



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

LEON RODRIGUES BARRETO DE OLIVEIRA

**REMINERALIZADOR DE BASALTO: POTENCIAL FONTE DE SILÍCIO PARA O
CULTIVO DE MACONHA**

AREIA
2025

LEON RODRIGUES BARRETO DE OLIVEIRA

**REMINERALIZADOR DE BASALTO: POTENCIAL FONTE DE SILÍCIO PARA O
CULTIVO DE MACONHA**

Trabalho de graduação
apresentado à
Coordenação do Curso
de Agronomia, do Centro
de Ciências Agrárias, da
Universidade Federal da
Paraíba, em
cumprimento às
exigências para obtenção
do título de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Raphael Moreira
Beirigo

**AREIA
2025**

Catlogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

O48r Oliveira, Leon Rodrigues Barreto de.
Remineralizador de basalto: potencial fonte de silício para o cultivo de maconha / Leon Rodrigues Barreto de Oliveira. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

31 f. : il.

Orientação: Raphael Moreira Beirigo.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Fertilizantes. 3. Rochagem. 4. Agrogeologia. 5. Basalto. I. Beirigo, Raphael Moreira. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

Elaborado por EDILSON TARGINO DE MELO FILHO - CRB-15/686

LEON RODRIGUES BARRETO DE OLIVEIRA

REMINERALIZADOR DE BASALTO: POTENCIAL FONTE DE SILÍCIO PARA O CULTIVO DE MACONHA

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em:
30/05/2025

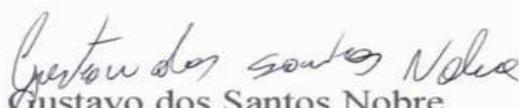
BANCA EXAMINADORA:

 Documento assinado digitalmente
RAPHAEL MOREIRA BEIRIGO
Data: 05/06/2025 14:51:24-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
Orientador

 Documento assinado digitalmente
ALEX ANDRE BATISTA PIMENTEL
Data: 08/06/2025 15:05:11-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Me. Alex André Batista Pimentel
Doutorando
Programa de Pós-Graduação em Agronomia (UFPB)
Examinador (1)


Me. Gustavo dos Santos Nobre
Doutorando

Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
Associação Brasileira de Apoio à Cannabis Esperança (ABRACE)
Examinador (2)

Dedico, à minha mãe por todo o sacrifício e esforço.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Ciências Agrárias que me acolheu por todos estes anos.

Ao grupo de pesquisa Gênese e Serviços Ecológicos do Solo (GSES) e ao laboratório de Geologia e Mineralogia do Solo da Universidade Federal da Paraíba, por todo apoio e infraestrutura.

À Associação Brasileira de Apoio à Cannabis Esperança (ABRACE), por todo apoio e infraestrutura.

Ao Raphael Beirigo meu orientador, por todo conhecimento, ajuda e pela oportunidade de compartilhar nessa caminhada.

À minha mãe, que fez o possível e o impossível para que eu me formasse, essa graduação é nossa, mãe.

À minha família que sempre me apoiou nessa jornada.

Ao Dr. Luis Carlos Alcoforado, Dr. Gabriela Barreto Alcoforado e minha tia Maria do Socorro Barreto de Oliveira Alcoforado, por todo apoio e disponibilidade, sem eles não seria possível.

Aos amigos que fiz na universidade e levarei para a vida.

Ao Engenheiro Agrônomo e amigo Kaio Henrique Ferreira, pelo compartilhamento dos dados para esse trabalho.

RESUMO

O Brasil, é um grande produtor agrícola, muito dependente de fertilizantes importados, o que o torna vulnerável. Assim, esse trabalho busca alternativas como a rochagem como uma opção viável para o cultivo de maconha. O silício (Si), mesmo não sendo considerado essencial para o crescimento das plantas, apresenta diversos benefícios fundamentais para a produção em regiões que sofrem com secas, como o fortalecimento das paredes celulares, aumento da resistência a pragas e doenças, além de atuar estresses abióticos (seca, salinidade, toxicidade de metais pesados). O experimento foi conduzido na Associação Brasileira de Apoio à Cannabis Esperança (ABRACE), utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 repetições, com diminuição nos níveis de solução nutritiva (100%; 80% e 60%), comparativamente à adição de uma dose equivalente a 8 Mg/ha de remineralizador (REM) de basalto. Após a colheita, as folhas foram analisadas quanto aos teores de nutrientes. Os tratamentos com REM de basalto promoveram um aumento significativo no acúmulo de Si nas folhas. O tratamento sem REM de basalto, foi diferente ($P \leq 0,05$), com menor concentração de Si em relação ao tratamento com 100% de fertirrigação + REM de basalto. A inclusão do REM de basalto no substrato para o cultivo de maconha aumenta positivamente as concentrações de silício nas folhas e promove a biofortificação das plantas com maior resistência a pragas e doenças. O REM de basalto mostrou-se uma alternativa sustentável e de baixo custo para agricultura, especialmente em sistemas orgânicos, como o cultivo de maconha para uso medicinal.

Palavras-chave: fertilizantes; rochagem; agrogeologia; basalto; maconha.

ABSTRACT

Brazil is a major agricultural producer, highly dependent on imported fertilizers, which makes it vulnerable. Therefore, this study seeks alternatives such as rockfill as a viable option for marijuana cultivation. Silicon (Si), although not considered essential for plant growth, has several fundamental benefits for production in regions that suffer from droughts, such as strengthening cell walls, increasing resistance to pests and diseases, and acting against abiotic stresses (drought, salinity, heavy metal toxicity). The experiment was conducted at the Brazilian Association for the Support of Cannabis Esperança (ABRACE). A completely randomized design was used with 4 treatments and 3 replicates, with a decrease in the levels of nutrient solution (100%; 80% and 60%), compared to the addition of a dose equivalent to 8 Mg/ha of basalt remineralizer (REM). After harvest, the leaves were analyzed for nutrient content. Treatments with basalt REM promoted a significant increase in Si accumulation in the leaves. The treatment without basalt REM was different ($P \leq 0.05$), with a lower Si concentration compared to the treatment with 100% fertigation + basalt REM. The inclusion of basalt REM in the substrate for marijuana cultivation positively increases silicon concentrations in the leaves and promotes biofortification of plants with greater resistance to pests and diseases. Basalt REM proved to be a sustainable and low-cost alternative for agriculture, especially in organic systems, such as the cultivation of marijuana for medicinal use.

Keywords: fertilizers; rock dust; agrogeology; basalt; cannabis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Tratamentos experimento remineralizador de basalto.....	19
Figura 2 - Disposição dos tratamentos após incubação dos remineralizadores.....	22
Figura 3 - (A)Planta no estágio final de do experimento; (B) Processo de desfolha mecânica (trima), etapa de retirada de folhas para secagem na pré-colheita da maconha	23
Figura 4 - Níveis de Silício (mg.kg^{-1}) nas folhas de maconha	24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO LITERATURA.....	10
2.1 Fertilizantes na agricultura brasileir.....	10
2.2 Basalto como fonte de silício e sua importância na agricultura.....	11
2.3 Funções do silício na planta.....	13
2.4 Maconha no Brasil.....	16
3. METODOLOGIA.....	19
3.1 Local do experimento.....	19
3.2 Delineamento experimental.....	20
3.3 Preparo dosubstrato.....	20
3.4 Composição do remineralizador.....	20
3.5 Condução do experimento.....	21
3.6 Coleta de dados para análises.....	23
3.7 Análises Estatísticas.....	23
4. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de alimentos do mundo, o país acumulou posições de destaque sobre as exportações nas últimas duas décadas, tornando-se o quarto na exportação mundial de produtos agropecuários, sendo responsável por 7,8% da produção mundial.

Para manter esse nível de produtividade o Brasil consome grande quantidade de fertilizantes, o Brasil é responsável por cerca de 8% do consumo global de fertilizantes, sendo o quarto país do mundo, atrás apenas de China, Índia e Estados Unidos. A velocidade de crescimento da demanda brasileira tem superado o crescimento da oferta nacional e seu atendimento tem ocorrido via aumento de importações. Mais de 80% dos fertilizantes consumidos no Brasil são de origem estrangeira, mostrando a vulnerabilidade desse setor frente os desafios do comércio exterior.

Diante desta realidade, fontes alternativas de macro e micronutrientes tornam-se imprescindíveis para suprir as necessidades dos solos intemperizados, como os que ocorrem no Brasil. O uso do pó de rocha se mostra uma alternativa que altera positivamente a fertilidade do solo como já demonstrado por extensa literatura disponível como destacado na revisão literária deste estudo.

As dimensões continentais do Brasil associado as suas características edafoclimáticas, mão-de-obra disponível e tecnologias agrícolas se prestam para uma grande diversidade de cultivos, oportunizando o desenvolvimento de novas cadeias produtivas, como por exemplo, de maconha. Mercado em franca ascensão com potencial de gerar empregos e movimentar bilhões de reais anualmente. A partir de 2014, houve mudanças na justiça brasileira, autorizando a importação de medicamentos à de Cannabis para o tratamento de doenças raras.

Assim, o presente trabalho, teve como objetivo realizar um experimento coma utilização do pó de basalto como fonte de silício na produção de maconha para uso medicinal.

2. REVISÃO LITERATURA

2.1 Fertilizantes na agricultura brasileira

O Brasil é reconhecido como o quarto maior produtor de alimentos do mundo, conforme dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), sendo responsável por cerca de 7,8% do consumo global de fertilizantes, estando atrás apenas da China, Índia e Estados Unidos. Além disso, o país se encontra na quarta posição no consumo de Nitrogênio e na terceira de fósforo, além de ocupar o segundo posto no consumo de Potássio (ANDA, 2018).

Em 2022, observaram-se aumentos de preços dos fertilizantes minerais semelhantes aos patamares das altas de 2007/2008 segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), esse aumento de preços em relação ao ano de 2020 foi de 27,6%, de 2,42% e de 18,58% para os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, respectivamente. Esse movimento inflacionário continua até os dias atuais causando mudanças no planejamento produtivo, as quais repercutem na quantidade agrícola produzida. As causas dessas altas estão relacionadas a recente pandemia, assim como crises geopolíticas e conflitos no Leste Europeu (OGINO, GASQUES E VIEIRA FILHO, 2021) somando-se a isso, a guerra entre Rússia e Ucrânia, pressionou ainda mais a elevação dos preços (MENSI, REHMAN E VO, 2021). A Rússia é um dos principais países produtores e exportadores de fertilizantes nitrogenados e potássicos no mundo.

Em contrapartida, a produtividade das lavouras brasileiras aumentou significativamente ao longo das últimas décadas. Em termos numéricos, a produção de grãos aumentou mais de seis vezes entre 1975 e 2017, enquanto a área plantada apenas dobrou. A produtividade na agricultura brasileira cresceu 400% entre 1975 e 2020. A produção de soja, por exemplo, aumentou 557% nos últimos 30 anos (EMBRAPA, 2018).

Com níveis elevados de dependência dos fertilizantes importados para suprir a demanda de produção, se torna necessário buscar meios alternativos para que fiquemos menos dependentes de produtos importados e das variações de preço. A produção nacional não supre a demanda do país, e cresceu pouco nos últimos anos, enquanto a demanda de do insumo aumenta significativamente. Oliveira et al. (2018) destacam que os fertilizantes importados são isentos de tributação, tornando a concorrência desleal em relação ao produto nacional.

Os principais fatores que valorizaram os fertilizantes no Brasil, nos últimos anos, foram: o

crescimento econômico e o aumento no consumo de alimentos (BOTEON E LACERDA, 2009).

Temos ainda outros agravantes, o encarecimento do frete devido os aumentos constantes no preço do barril de petróleo, as barreiras protecionistas chinesas, que elevaram o tributo de exportação da matéria-prima em 135% para evitar uma possível escassez de oferta local (CELLA E ROSSI, 2010).

Diante desse cenário, foi criado o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF), conforme estabelecido pelo Decreto nº 10.605, de 22 de janeiro de 2021, com objetivo de ampliar a produção nacional de fertilizantes e fomentar o desenvolvimento de tecnologias adequadas ao ambiente agrícola brasileiro. O PNF busca fortalecer a competitividade do agronegócio brasileiro no mercado internacional, garantindo maior estabilidade de preços, segurança alimentar e geração de empregos, além de impulsionar a indústria nacional de fertilizantes de maneira sustentável (BRASIL, (2023); FERREIRA, (2025). Igualmente, o Complexo Minerioindustrial de Serra do Salitre (CMISS), inaugurado em 2024, também conhecido como Complexo EuroChem Salitre, é um projeto de mineração e produção de fertilizantes fosfatados localizado em Serra do Salitre, Minas Gerais. O complexo é desenvolvido pela EuroChem e visa reduzir a dependência brasileira de importação de fertilizantes, com capacidade para produzir 1 milhão de toneladas de fertilizantes por ano, reduzindo a dependência de fertilizantes importados.

O Brasil possui fontes naturais de basalto o que torna uma opção para produção de fertilizantes a base de pó de rocha. Além de ser uma alternativa para os resíduos de mineradoras, reduzindo o impacto ambiental e produzindo de acordo com os princípios agroecológicos.

2.2 Basalto como fonte de silício e sua importância na agricultura

A Agricultura contemporânea visa alinhar a produção de uma forma sustentável e de baixo impacto ambiental. Diante dos impactos da ação humana através do uso de fontes excessivamente solúveis de nutrientes de plantas, os agrominerais estão sendo cada vez mais indicados pelos especialistas em defesa do meio ambiente. O termo agrominerais, é visto como a forma de conseguir ou aproveitar matérias primas em forma de minerais (rochas, resíduos de mineração, garimpo e metalurgia) que podem ser utilizados na agricultura como forma de fertilizantes, condicionadores e corretivos do solo (PÁDUA, 2012).

A inclusão desses agrominerais na adubação do solo pode ser vista como uma estratégia para aumentar a produtividade, diminuindo a necessidade de fertilizantes solúveis convencionais e podendo reduzir os riscos ambientais que os mesmos trazem consigo (BONALDO, 2016). Os solos brasileiros em sua maioria são ácidos e pobres em nutrientes. Para se obter produtividade de culturas agrícolas são necessários altos investimentos em fertilizantes e corretivos. Tendo em vista que a produção nacional de fertilizantes solúveis é baixa, a maior parte dos fertilizantes ou matérias-primas é importada. Como destacou Hanisch et al. (2013), na última década, estudos vem avançando no cenário agrícola, o da utilização de insumos à base de pós de rochas, denominado de rochagem, como alternativa ou complementação ao uso de fertilizantes solúveis.

Na verdade, o uso de rochas moídas já era proposto desde o século XIX, por Julius Hensel. Seu livro “Pães de Pedra” sintetiza as ideias de que, ao se acrescentar esse material geológico ao solo, estaria sendo garantida a fertilidade e, portanto, a nutrição adequada para obtenção de plantas de melhor qualidade. Pádua (2012), destaca o uso de rochagem como uma importante opção para a fertilização sustentável do solo, pois é possível citar o fornecimento simultâneo de diversos nutrientes, feito de forma gradual, o que também obriga que sua avaliação seja feita em um período mais alongado do que quando são utilizados fertilizantes solúveis comuns, levando em consideração que os agrominerais têm uma solubilização mais lenta e apresentam efeitos residuais.

Dentre as rochas disponíveis para o emprego na agricultura está o basalto, rocha básica e magmática extrusiva, cujos principais constituintes são minerais aluminosilicatos do grupo dos piroxênios e plagioclásios, pouco resistentes ao intemperismo químico e importantes fontes de Ca, Mg e micronutrientes (FERREIRA et al., 2009). Os basaltos são rochas básicas, tidas como um admirável material de origem de solos, cooperando para sua fertilidade pelo predomínio de minerais naturalmente intemperizáveis e ricos em cátions (Resende et al., 2002 apud KNAPIK et al, 2004). Normalmente as rochas compostas por aluminosilicatos possuem quantidades variáveis de diversos nutrientes que podem se apresentar na forma de compostos com maior ou menor facilidade de solubilização, dependendo do teor total e da cinética de dissolução dos minerais (MACHADO et al., 2005). As rochas basálticas apresentam vários minerais silicatados na sua composição, sendo uma importante fonte de elementos minerais para o solo, dentre eles, altos teores de Si e Al além dos cátions básicos como Ca, Mg e Fe, são ricas em minerais facilmente alteráveis como piroxênios e plagioclásios (RESENDE et al., 2002).

O pó de basalto, por ser um composto mineral rico em silício, quando aplicado via solo enriquece os compostos constituídos de resíduos orgânicos (PRATES et al. 2010), colabora para a mineralização de solos degradados (THEODORO et al. 2012). O silício que é um elemento que não é essencial, mas que pesquisas mostram atuar em diversos benefícios, principalmente em regiões semiáridas com limitações de recurso hídrico, se mostra uma alternativa para a melhor produção agrícola nessas regiões. As investigações desenvolvidas por diversos pesquisadores (ALMEIDA; SILVA; RALISCH, 2006; CARVALHO, 2012; CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2017; FERNANDEZ, 2008; KNAPIK, 2005; RAMOS et al., 2020; SILVEIRA et al., 2010, THEODORO, 2000; THEODORO; LEONARDOS, 2006a, 2006b, 2005, entre outros) mostram que essa alternativa tecnológica é cada vez mais adequada para o Brasil, em função do seu perfil agrícola e devido à ampla oferta de materiais geológicos.

2.3 Funções do silício na planta

Investigações mostram que o silício tem mais funções do que às que normalmente são descritas na literatura, cujo destaque se dá sobre seus efeitos na estrutura da planta, na verdade, estudos tem revelado também funções potencializadoras para vários processos fisiológicos na planta, como aqueles associados as respostas ao estresse ambiental.

A absorção de Si da solução do solo ocorre preferencialmente na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), sendo que sua concentração varia de 0,1 a 0,6 mmol L⁻¹ (EPSTEIN, 1999). Quando o silício é absorvido de maneira passiva, na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4), pelas plantas acumuladoras de silício, como o arroz, cana e milho, ele é depositado e polimerizado abaixo da cutícula dos tecidos vegetais e forma uma dupla camada de sílica. Essa deposição cria uma barreira física que danifica o aparelho bucal de insetos sugadores e mastigadores e que pode diminuir ou atrasar a velocidade dos danos, deixando as pragas mais expostas a atuação de inimigos naturais. O silício também estimula o aumento da produção de tricomas, que são pequenos pelos que ficam na superfície da planta, o que torna a planta menos palatável e dificulta a digestão dos insetos (SANTOS, et al. 2025).

A entrada de Si nas células das raízes pode ocorrer pela ocupação do simplasto ou apoplasto, através do processo de difusão ativa ou por canais de água (RAVEN, 2001). A absorção também pode ocorrer por meio de proteínas de membranas específicas para o ácido monossilícico (KORNDÖRFER E SOUZA, 2018). Assim, o Si é considerado o único elemento que se absorvido em excesso pelas plantas não acarreta prejuízos no seu desenvolvimento

(CAMARGO, 2016a).

As plantas não acumuladoras de Si o absorvem mais lentamente que a água, propiciando o aumento de sua concentração no meio (LANA et al., 2003). Após a absorção ocorre o transporte a longa distância pelo xilema, sendo alocado na parede celular na forma de sílica amorfa hidratada ou opala biogênica ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), contribuindo com a rigidez e elasticidade dos tecidos (SANTOS et al., 2010).

A maior concentração de Si nas plantas se localiza em tecidos de suporte do caule e das folhas, sendo que 99% do elemento acumulado encontra-se na forma de ácido silícico polimerizado, apresentando reduzida solubilização, conseqüentemente baixa redistribuição (MENEGALE; CASTRO E MANCUSO, 2015). Outro fato relevante é que a acumulação de Si é maior nas regiões onde ocorre perda de água, tanto por evaporação quanto transpiração, sendo as folhas os órgãos mais ativos nesse aspecto (Lana et al., 2003).

Em espécies acumuladoras como o arroz ou o sorgo, o silício tem sido associado tanto ao estímulo da absorção de água em consequência da ativação das aquaporinas radiculares, como à osmorregulação e ao ajuste osmótico favorecendo a fotossíntese em situações de estresse hídrico, estresse salino e em resposta à deficiência de potássio. A ativação da síntese de citocinina modulada por silício também foi documentada em espécies conhecidas por sua incapacidade de acumular silício, a estimulação com citocinina reduziu a senescência foliar, o que pode contribuir para melhorar a baixa eficiência de utilização do nitrogênio. Além disso, o silício estimulou a expressão de transportadores de N nas raízes, aumentou a absorção de N e causou uma redução significativa no estresse oxidativo, consistente com o que foi observado em espécies em acúmulo (PEÑALOZA, 2018).

Os benefícios que este elemento tem trazido às plantas na resistência ao estresse abiótico são divididos em dois grupos: físicos e fisiológicos (CANTUÁRIO et al., 2014). O acúmulo do Si na parede celular das plantas se relaciona aos benefícios físicos, assim, criando uma barreira contra a perda de água e melhorando a arquitetura das plantas (KORNDORFER et al., 2002), em função da deposição do elemento na parede celular de folhas, caule e raízes.

Do ponto de vista fisiológico os benefícios do Si se relacionam com uma maior atividade fotossintética, supressão de pragas, resistência ao ataque de microrganismos fitopatogênicos, indução de reações metabólicas que formam compostos como fitoalexinas e lignina que beneficiam as plantas na tolerância à seca (POZZA et al., 2004).

Silva et al. (2012) destacam que o Si promove uma barreira física pré-infecção, esse efeito acontece através da deposição deste elemento na parede celular das plantas, pela formação de uma dupla camada de sílica amorfa e salificação das células, efeito que ocasiona dificuldade a penetração de microrganismos fitopatogênicos (Rodrigues et al., 2003). Além disso, barreiras pós- infecção também podem ser formadas no local de entrada destes organismos através de papilas (Pereira et al., 2009). E potencializa a atividade de enzimas como quitinases, peroxidase e polifenoloxidasas (LIANG E SUN, 2005). É um elemento que atua beneficiando a ação de defesa antioxidativa das plantas, em resposta ao estresse hídrico e aumento de temperatura, pois nestas condições as plantas acumulam peróxido de hidrogênio e prolina, assim o Si atua aumentando a resistência estomática e reduzindo o dano oxidativo em moléculas funcionais (CRUSCIOL et al., 2009; GUNES et al., 2007).

O Si é capaz melhorar o controle osmótico da planta, ou seja, regula as perdas de água por evapotranspiração. Em adição, o seu acúmulo na parede celular dos órgãos de transpiração, também auxilia na redução da transpiração da planta. Na pesquisa Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo, Farias, (2000), observou que quanto maior a condição de estresse hídrico, maior a resposta (produção de grãos) das plantas de arroz.

A salinidade se caracteriza por provocar um dos estresses abióticos mais eminentes em regiões áridas e semiáridas, contribuindo para elevadas perdas em produção nessas regiões, devido a grandes contrastes ambientais (PARIDA; DAS, 2004). Ahmad (1992) conseguiu resultados satisfatórios na produção de trigo sob efeito de doses de Si na redução da toxidez provocada pela salinidade (Na), posteriormente, a aplicação de Si proporcionou resultados semelhantes em culturas distintas, como algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) DC (BRADBURY E AHMAD, 1990), Caju (*Anacardium occidentale* L.) e moringa (*Moringa oleífera* Lam.) (MIRANDA, 2002).

Outro estresse abiótico que vale destacar é a capacidade do silício em aumentar a resistência das culturas aos metais tóxicos, como o alumínio e o cádmio, que são muito nocivos ao desenvolvimento das plantas em condições de acidez do solo. Hodson e Sangster (1999), explicam que o alumínio e o silício podem formar hidroxialuminossilicatos (HAS), levando à redução dos sintomas de toxicidade e favorecendo o desenvolvimento da planta. Outro mecanismo de atuação sobre o cádmio também acontece de forma similar, já que o silício possui

uma extrema afinidade por esse elemento. Por isso, os níveis de cádmio das plantas são menores quando a adubação silicatada é feita de forma adequada.

Sousa Junior (2019), ao estudar o efeito tóxico do Al em plantas jovens de cana-de-açúcar constatou que adubação silicatada reduz os efeitos do estresse que mitigam o crescimento vegetativo. Além disso, o autor destaca que sob a presença de Si as plantas incrementaram o crescimento da parte aérea e do sistema radicular.

No entanto, a grande influência que o silício tem na produtividade das culturas, uma vez que as mudanças anatômicas e fisiológicas promovidas pela atuação desse nutriente favorecem uma das principais fontes de energia que as culturas usam para expressar sua produtividade: a fotossíntese.

Alguns autores recentemente têm se dedicado ao estudo dos efeitos benéficos causados pelo Si em resposta a deficiência por micronutrientes, como ferro (Fe) e zinco (Zn) (HERNANDEZ- APAOLAZA, 2014). Em estudo realizado por Gonzalo et al. (2013), constatou-se que a aplicação de Si foi capaz de atenuar o estresse provocado em função da deficiência de Fe em plantas de soja onde a adição de Si provocou atraso na clorose. Além disso, em plantas de arroz o Si promoveu maior distribuição de Zn do sistema radicular para a parte aérea da planta (MEHRABANJOUANI et al., 2015). A deficiência de ferro (Fe) em plantas leva à clorose, um amarelecimento das folhas que afeta a fotossíntese. O ferro é essencial para a produção de clorofila, o pigmento verde responsável por capturar a luz solar e realizar a fotossíntese. Quando há falta de ferro, a planta não consegue sintetizar clorofila em quantidade suficiente, resultando nas folhas amareladas e, conseqüentemente, na diminuição da eficiência da fotossíntese. (ALMEIDA et al, 2002)

2.4 Maconha no Brasil

A história da maconha no Brasil tem seu início com a própria descoberta do país. A maconha é uma planta exótica, ou seja, não é natural do Brasil, foi trazida pelos escravos negros, daí a sua denominação de fumo-de-Angola. O seu uso disseminou-se rapidamente entre os negros escravos e nossos índios, que passaram a cultivá-la. Séculos mais tarde, com a popularização da planta entre intelectuais franceses e médicos ingleses do exército imperial na Índia, ela passou a ser considerada em nosso meio um excelente medicamento indicado para muitos males. A demonização da maconha no Brasil iniciou-se na década de 1920 e, na II Conferência Internacional do Ópio, em 1924, em Genebra, o delegado brasileiro Dr. Pernambuco afirmou para as delegações de 45 outros países: "a maconha é mais perigosa que o

ópio". Apesar das tentativas anteriores, no século XIX e princípios do século XX, a perseguição policial aos usuários de maconha somente se fez constante e enérgica a partir da década de 1930, possivelmente como resultante da decisão da II Conferência Internacional do Ópio (CARLINI, 2006)

A criminalização do uso e cultivo, trouxeram como consequência a desinformação e a limitação de pesquisas envolvendo o uso de maconha no país, atualmente, a maconha passa por avanços em relação a pesquisas e seus potenciais, especialmente, os terapêuticos. Em 2020 a OMS retirou a maconha da lista de narcóticos perigosos, elevando as discussões a respeito da sua exploração a nível mundial e, conseqüentemente, o tabu a cerca desse assunto com respaldo de estudos mais aprofundados.

No Brasil, a legalização da maconha vem ocorrendo lentamente, o primeiro passo foi em 2014, quando a justiça permitiu importar um medicamento derivado de maconha para uma criança de 14 anos com uma doença rara. A partir dessa decisão favorável, houve uma crescente onda de ações judiciais para a liberação de importação de medicamentos à base de maconha e de permissão para auto cultivo, aliada isso houve também muita pressão por parte dos movimentos sociais, de familiares e associações de pacientes, demandando do Ministério da Saúde uma atenção especial e a criação da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 327, de 9 de dezembro de 2019, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Essa resolução estabeleceu critérios e requisitos para a fabricação, importação, comercialização, prescrição, distribuição, monitoramento e fiscalização de produtos derivados de maconha para fins medicinais no Brasil (BRASIL, 2019; FERREIRA, 2025).

A normativa garantiu maior controle e segurança no acesso a esses produtos, permitindo que empresas e associações cumprissem exigências específicas para obter autorização de funcionamento, beneficiando pacientes que necessitam de tratamentos com medicamentos à base de derivados da maconha (FERREIRA, 2025). Importante decisão para facilitar que pacientes que precisam desse medicamento tenham acesso mais fácil.

A Associação Brasileira das Indústrias de Cannabis (ABICANN) estima que o Brasil deixe de movimentar cerca de US\$ 30 bilhões — ou R\$ 167,81 bilhões, indústria que vai muito além do uso recreativo ou terapêutico, as áreas de pesquisa, agronegócio — com produtores de todos os portes — e agroindústria estão entre os destaques elencados pelo presidente da associação, Thiago Ermano -“O principal é agroindústria, que tem a capacidade de produzir cerca de 50 mil itens com as matérias-primas dessa planta. Desde a parede com concreto ao plástico, e até alimentos e medicamentos, tanto para humanos quanto animais” - afirma o

presidente da ABICANN.

De acordo com a Kaya Mind, empresa brasileira especializada em dados e inteligência de mercado da cannabis, o mercado de medicamentos à base de canabidiol (CBD) movimentou R\$ 699 milhões em 2023. Em 2024, esse volume chegou a R\$ 853 milhões, representando um aumento de 22% em relação ao ano anterior. Para 2025, o crescimento esperado é superior a 17%, atingindo a marca histórica de R\$ 1 bilhão. Segundo a jornalista, a importação ainda é a principal via de acesso aos medicamentos. Em 2024, 47% dos pacientes adquiriram produtos importados, enquanto 31% optaram por compra em farmácias e 22% recorreram a associações especializadas.

Muito embora, o grande potencial econômico, medicinal e social da Cannabis, os tabus e a criminalização que envolvem o seu cultivo promoveram, igualmente, a escassez de informações técnicas de manejo e de cultivo e que ainda precisam ser consolidadas.

3. METODOLOGIA

3.1 Local do experimento

O estudo foi realizado em uma das áreas de produção do cultivo da Associação Brasileira de Apoio à Cannabis Esperança (ABRACE), situado no município de Campina Grande, Paraíba. O clima da região é classificado como As, quente e úmido, com chuvas predominantes no outono e inverno, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013). A média anual de precipitação é de 651 mm, com temperaturas máximas e mínimas médias de 24,7°C e 21,1°C, respectivamente.

O experimento foi conduzido em estufa semi-controlada (Figura 1), equipadas com proteção de tela antiáfídeos nas laterais e plástico transparente no teto para aproveitamento da luz solar e controle na interferência de chuvas ou outros fatores externos durante os meses de setembro de 2024 a janeiro de 2025.

Figura 1- Tratamentos experimento remineralizador de basalto.



Fonte: Ferreira, (2025).

3.2 Delineamento experimental

O estudo foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), constituído de 4 tratamentos (T0: controle, utilizando 100 % da solução de fertirrigação; T1: 100% de solução de fertirrigação + 8 Mg. ha⁻¹ de remineralizador basalto; T2: 80% de solução de fertirrigação + 8 t. ha⁻¹ de remineralizador basalto; T3: 60% de solução fertirrigação + 8 Mg.ha⁻¹ remineralizador basalto) com 3 repetições, onde uma planta por parcela foi utilizada.

3.3 Preparo do substrato

As plantas foram cultivadas em vasos de polietileno com capacidade de 18 L, os quais foram preenchidos com mistura de perlita, substrato comercial turfa *Carollina Soil*® e esterco bovino adotando a proporção 1,5/1/0,25. O substrato comercial é constituído de vermiculita expandida, calcário dolomítico, gesso agrícola e fertilizante NPK (traços), apresentando as seguintes características físico-químicas: pH 5,5, condutividade elétrica 0,7 +/- 0,3, mS/cm⁻³ densidade: 145 kg m³ de acordo com metodologia descrita por Ferreira, (2025).

Esse substrato também desempenha um papel essencial na retenção adequada de umidade, complementando as propriedades da perlita e contribuindo para o equilíbrio hídrico do substrato (GARCIA et al., 2019; FERREIRA, (2025).

3.4 Composição mineralógica e química do remineralizador de basalto

O basalto é da unidade litoestratigráfica Formação Campos Novos (SANTOS, 2002). O pó de rocha utilizado no experimento apresenta teores de soma de bases que atendem as exigências da Instrução Normativa 05/2016 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para cadastro como remineralizador e uso na agricultura (BRASIL, 2016). Os principais elementos são silício, ferro, cálcio, alumínio, magnésio, fósforo, titânio e potássio (Tabela1). Os principais minerais são Labradorita, Fe-Augita, Andesina, Saponita, Calcita, mineral de baixa cristalinidade, Ilmenita e Mg-Calcita.

Tabela 1- Composição química do remineralizador basalto.

Óxidos	%	Elementos	%
SiO ₂	35,99	Si	16,83
Fe ₂ O ₃	29,2	Fe	20,42
CaO	16,22	Ca	11,2
Al ₂ O ₃	10,92	Al	5,78
TiO ₂	3,83	Ti	2,29
K ₂ O	1,86	K	1,56
Co ₃ O ₄	0,52	Co	0,38
P ₂ O ₅	0,48	P	0,21
MnO	0,26	Mn	0,2
SrO	0,18	Sr	0,16
BaO	0,14	Ba	0,12
NiO	0,1	Ni	0,08
ZrO ₂	0,08	Zr	0,06
Cr ₂ O ₃	0,08	Cr	0,05
Cl	0,05	Cl	0,05
ZnO	0,04	Zn	0,03
Nb ₂ O ₅	0,02	Nb	0,01
CuO	0,01	Cu	0,01
Y ₂ O ₃	0,01	Y	0,01
Ga ₂ O ₃	0,01	Ga	0,01

Os remineralizadores foram incorporados ao substrato, incubando-se durante 45 dias antes do transplante das mudas, mantendo-se a umidade em 60% capacidade de campo do solo.

3.5 Condução do experimento

A metodologia de condução experimental foi baseada no estudo de Wei Xiuye et al. (2023) adaptado as condições de produção identificadas na área de cultivo. A área de produção em estufa manteve a disponibilidade de luz natural durante 12 horas/dia e 6 horas/dia de luz artificial durante o período vegetativo (Figura 2).

Figura 2. Disposição dos tratamentos após incubação dos remineralizadores.



Fonte: Ferreira, (2025)

As mudas utilizadas no experimento foram obtidas a partir de clones provenientes das plantas mãe (matrizes) da variedade selecionada para a produção de óleo medicinal. A variedade Zita Jones foi utilizada, essa variedade é uma planta híbrida, que no cultivo em vasos na associação tem uma produtividade esperada em torno de 100 gramas por planta e produz elevada concentração de canabidiol (CBD), sendo utilizada para fabricação de produtos de concentração de 20 mg/ml, 30mg/ml, 100 mg/ml e 200mg/ml de CBD (FERREIRA, 2025)

Após o período de incubação (45 dias) foram realizados os transplântios das mudas. (A fertirrigação foi realizada com turno de rega de 2 dias, mantendo-se a capacidade de campo do solo em 60%. O fotoperíodo durante o período do vegetativo foi mantido com 18 horas de luz e 6 horas de ausência de luz, visando suplementação do fotoperíodo, utilizou-se luz artificial (leds de 100 w), sendo mantida por sistema automatizado por *timerlock* para ativação de luz artificial pelo período de 21 dias no período vegetativo e na floração, realizando-se a alteração do fotoperíodo para 12 horas de luz ao dia, suprimindo-se a suplementação artificial pelo período

de 45 dias antes no início da colheita (FERREIRA, 2025). Destaca-se que durante a realização desse estudo, não foram perdidas parcelas por ataques de pragas e nenhum tipo de doença foi observado nas plantas.

3.6 Coleta de dados para análise

As folhas das plantas foram retiradas antes da colheita, ainda frescas e submetidas à secagem em estufa a 65°C, posteriormente enviadas ao laboratório para análise foliar de macro e micronutrientes, após o processo de desfolha, realizado na etapa de pré-colheita (Figura 3).

Figura 3- A e B- (A): planta no estágio final de do experimento; (B): processo de desfolha mecânica (trima), etapa de retirada de folhas para secagem na pré-colheita da maconha.



Fonte: Ferreira (2025).

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA; $p \leq 0,05$). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As imagens foram geradas usando o software SigmaPlot® 12.5.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A figura 4, apresenta os resultados médios encontrados para teores de silício nas folhas de maconha, observa-se que, aqueles tratamentos que receberam REM de basalto no substrato foram os que apresentaram igualmente maiores concentrações de silício nas folhas.

Os tratamentos sem REM de basalto (T0), foram diferentea ($P \leq 0,05$) em relação ao tratamento com 100% de fertirrigação + 8 t. ha⁻¹ de REM de basalto (T1), onde, as médias encontradas foram 1038 mg/kg e 1210 mg/kg de matéria seca, para os tratamentos T0 e T1, respectivamente (Figura 4).

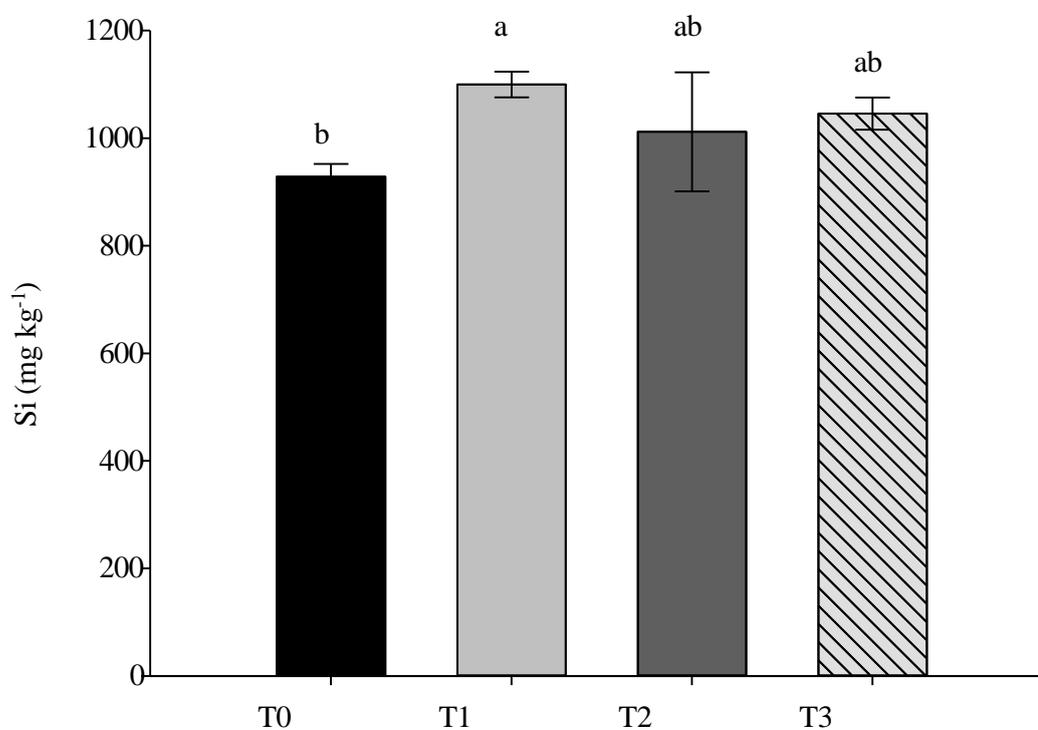


Figura 4 - Níveis de Silício (mg/kg) nas folhas de maconha.

Os tratamentos que tiveram redução na fertirrigação (80% e 60%) não se mostraram estaticamente diferentes entre o tratamento com o maior nível de fertirrigação + REM de basalto, indicando que o tratamento com a menor concentração de fertirrigação, apresentou níveis semelhantes de concentração de silício nas folhas das plantas em relação aos outros tratamentos.

Em braquiária, Sousa e Santos (2010), observaram aumento linear dos teores de silício

na parte aérea das plantas até doses de 1600 kg. ha⁻¹ de silício disponível no solo. Trabalhando com aplicação foliar de silício em milho, Freitas et al. (2011) obtiveram aumento dos teores foliares até a dose de 217,9 g. ha⁻¹.

O silício, ao ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado pelo xilema, tendendo a acumular-se naturalmente e polimerizar-se nas folhas. Estudos conduzidos na Universidade Federal de Uberlândia, confirmam os resultados obtidos, ao relatarem que mais de 94% do silício absorvido pelo trigo é transportado para a parte aérea, concentrando-se nas folhas mais velhas, as quais contém próximo de 12%. Trabalhando com plantas de pepino, Barber e Shone (1966) verificaram que ao ser interrompido o suprimento de silício na solução, as folhas superiores apresentaram concentração de silício marcadamente menor que as inferiores, indicando baixa translocação desse elemento na planta.

O REM de basalto, por ser um composto mineral rico em silício, quando aplicado via solo enriquece os compostos constituídos de resíduos orgânicos (PRATES et al. 2010), colabora para a mineralização de solos degradados (THEODORO et al. 2012) e conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes para os cultivos.

Durante todo o ciclo de cultivo não houve incidência de pragas e doenças e produtividade das plantas foram iguais independente do tratamento. O uso de remineralizador de basalto no cultivo de maconha é um insumo relativamente barato e que promove a biofortificação das plantas com maior eficiência no uso da água e resistência de pragas e doenças.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adição de pó de rocha no substrato aumentou a concentração de silício nas folhas de maconhas em todos os níveis estudados, em comparação aquelas cultivadas somente com fertirrigação. A concentração de Si nas folhas de maconha cultivadas com o nível de 60% de solução fertirrigação + 8 Mg. ha⁻¹ remineralizador basalto, não foi diferente naquelas cultivadas com 100% e 80% de solução de fertirrigação + 8 Mg. ha⁻¹ de remineralizador de basalto, indicando uma economia nos custos de produção.

O uso de REM basalto é uma alternativa eficaz e baseada na natureza para fornecer Si para a maconha, melhorando sua resistência a pragas e doenças. O uso de remineralizadores de solo é uma alternativa com viabilidade técnica e econômica a redução da dependência de fertilizantes de alta solubilidade na produção de agropecuária. A maconha é uma planta estratégica para Brasil e depende de pesquisas científicas para a produção e desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, R. **Silicon in plant nutrition**. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, v. 13, n. 1, p. 35–39, 1992.
- ALMEIDA, A. P. S. P. de. **Uso de pó de rocha e seus efeitos na microbiota do solo**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 2, n. 3, p. 314–318, 2007.
- ANANDA – Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Informações sobre o mercado de fertilizantes**. São Paulo: ANANDA, 2018. Disponível em: <https://anda.org.br>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- ALVARES, C. A. et al. **Köppen’s climate classification map for Brazil**. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.
- BARBER, D. A.; SHONE M. G. T. **The absorption of silica from aqueous solutions by plants**. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 17, p. 569-578, 1966.
- BENEDUZZI, T. R. **Efeito do pó de basalto sobre o desenvolvimento de plantas**. *Boletim Técnico da Embrapa*, n. 67, p. 1–15, 2011.
- BONALDO, S. M. **Rochagem: alternativa para a sustentabilidade do solo**. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 11, n. 2, p. 145–152, 2016.
- BOTTEON, M.; LACERDA, M. A. D. de. **A participação da fruticultura no agronegócio brasileiro**. Paraíba., 2009. Disponível em: <http://joaootavio.com.br/bioterra/workspace/uploads/artigos/fruticultura-5156392877e16.pdf>. Acesso em: 7 maio 2025.
- BRADBURY, M.; AHMAD, R. **Role of silicon in the resistance of Prosopis juliflora to salinity**. *Journal of Arid Environments*, v. 18, n. 1, p. 69–76, 1990..
- CAMARGO, M. S. **Silício na agricultura: uma revisão**. *Informações Agronômicas*, v. 154, p. 1–7, 2016
- CARLINI, E. A. **A história da maconha no Brasil**. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 28, supl. 1, p. S5–S7, 2006.
- CELLA, C.; ROSSI, R. A. **A influência do mercado internacional de fertilizantes sobre a agricultura brasileira**. *Boletim de Pesquisa Econômica*, v. 12, n. 3, p. 45–59, 2010.
- CNN BRASIL. **Regulamentação da indústria da maconha poderia gerar mais de R\$ 167 bi por ano, diz associação**. *CNN Brasil*, 27 abr. 2023. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroecologia/regulamentacao-da-industria-da-maconha-poderia-gerar-mais-de-r-167-bi-por-ano-diz-associacao/>. Acesso em: 6 maio 2025.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. **Efeito do silício em plantas sob estresse hídrico.** *Bragantia*, v. 68, n. 3, p. 697–705, 2009.

EMBRAPA. **Trajatória da agricultura brasileira.** Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 7 maio 2025.

FARIA, R. **Efeito da acumulação de silício e a tolerância das plantas de arroz do sequeiro ao déficit hídrico do solo.** 2000. 47p. - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FERREIRA, K. H. C. **Remineralizadores de solo na nutrição e produção de maconha para uso medicinal.** 2025. 71 p. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2025.

FERREIRA, E.R.N.C.; ALMEIDA, J.A.; MAFRA, A.L. **Pó de basalto, desenvolvimento e nutrição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) e propriedades químicas de um Cambissolo Húmico.** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v.8, n.2, p.111-121, 2009.

FRAGA, B. P.; IULIANELLI, G. C. **Cannabis medicinal no Brasil: história e desafios.** São Paulo: UFSP, 2010.

FREITAS, L. B.; COELHO, E. M.; MAIA, S. C. M.; SILVA, T. R. B. **Adubação foliar com silício na cultura do milho.** *Revista Ceres, Viçosa*, v. 58, n. 2, p. 262-267, 2011.

GARCIA, M. C. et al. **Propriedades físico-químicas de substratos para cultivo protegido.** *Horticultura Brasileira*, v. 37, p. 43–49, 2019.

GOMES F. B.; MORAES J. C.; SANTOS C. D.; GOUSSAIN M. M. **Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids.** *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 62, p. 547-551, 2005.

GUNES, A. et al. **Beneficial effects of silicon on the alleviation of salinity stress in wheat.** *Plant and Soil*, v. 297, p. 147–155, 2007.

HANISCH, A.L. et al. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v.3, n.2., p.100-107, 2013

HENSEL, F. **Agrominerais: rochas para fertilização e remineralização do solo.** Petrópolis: Editora Expressão Popular, 2003.

HERNANDEZ-APAOLAZA, L. **Agronomic feasibility of silicon fertilization in deficient crops.** *Plant and Soil*, v. 384, p. 105–123, 2014.

KAYA MIND. **Anuário da Cannabis Medicinal no Brasil 2024.** São Paulo: Kaya Mind, 2024. Disponível em: <https://kayamind.com/anuario-da-cannabis-medicinal-2024/>. Acesso em: 19 maio 2025.

KORNDÖRFER, G. H.; SOUZA, G. F. de. **Aplicação de silício na agricultura tropical.** In: FERREIRA, M. E. et al. (org.). *Manual de calagem e adubação para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 2018. p. 565–580.

- KNAPIK, J. et al. **Basalto como fonte de nutrientes**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, p. 1–9, 2004.
- LANDA, E. A. et al. **Absorção de silício por diferentes culturas**. *Ciência Rural*, v. 33, p. 907–913, 2003.
- LEONARDOS, O. H. et al. **Rochagem: fertilização com rochas moídas**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 1, n. 1, p. 15–22, 1976.
- LIANG, Y. C.; SUN, W. C.; SI, J. **Effects of foliar- and root-applied silicon on the enhancement of induced resistance to powdery mildew in *Cucumis sativus***. Plant Pathology, v. 54, p. 678–685, 2005.
- LUYCKX, M. et al. **Silicon and plants: current knowledge and emerging concepts**. *Plants*, v. 10, n. 2, p. 1–20, 2021.
- MEDEIROS, J. C. et al. **Potencial de remineralizadores no semiárido**. Revista Brasileira de Geociências, v. 51, n. 1, p. 99–109, 2021.
- MENEGALE, M.; CASTRO, C. M.; MANCUSO, M. A. **Distribuição de silício em plantas**. Agrarian Academy, v. 12, p. 35–44, 2015.
- MIRANDA, A. D. **Produção de Moringa sob diferentes doses de silício**. Revista Ciência Agronômica, v. 33, n. 2, p. 147–152, 2002.
- MOREIRA, A. et al. **Absorção e translocação de silício em plantas**. Embrapa Amazônia Ocidental – Comunicado Técnico, n. 107, p. 1–6, 2010.
- NOJOSA, G. B. et al. **Resistência de plantas a insetos com uso de silício**. Revista Brasileira de Entomologia, v. 49, n. 2, p. 223–229, 2005.
- OGINO, Cristiane Mitie; GASQUES, José Garcia; VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. **Relação dinâmica: fertilizantes minerais e agricultura brasileira**. Brasília, DF: Ipea, 2023. 40 p. il. (Texto para Discussão, n. 2928). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.38116/td2928-port>. Acesso em: 6 maio 2025.
- OSTERROHT, R. **Rochagem: tecnologia e sustentabilidade**. Boletim Técnico da Embrapa, n. 89, p. 1–20, 2003.
- PÁDUA, M. R. **Agrominerais como fontes alternativas de nutrientes**. Geociências, v. 31, p. 47–56, 2012.
- PEÑALOZA, E. R. **Atuação do silício na absorção de nutrientes e resistência a estresses**. Universidad de Chile – Tesis Doctoral, 2018.
- PEREIRA, A. R. et al. **Mecanismos de defesa vegetal mediados por silício**. Fitopatologia Brasileira, v. 34, p. 119–124, 2009.
- POZZA, E. A. et al. **Silício e sua ação na defesa de plantas**. Ciência e Agrotecnologia, v. 28,

p. 103–110, 2004.

PRATES, J. S. et al. **Efeito do pó de basalto em solos degradados**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 5, p. 35–42, 2010.

RAVEN, J. A. **Silicon transport at the cell membrane interface**. Annals of Botany, v. 87, p. 31–35, 2001.

RESENDE, M. et al. **Caracterização de rochas basálticas e sua aplicabilidade agrícola**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, p. 381–389, 2002.

RODRIGUES, F. A. et al. **Deposição de silício e resistência a doenças**. Fitopatologia Brasileira, v. 28, p. 345–352, 2003.

SANTOS, R. A.; ROSAS, A. G. **Cannabis medicinal no Brasil: desafios regulatórios**. Revista de Políticas Públicas, v. 25, n. 2, p. 119–135, 2021.

SILVA, H. O. et al. **Efeito do silício sobre o ataque de pragas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – Embrapa, n. 41, p. 1–18, 2010.

SOUSA, R. T. X.; SANTOS, A. P. **Influência da adubação silicatada no aproveitamento de silício e teor foliar de nutrientes na Braquiária brizantha**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 6, n. 11, 2010

SOUSA JUNIOR, J. **Efeito do silício no estresse por alumínio em cana-de-açúcar**. Revista Ciência Agronômica, v. 50, p. 257–264, 2019.

TEODORO, P. E.; RIBEIRO, L. P.; OLIVEIRA, E. P.; CORRÊA, C. C. G.; TORRES, F. E. **Dry mass in soybean in response to application leaf with silicon under conditions of water deficit**. Bioscience Journal, v. 31, p. 161–170, 2015.

THEODORO, S. H. et al. **Rochagem e agricultura sustentável**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 7, p. 1–8, 2012.

THEODORO, S. H. **Rochagem: uma alternativa para o desenvolvimento rural sustentável**.

1. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006. 206 p.

THEODORO, S.H & LEONARDOS, O.H 2006. **Sustainable farming with native rocks: the transition without revolution**. Anais da Acad. Bras. de Ciências. Rio de Janeiro/RJ. Vol.78 no.4 p: 715 – 720

THEODORO, S. H. **Remineralizadores de solo e rochagem: nova proposta de desenvolvimento rural com base no aproveitamento de recursos minerais**. 2000. 233 f. Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

VALOR ECONÔMICO. **Mercado de cannabis medicinal deve atingir R\$ 1 bi em 2025**, diz Kaya Mind. *Valor Econômico*, 3 fev. 2025. Disponível em: <https://valor.globo.com/patrocinado/dino/noticia/2025/02/03/mercado-de-cannabis-medicinal-deve-atingir-r-1-bi-em-2025.ghtml>. Acesso em: 6 maio 2025.

VAN STRAATEN, P. **Rocks for crops: agrominerals of sub-Saharan Africa**. Nairobi: ICRAF, 2007. 338 p.

VELOSO C. **Quais são os benefícios do uso do silício nas plantas?** Verde Agritech, [s. l.], 24 abr. 2023. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/nutricao-de-plantas/quais-sao-os-beneficios-do-uso-do-silicio-nas-plantas/>. Acesso em: 7 maio 2025.