade do solo, mas também fornece um elemento que potencializa a sanidade e o desempenho das culturas. Um exemplo disso, é nas culturas como arroz, sorgo e cana-de-açúcar, onde o silício melhora a eficiência fotossintética, e reduz perca de água pela transpiração e, ao final do ciclo, promove o aumento da produtividade da cultura.

2.3 EFEITO RESIDUAL DOS REMINERALIZADORES

Uma das principais vantagens atribuídas aos remineralizadores de solo é o seu efeito residual. Diferentemente dos fertilizantes químicos convencionais, que necessitam de reaplicações frequentes, os remineralizadores liberam nutrientes de forma gradativa, podendo manter sua ação por vários ciclos agrícolas, e reduzindo custos de aplicações convencionais.

Segundo Lana *et al.*, (2003), estudos indicam que o uso de remineralizadores contribui para a melhoria contínua da fertilidade do solo, em áreas de cultivo do tomateiro, com reflexos positivos na disponibilidade de nutrientes e na produtividade dos tomates, e demais culturas.

Entretanto, ainda existem lacunas quanto à quantificação e à duração do efeito residual do silício proveniente dos silicatos, especialmente em solos tropicais. A hipótese central é que os silicatos, ao serem aplicados, liberam silício de forma gradual, permanecendo disponíveis por mais de um ciclo produtivo. Essa persistência é o que diferencia os remineralizadores e pode torná-los uma ferramenta estratégica para sistemas agrícolas sustentáveis. (THEODORO *et al.*, MELO *et al.*, 2018).

2.4 CONTRIBUIÇÕES AMBIENTAIS E SOCIOECONÔMICAS

O uso de remineralizadores também traz benefícios além do campo. Do ponto de vista ambiental, a liberação lenta de nutrientes reduz perdas por lixiviação, contribuindo para a preservação da qualidade da água (LAPIDO-LOUREIRO *et al.*, 2017). Além disso, por promoverem a remineralização do solo, esses insumos auxiliam na recuperação de áreas degradadas, devolvendo aos solos os nutrientes perdidos em toda a sua utilização durante o ciclo das culturas, e no aumento da biodiversidade microbiana.

No que se diz ao aspecto socioeconômico, os remineralizadores por serem encontrados com um custo mais em conta, em relação aos outros fertilizantes químicos, apresentam potencial para reduzir custos de produção, principalmente em propriedades familiares e de pequeno porte. Ademais, sua utilização fortalece a cadeia produtiva mineral nacional, reduzindo a dependência de importações e estimulando a economia local (PEREIRA *et al.*, 2020).

O estado de Goiás nos anos de 2024/2025, lançou o Programa de Goiano de Remineralizador (PROREM-GO), com investimentos de R\$ 20 Milhões. O intuito é de fomentar pesquisas e o uso de remineralizador de solos, subprodutos da mineração, na qual tem a função de melhoria da fertilidade do solo e também a sustentabilidade da agricultura goiana e brasileira (GOIÁS, 2024).

2.5 PRODUÇÃO DE REMINERALIZADORES DE SOLO SILICÁTICOS NO BRASIL

A agricultura tropical brasileira tem buscado se alinhar à sustentabilidade, à bioeconomia e aos objetivos da Agenda 2030 da ONU. Nesse contexto, o país vem inovando ao desenvolver a cadeia de remineralizadores (REM) e fertilizantes silicáticos (FSi), considerados tecnologias capazes de promover sustentabilidade econômica, ambiental e social na produção agrícola. O uso de REM foi regulamentado pela Lei 12.890/2013 e pela Instrução Normativa 05/2016 do MAPA, impulsionando o setor. Além disso, o Plano Nacional de Fertilizantes 2050 reconhece os remineralizadores como insumos estratégicos para a redução da dependência externa de fertilizantes (BRASIL, 2016; BRASIL, 2022; THEODORO *et al.*, 2021).

Os estados que mais produzem remineralizadores são Minas Gerais, Goiás e São Paulo, juntos com 77% da produção. Os produtos de basalto ainda são os mais usados. Mesmo assim, em 2023 a produção caiu, provavelmente, porque os fertilizantes químicos voltaram ao mercado e algumas commodities, como soja e milho, ficaram mais baratas. Para atingir a meta prevista para 2050, vai ser preciso mais investimento, apoio e tecnologia. Mas, como o Brasil tem muito potencial e produtores abertos a novas práticas, a tendência é o setor continuar crescendo (ANDA, 2023; THEODORO *et al.*, 2021; BRASIL, 2022).

No Brasil, os remineralizadores (REM) são produtos aprovados pelo MAPA seguindo as regras da IN 05/2016 e da Lei 12.890/2013. Já os fertilizantes silicáticos (FSi) também vêm de rochas, mas entram na categoria de fertilizantes minerais e precisam ser registrados como “Produto Novo”. Existem ainda os “materiais secundários”, que não podem ser registrados como fertilizantes, mas podem ser vendidos se forem seguros e estiverem dentro dos limites de contaminantes definidos pelo MAPA. Os dados sistematizados no presente levantamento foram obtidos a partir de uma parceria entre a Associação Brasileira de Produtores de Remineralizadores e Fertilizantes Naturais (ABREFEN), a Embrapa Cerrados e o Ministério de Minas e Energia (MME).

A produção de remineralizadores de solo no Brasil envolve uma sequência de etapas que vão desde a seleção da rocha até sua transformação em um insumo agrícola apto para uso. A primeira etapa consiste na identificação e escolha das rochas com potencial para uso agrícola. Para isso, são realizadas análises mineralógicas e químicas que avaliam a presença de nutrientes

essenciais como silício, potássio, cálcio, magnésio e micronutrientes e verificam se há ausência de elementos tóxicos em concentrações indesejadas (THEODORO *et al.*, LEONARDOS *et al.*, 2006). Rochas como basaltos, fonolitos, kamafugitos, xistos e outros materiais silicáticos são frequentemente utilizados devido à sua composição favorável.

De acordo com a Instrução Normativa MAPA nº 5/2016 e a Lei nº 12.890/2013, o processo de produção de remineralizadores envolve etapas de beneficiamento físico que inclui britagem, moagem e classificação granulométrica. A rocha é inicialmente quebrada em pedaços menores e depois moída até atingir granulometria fina, geralmente menor que 2 mm, conforme a IN 05/2016. Em seguida, o material moído é analisado para verificar sua composição química, presença de nutrientes e ausência de contaminantes. Somente após atender aos critérios da Lei, é que o produto pode ser registrado pelo MAPA, e sem a adição de substâncias químicas ao remineralizador, reforçando seu caráter natural e sustentável.

2.6 COMPARAÇÃO ECONÔMICA ENTRE REMINERALIZADORES E FERTILIZANTES CONVENCIONAIS

No que se diz a comparação econômica, os remineralizadores geralmente apresentam um custo inicial menor com benefícios a médio/longo prazo. Entretanto, a viabilidade econômica para cada opção dependerá de uma série de fatores, como manejo da área, tipo do solo, cultura a qual será aplicado, e um dos principais fatores, a logística. Visando o cenário econômico do uso de remineralizadores na agricultura, principalmente com foco no longo prazo, é possível observar algumas vantagens importantes para o produtor rural. De modo geral, os remineralizadores apresentam um custo por tonelada menor quando comparados aos fertilizantes convencionais, o que pode contribuir para a redução dos gastos com insumos ao longo do tempo (LEONARDOS *et al.*, 2000; THEODORO *et al.*, 2021).

Além disso, esses materiais fornecem uma maior diversidade de minerais ao solo, favorecendo o desenvolvimento da microbiota e contribuindo para a melhoria gradual da fertilidade e da qualidade do solo. Esse processo também pode aumentar a capacidade do solo em sustentar a produtividade das culturas de forma mais equilibrada. Outro ponto importante é que, com o uso contínuo, os remineralizadores podem apresentar efeito residual no solo, reduzindo

parcialmente a dependência de corretivos e fertilizantes tradicionais, como calcário e adubações NPK, tornando o sistema produtivo mais sustentável ao longo dos anos (THEODORO; LEONARDOS, 2006; EMBRAPA, 2018).

Entretanto, o uso de remineralizadores também apresenta algumas limitações. Uma das principais está relacionada à liberação mais lenta dos nutrientes, uma vez que esses materiais dependem do processo natural de intemperismo para disponibilizar os elementos minerais às plantas. Dessa forma, os resultados no campo não costumam ser imediatos, o que pode representar uma desvantagem principalmente em culturas de ciclo curto ou em solos que necessitam de uma correção nutricional mais rápida. Além disso, a concentração de macronutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio (NPK), geralmente é menor quando comparada aos fertilizantes convencionais, podendo exigir doses maiores ou até mesmo a complementação com outras fontes de nutrientes, dependendo das necessidades da cultura e das condições do solo (MANNING, 2010).

Por outro lado, os fertilizantes convencionais continuam sendo amplamente utilizados na agricultura por apresentarem algumas vantagens importantes. Entre elas, destaca-se a rápida disponibilidade dos nutrientes, já que muitos fertilizantes apresentam alta solubilidade, permitindo que as plantas absorvam os elementos de forma mais imediata. Isso possibilita corrigir deficiências nutricionais em curto prazo, sendo especialmente útil em sistemas de produção intensivos. Além do mais, os fertilizantes minerais permitem uma nutrição mais específica das culturas, possibilitando que o produtor aplique quantidades exatas de nutrientes conforme as recomendações agronômicas, o que contribui para um manejo mais eficiente e pode resultar em aumentos significativos na produtividade da safra atual (NOVAIS; ALVAREZ; BARROS, 2007).

Apesar dessas vantagens, os fertilizantes convencionais também apresentam algumas desvantagens. Um dos principais fatores está relacionado ao custo, que geralmente é mais elevado e sujeito a variações do mercado internacional, especialmente em países que dependem da importação desses insumos, como é o caso do Brasil. Outro fator importante é que, por serem altamente solúveis, os nutrientes podem ser facilmente perdidos por processos como lixiviação, volatilização ou erosão, o que muitas vezes exige aplicações frequentes para manter a disponibilidade nutricional no solo. Por fim, quando utilizados em excesso ou sem um manejo adequado, esses fertilizantes podem causar impactos negativos na qualidade do solo, afetando a

atividade da microbiota e a estrutura física do solo, o que pode comprometer sua fertilidade a longo prazo (EMBRAPA, 2018; NOVAIS; ALVAREZ; BARROS, 2007).

2.7 USO DO REMINERALIZADOR MICAXISTO NA CULTURA DA SOJA

O uso de remineralizadores de solo, também conhecido como rochagem, consiste na aplicação de rochas moídas ao solo com o objetivo de fornecer nutrientes de forma gradual por meio do processo de intemperismo. Esse processo permite a liberação lenta de elementos minerais presentes na rocha, que passam a ser disponibilizados para absorção pelas plantas, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo e para o desenvolvimento das culturas agrícolas. Posto isso, essa prática pode favorecer o equilíbrio químico e biológico do solo, sendo considerada uma alternativa sustentável ao uso exclusivo de fertilizantes solúveis (THEODORO et al., 2010; SOUZA et al., 2017).

Entre os materiais utilizados como remineralizadores destaca-se o micaxisto, uma rocha metamórfica rica em minerais como silício, potássio, cálcio e magnésio. Esses elementos desempenham papel importante na nutrição das plantas e na melhoria das propriedades do solo, atuando tanto como fonte de nutrientes quanto como condicionador físico e químico. Além disso, os silicatos presentes nessas rochas podem estimular processos biológicos no solo e contribuir para maior eficiência na ciclagem de nutrientes, favorecendo sistemas agrícolas mais equilibrados (THEODORO; ALMEIDA, 2013).

Em estudo realizado na região Centro-Oeste do Brasil, avaliou-se o uso do remineralizador micaxisto FMX na cultura da soja cultivar Agroeste 3730, em experimento conduzido na safra 2019/2020 no município de Itumbiara, Goiás. Foram testadas sete doses do remineralizador, variando de 0 até 24 Mg ha⁻¹, em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Entre os parâmetros avaliados estavam população de plantas, altura de plantas, número de ramificações, número de vagens por planta, peso de mil grãos e produtividade da cultura (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2022).

Os resultados indicaram que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para as variáveis agrônômicas analisadas. Entretanto, observou-se que os parâmetros produtivos se mantiveram em níveis elevados, demonstrando que o remineralizador foi capaz de sustentar o desenvolvimento da cultura da soja. A produtividade obtida apresentou valores

expressivos, evidenciando que a utilização do micaxisto não comprometeu o desempenho agrônômico da cultura quando comparado à testemunha (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2022) .

O maior rendimento foi observado na dose de 16 Mg ha⁻¹, alcançando aproximadamente 3.614 kg ha⁻¹, enquanto o tratamento sem aplicação do remineralizador apresentou produtividade de cerca de 2.930 kg ha⁻¹, representando um incremento de aproximadamente 684 kg ha⁻¹, equivalente a cerca de 11,4 sacas por hectare. Mesmo sem diferença estatística pelo teste de médias, esse resultado demonstra potencial ganho produtivo e econômico para o produtor, indicando que o uso de remineralizadores pode ser uma alternativa viável para sistemas de produção agrícola mais sustentáveis (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2022).

3. METODOLOGIA

Para desenvolver esta pesquisa, foi realizada uma revisão bibliográfica baseada em estudos publicados entre os anos de 2001 e 2024. As buscas foram realizadas em diferentes bases de dados amplamente reconhecidas na área científica, como Google Acadêmico, Scopus, ScienceDirect e Elsevier, selecionando trabalhos disponíveis em português e inglês. Durante o processo de pesquisa, foram utilizadas diferentes palavras-chave para localizar os materiais mais relevantes sobre o tema. Entre elas destacam-se: “remineralizadores de solo”, “pó de rocha na agricultura”, “remineralização do solo”, “rochas silicáticas”, “silicatos na agricultura”, “silício no solo”, “soilremineralization”, “rock powderagriculture”, “silicate rocks”, “silicon in agriculture”, “soilfertility”, “fertilidade do solo”, “fertilizantes convencionais”, “nutrição de plantas”, “microbiota do solo”, “atividade microbiana do solo” e “minerais primários e secundários do solo”.

Essas palavras-chave foram utilizadas de forma isolada e também combinadas entre si, buscando ampliar os resultados encontrados nas bases de dados. Foram considerados livros, artigos científicos e revisões bibliográficas que abordam o uso de remineralizadores de solo e fertilizantes convencionais na agricultura. A seleção dos materiais buscou reunir informações confiáveis e atualizadas, permitindo construir uma visão mais abrangente sobre o tema e apoiar a análise apresentada ao longo do estudo, principalmente em relação aos aspectos agronômicos, econômicos e ambientais relacionados ao uso desses insumos na fertilidade do solo e na sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

4. CONCLUSÃO

Com base na revisão bibliográfica, conclui-se que os remineralizadores de solo possuem grande potencial como fonte alternativa de silício e outros nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Esses materiais, obtidos de rochas silicáticas, promovem melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, além de estimular a microbiota e favorecer o equilíbrio nutricional. O silício também contribui para aumentar a resistência das plantas a pragas, doenças e estresses abióticos, auxiliando no crescimento e na produtividade das culturas agrícolas.

Os estudos analisados demonstram que os remineralizadores podem atuar como complemento aos fertilizantes convencionais, reduzindo custos e favorecendo sistemas agrícolas mais sustentáveis. No Brasil, o avanço das pesquisas e da regulamentação ampliou o interesse pelo uso dessa tecnologia, principalmente em sistemas de produção regenerativos. Entretanto, ainda são necessários mais estudos em diferentes solos, culturas e condições climáticas para aprimorar recomendações de manejo e garantir maior eficiência no uso desses insumos agrícolas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JÚNIOR, J. C. et al. **Uso de remineralizador micaxisto FMX na cultura da soja em diferentes doses na região Centro-Oeste do Brasil**. Revista de Agricultura Tropical, 2022.
- ANDA – **Associação Nacional para Difusão de Adubos**. Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes. São Paulo, 2022.
- BRASIL. Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980. **Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes destinados à agricultura**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1980.
- BRITO, R. S. de; BATISTA, J. F.; MOREIRA, J. G. do V.; MORAES, K. N. O.; SILVA, S. O. da S. **Rochagem na agricultura: importância e vantagens para adubação suplementar**. SAJEBTT, Rio Branco, UFAC, v. 6, n. 1, p. 528-540, 2019.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Safra 2022/23**. Brasília, 2023.
- EMBRAPA. **Pó de rocha e remineralizadores na agricultura brasileira**. BRASÍLIA: EMBRAPA, 2018.
- EPSTEIN, E. Silicon: its manifold roles in plants. **Annals of Applied Biology**, v.155, n.2, p.155-160, 2009.
- GOIÁS. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Serviços. Governo de Goiás lança Programa Goiano de Remineralizadores. Goiânia: SIC, 2024. Disponível em: <https://goias.gov.br/industriaecomercio/governo-de-goias-lanca-programa-goiano-de-remineralizadores/>.
- HENSEL, Julius. **Pães de pedra: a agricultura que revitaliza o solo**. São Paulo: Editora do Brasil, 2006.
- KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2018.
- KORNDÖRFER, G.; SOUZA, S. R. Elementos benéficos. In: FERNANDES, Manlio Silvestre; SOUZA, Sônia Regina de; SANTOS, Leandro Azevedo (2018). **Nutrição Mineral de Plantas**, cap. 15, 563-599
- KORNDÖRFER, G. H. et al. **Avaliação da resposta da cana-de-açúcar à aplicação de silicato de cálcio**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.263-269, 2001.

- LANA, R. M. Q., Korndörfer, G. H., Zañão Júnior, L. A., Silva, A. F. & Lana, A. M. Q.(2003). **Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro.** Biosci. J., 19, 15-20.
- LAPIDO-LOUREIRO, F. E. *et al.* **Agrominerais: rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.41, 2017.
- LEONARDOS, O. H.; FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. **The use of ground rocks in laterite systems: and a new fertilizer concept for developing countries.** Journal of Geochemical Exploration, v. 70, 2000.
- LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; SILVA, C. A. **Produção e uso de fertilizantes no Brasil: desafios e oportunidades.** Piracicaba: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2016.
- MANNING, D. A. C. **Mineral sources of potassium for plant nutrition: A review. Agronomy for Sustainable Development,** v. 30, p. 281–294, 2010.
- MA, J. F.; YAMAJI, N. **Functions and transport of silicon in plants.** Cellular and Molecular Life Sciences, v.72, p.559–572, 2015.
- MARTINS, E. de S. *et al.* **Princípios geoquímicos, mineralógicos e biológicos do manejo de remineralizadores de solos.** 2023.
- MARTINS, E. S.; *et al.* **Produção brasileira de remineralizadores e fertilizantes naturais: 2019 a 2023.** 2024.
- MELO, V. F. *et al.* **Remineralizadores de solo: princípios, especificações e resultados agrônômicos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. **Fertilidade do solo.** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.
- PEREIRA, H. S. *et al.* **Remineralizadores de solo e sua utilização na agricultura brasileira.** Revista Ceres, v.67, p.145–156, 2020.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. **Manejo da adubação silicatada em solos tropicais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p.601-608, 2010.
- PRIMAVESI, Ana. **A natureza como aliada: a agricultura sintrópica.** São Paulo: Editora 34, 2015.
- RIBEIRO, C. C.; SOUZA, L. L.; SILVA, M. O.; *et al.* **Impacto dos remineralizadores na fertilidade do solo e nutrição de plantas.** Agrarian Journal, v. 25, n. 3, p. 123-135, 2020.
- SANTOS, L. C. *et al.* O papel do silício nas plantas. **Research, Society and Development,** v. 10, n. 7, p. e3810716247-e3810716247, 2021.

SOUZA, D. M. G. et al. **Rochagem e remineralizadores de solo: impactos na fertilidade e no sistema produtivo.** Embrapa Cerrados, 2017.

THEODORO, S. H.; LEHMANN, J.; LOPES, G. **Pós de rocha como estratégia para a sustentabilidade agrícola e mitigação das mudanças climáticas.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 14, n. 2, p. 56-72, 2019.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ALMEIDA, E. **Rochagem e remineralização de solos: aspectos agrônômicos, ambientais e econômicos.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2021.

THEODORO, S. H.; *et al.* A CONSTRUÇÃO DO MARCO LEGAL DOS REMINERALIZADORES¹. **Todos os direitos reservados A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).**, p. 25, 2017.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ROCHA, E. L. **Rochagem: uma alternativa sustentável para a agricultura tropical.** Revista Brasileira de Geociências, 2010.

THEODORO, S. H.; ALMEIDA, E. **Rochagem e remineralização de solos: fundamentos e aplicações na agricultura tropical.** Brasília: Universidade de Brasília, 2013.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. **Efeitos do pó de rocha na fertilidade do solo**”. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 2006.

THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H. **Remineralização de solos: uma estratégia sustentável para a agricultura.** Revista Brasileira de Geografia Física, 2006.

TUBAÑA, B. S.; HECKMAN, J. R. Silicon in soils and plants. In: **Silicon and plant diseases.** Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 7-51.

VAN STRAATEN, P. Rocks for Crops: **Agrominerals of sub-Saharan Africa.** University of Guelph, 2007.