

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

JOÃO PAULO RODRIGUES CORREA LIMA

REMINERALIZADOR COMO FONTE DE POTÁSSIO NA CULTURA DO MILHO

Monte Carmelo
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

REMINERALIZADOR COMO FONTE DE POTÁSSIO NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José Marques

Monte Carmelo
2024

JOÃO PAULO RODRIGUES CORREA LIMA

REMINERALIZADOR COMO FONTE DE POTÁSSIO NA CULTURA DO MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 16 de abril de 2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Douglas José Marques
Orientador (a)

Prof. Dr. Cinara Xavier de Almeida
Membro da banca

Prof. Dr. Hudson Carvalho Bianchini
Membro da banca

JOÃO PAULO RODRIGUES CORREA LIMA
AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a oportunidade de viver a cada dia e me conceder força, resiliência e confiança para consolidar meus objetivos.

Agradeço à minha família, meus pais Dirceu e Claudia, meu irmão Nathã, por serem minha base, confiarem em mim e me ajudarem por diversas vezes nessa jornada. Aos meus amigos da graduação, Maria Clara Gabriel Silva, Michelly de Moraes Ferreira e Nádia Mendes Diniz pelo companheirismo e amizade que fizeram os obstáculos serem superados com tanta leveza.

Ao Prof. Dr. Douglas José Marques, pela orientação e parceria na elaboração e condução deste trabalho, pela paciência e conselhos valiosos que levarei comigo para toda vida.

Meus agradecimentos a Marco Iony pela parceria na condução deste trabalho, pela troca de experiências, por todo aprendizado, que foram essenciais para a finalização deste experimento científico.

A Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade cedida, por cumprir tão bem seu papel perante a sociedade e na formação de seus alunos, pela dedicação das pessoas envolvidas que formam um time de excelência em ensino e em desenvolver pessoas.

A todos que de alguma forma contribuíram para a execução deste trabalho, que me apoiaram em momentos de incerteza, que me estenderam a mão e uma palavra de conforto, meus sinceros agradecimentos por tudo.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1 Importância econômica do milho	9
2.2 Segurança alimentar e a dependência de fertilizantes	11
2.3 Fertilizantes potássicos no cultivo do milho	11
2.4 Remineralizadores do solo	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1 Condições e local de estudo	14
3.2 Híbrido de milho	15
3.3 Solo e adubação	16
3.4 Manejo da irrigação	18
3.5 Delineamento experimental	20
3.6 Avaliações	22
3.6.1 Teor de K e Si no solo	22
3.6.2 Condutividade elétrica	22
3.6.3 Massa seca da parte aérea	22
3.6.4 Teor de K na folha	23
3.6.5 Produtividade	23
3.7 Análise de dados	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5. CONCLUSÕES	33
6. REFERÊNCIAS	34

RESUMO

Os fertilizantes representam um dos principais desafios na produção de milho devido à significativa dependência do Brasil em relação a outros países, notadamente a Ucrânia e a Rússia. O potássio é um nutriente importante na ativação enzimática, metabolismo e produtividade do milho. Como uma das alternativas para diminuir a dependência dos fertilizantes potássicos, o uso regional dos remineralizadores podem ser uma ótima opção. A hipótese da pesquisa se baseia na aplicação do remineralizador caracterizado como “*Completo*” como fonte de potássio na produtividade do milho. O objetivo da pesquisa foi investigar a aplicação do remineralizador “*Completo*” como fonte de K em solos de diferentes texturas e seu efeito na condutividade elétrica e na fertilidade do solo, na nutrição e produção do milho. O delineamento experimental utilizado foi fatorial 2×5 +(controle), com quatro repetições: sendo duas texturas do solo (CXbd e LVd) x cinco concentrações do remineralizador (4; 8; 12; 16; 20 Mg ha⁻¹) e um tratamento controle usando *Ekosil* (4 Mg ha⁻¹). As variáveis avaliadas foram matéria seca total, teor de potássio no solo e planta, teor de silício no solo, condutividade elétrica e produção da cultura. Conclui-se que os remineralizadores promoveram alterações no teor de Si e K no solo, K na folha, aumentou a condutividade elétrica no solo, massa seca da folha e a produção do milho. Independentemente das fontes dos remineralizadores a produção não diferenciou na cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Completo; Rochagem; Fontes alternativas; Fertilizantes.

ABSTRACT

Fertilizers represent one of the main challenges in corn production due to Brazil's significant dependence on other countries, notably Ukraine and Russia. Potassium is an important nutrient for enzymatic activation, metabolism, and corn productivity. As one alternative to reduce dependence on potassium fertilizers, regional use of remineralizers can be an excellent option. The research hypothesis is based on applying the remineralizer characterized as "Complete" as a potassium source in corn productivity. The objective was to investigate the application of the "Complete" remineralizer as a K source in soils with different textures and its effect on electrical conductivity, soil fertility, nutrition, and corn production. The experimental design was a factorial $2 \times 5 +$ (control), with four repetitions: two soil textures (CXbd and LVd) \times five remineralizer concentrations (4; 8; 12; 16; 20 Mg ha⁻¹) and a control treatment using Ekosil (4 Mg ha⁻¹). Evaluated variables included total dry matter, potassium content in soil and plants, silicon content in soil, electrical conductivity, and crop yield. It was concluded that remineralizers caused changes in Si and K content in soil, leaf K content, increased soil electrical conductivity, leaf dry mass, and corn production. Regardless of remineralizer sources, corn production did not differ.

KEYWORDS: Complete; Rocking; Alternative sources; Fertilizers.

1. INTRODUÇÃO

Para a sustentabilidade da produção do milho é necessário ajustes e adaptações no manejo nutricional visando o aumento da produtividade (ALVES et al, 2019). Entre essas mudanças, o manejo do solo com adoção de práticas regenerativas (GALVÃO et al, 2014) para criar sistemas que valorizem a ciclagem de nutrientes no solo visando aumentar a produtividade, proporcional à quantidade dos nutrientes (COELHO, 2006).

Nesse contexto de produtividade, o uso de fertilizantes minerais se tornou crucial, expondo a produção agrícola brasileira a instabilidades econômicas perante eventos mundiais, aumentando os custos de produção (DE OLIVEIRA et al., 2023). É necessário criar alternativas de fontes de fertilizantes, além da necessidade de uso eficiente das fontes disponíveis (SILVA, DA SILVA, FRIGELG, 2023).

Em média, para a produção de 10,2 toneladas ha⁻¹ de grãos de milho, são absorvidos 217,0 kg N ha⁻¹ e 157,0 Kg ha⁻¹ de K, sendo esses os nutrientes requeridos em maior quantidade pela cultura do milho (COELHO, 2006). Cofator de acima de 120 enzimas envolvidas no metabolismo das plantas, o K é absorvido na forma de K⁺ pelas raízes, sendo 86% da absorção realizada por difusão (FLOSS, 2011) onde é necessário criar condições para o crescimento das raízes para a eficiência no uso do elemento.

O elemento K possui limitada ligação com enzimas, exigindo maior concentração do nutriente para cumprimento de suas funções nos tecidos vegetais (BORGES, 2019). Entretanto, o K detectado nos solos não atende à demanda das culturas, exigindo suplementação por meio da adubação (GARBIN et al, 2023).

Entre as fontes de K utilizadas, 90% é cloreto de potássio, seguido de 5% do sulfato de potássio (K₂SO₄) (KINPARA, 2003). Entretanto, diante das instabilidades no fornecimento dessas fontes, se faz necessária a busca por alternativas eficientes no fornecimento de nutrientes às culturas para garantia da produção e, conseqüentemente, da segurança alimentar da população mundial (HEBE BRAND, 2023).

Nesse âmbito, o uso de remineralizadores constitui importante material alternativo no cultivo do milho (CURTIS et al., 2023). Também denominados de pó de rocha, os remineralizadores são fontes naturais de nutrientes, exercendo importante função na liberação lenta

deles às plantas, ao contrário da lixiviação acentuada dos fertilizantes minerais (KHAN, RANA, 2020). Além disso, esses materiais são regionalmente acessíveis, reduzindo gastos e contribuindo para a reconstrução e manutenção da fertilidade dos solos (CORREIA, 2023; SOUZA, 2019).

Todavia, a dependência de importação de insumos agrícolas é uma das maiores ameaças à segurança nacional (CALIGARIS et al., 2022). Soja, milho e cana-de-açúcar correspondem a 73% do consumo nacional de fertilizantes, dos quais 80% são importados, evidenciando a dependência externa em um mercado dominado por poucos (BERTOLINO, NETO, ANDRADE, 2023). A problemática é expandida quando se nota 95% de importação no total de cloreto de potássio utilizado na agricultura brasileira, superior a 10 milhões de toneladas anuais (DA REDAÇÃO-AGROANALYSIS, 2022).

O emprego de fontes alternativas de fertilizantes garante condução à autossuficiência nacional, atrelada à utilização aplicada de insumos e uso de novas tecnologias, reduzindo a dependência de importações, emissão de gases na atmosfera e dos custos de produção (STRADA, 2023).

Diante dessa perspectiva, acredita-se no emprego de remineralizadores como fornecedores de potássio no cultivo do milho, vistos resultados promissores na literatura (JÚNIOR et al, 2020; MATOS et al, 2019; RIBEIRO et al, 2023).

Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi investigar a aplicação de remineralizador na adubação potássica em função da textura do solo e seus teores no solo, na planta, no teor de silício e condutividade elétrica no solo e na produção do milho.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Importância econômica do milho

De origem mexicana, especificamente do ancestral selvagem teosinto (*Zea mays* ssp. *mexicana*), o milho evoluiu morfológica e fisiologicamente para a planta conhecida na atualidade (SILVA, 1995; ALMEIDA et al, 2011; COSTA, 2020). Diante de sua maleabilidade genética e

fenotípica, incrementos em tecnologia foram substancialmente empregados na evolução da produtividade dessa espécie (GALINAT, 1992; ALVES et al, 2019).

Então, é atribuída a capitalização do milho, gerando economia em torno de sua comercialização como *commodity*, atraindo o foco de grandes corporações (BERLAN, LEWONTIN, 1986; XU, ZHANG, 2021). Assim, a produção de milho deixou a produção de subsistência para ocupar o posto de uma das maiores culturas das agroindústrias (LATIEF et al, 2023). Essa evolução é subdividida em dois momentos: a industrialização agrícola e o desenvolvimento biotecnológico (ALAIN, 2017).

Gerando produção de apenas 20,5 milhões de toneladas de milho em 1980, a baixa produção era associada à localização geográfica, tamanho das fazendas e tamanho das lavouras, fatores limitantes no acesso à tecnologia (MONTEIRO, 1990). Entretanto, diante de investimentos em novas técnicas, atualmente a produção de 112 mil toneladas de milho na safra 2023/2024, distribuída em regiões sob diferentes condições edafoclimáticas, colocando o Brasil entre os maiores produtores mundiais do grão (CONAB, 2023).

Em Minas Gerais o milho é um dos cultivos tradicionais, apresentando incrementos de produção em razão ao aumento do rendimento das lavouras, com heterogeneidade de produção entre cada região em função do desenvolvimento de demais atividades (GARCIA, et al., 2006). A produtividade no estado reduziu 6,5 % na safra 2023/2024 mesmo sob redução de 1,2 % da área cultivada em relação à safra anterior (CONAB, 2023).

Há carência de investimentos em tecnologias para otimização de custos, especialmente àqueles ligados à dependência da economia estrangeira, como os químicos, representantes de 34% dos custos de produção de milho por hectare em propriedades de média tecnologia e 37% para alta tecnologia, prejudicando a produção de milho diante da acessibilidade a esses insumos (SILVA et al., 2020; BONILLA-CEDREZ et., 2021).

Visando contornar este cenário, são colocadas alternativas ao suprimento de nutrientes à cultura, visando aumento da eficiência e redução de custos, pertinentes tanto a caracteres do solo com o uso de fontes nutritivas diferentes como o estudo de desempenho de cultivares na absorção de nutrientes em cada tipo de solo (RIBEIRO & MACKAY, 1986; ADNAN, 2020; MACEDO et al., 2020).

2.2 Segurança alimentar e a dependência de fertilizantes

A eventual escassez de fertilizantes acarretaria consequências incalculáveis para o setor agrícola brasileiro, que em 2021 contribuiu com 27,4% do Produto Interno Bruto nacional (CEPEA, 2022) e gerou um superávit de US\$ 105,1 bilhões na balança comercial no mesmo período (IPEA, 2022). Para evidenciar a considerável dependência externa desses insumos, observa-se um crescimento exponencial de 192% nas importações entre 2006 e 2021 (BRASIL, 2022). Em resposta a essa questão, o governo federal lançou em maio de 2022 o Plano Nacional de Fertilizantes (PNF).

O processo de globalização desencadeado após a guerra fria possibilitou o incremento de tecnologias trocáveis entre nações. Entretanto, a pandemia do coronavírus e o confronto bélico entre Rússia e Ucrânia, expuseram a vulnerabilidade da produção alimentícia do Brasil (DEGGERONE et al., 2023). Não havia garantias de que o volume de fertilizantes fornecidos seria suficiente para atendimento da demanda nacional (BUSS, 2022).

O conceito de segurança nacional em países macropolíticos inclui segurança alimentar, cibernética e energética, sendo a primeira de grande relevância nas maiores economias do mundo como garantia de segurança nacional, crescimento econômico e estabilidade política e social (BERTOLINI et al., 2023). Portanto, o estabelecimento de estratégia de Estado fundamentada na política de segurança alimentar, não só garante estabilidade diante de conflitos ou falta de abastecimento, mas promovem a soberania da nação sobre as demais, favorecendo os interesses nacionais e reduzindo o poder de outros países sobre a economia brasileira (DA REDAÇÃO-AGROANALYSIS, 2022).

O Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de exportadores de produtos agropecuários, movimentando aproximadamente USD 100,7 bilhões, sendo o maior produtor mundial, em primeiro lugar de soja e em segundo, milho e em seguida cana-de-açúcar (IBGE, 2023).

2.3 Fertilizantes potássicos no cultivo do milho

O K ao lado do N e P é o elemento abundante e requerido em maiores quantidades pelas plantas. É utilizado em grande parte dos eventos fisiológicos, como ativação de enzimas, fotossíntese, regulação estomática, crescimento radicular e translocação (SUSTR et al., 2019). O fornecimento deficitário de K reduz a assimilação de carbono fotossintético, inibindo o crescimento e, conseqüentemente, a produção das plantas (RAWAT et al., 2022).

Diante de doses inferiores de K, o milho apresenta crescimento lento, sistema radicular pouco desenvolvido, abortamento de grãos na extremidade superior da espiga, espigas com excesso de brácteas e mais suscetíveis a patógenos e caule fraco (ERNANI et al., 2007). Entretanto, doses adequadas conferem resistência ao estresse hídrico, minimização do acamamento, redução de danos causados por pragas e doenças e da precocidade da inflorescência feminina. Entretanto, doses inferiores de K podem prejudicar a dinâmica adequada da condutância estomática às plantas, além de ser um elemento extremamente importante na ativação da função carboxilase da Rubisco, o que contribui para uma maior atividade (BEZERRA et al, 2023).

Para Ebrahimi et al. (2011) observaram resultados positivos significativos no cultivo de milho quando aplicadas doses apropriadas de potássio (K). Eles notaram um aumento expressivo no número de folhas e na biomassa das plantas. Além disso, houve um incremento no número de grãos por fileira e no peso dos grãos, assim como um aumento no diâmetro do caule. Esses fatores, juntamente com a extensão da duração foliar, contribuíram para um melhor enchimento dos grãos, o que é crucial para a produtividade da cultura.

Da mesma forma, Oliveira et al. (2019) e Kandil et al. (2020) enfatizaram que o fornecimento adequado de potássio é fundamental para o aumento da produtividade do milho. Através de suas pesquisas, eles destacaram que a nutrição potássica correta não apenas promove o crescimento saudável das plantas, mas também desempenha um papel vital na otimização dos rendimentos da colheita. A aplicação adequada de K, portanto, é essencial para alcançar uma produção de milho robusta e eficiente.

Atualmente os profissionais agrícolas são instigados a aplicações de doses cada vez maiores de K nos solos, sendo o cloreto de potássio o principal agente, apresentando alto poder de salinidade (KAWAVATA et al., 2017).

Concernentemente, o limiar entre a falta, quantidade ideal e excesso de potássio é inerente às características da planta e do solo, sendo que cada grupo apresenta características intrínsecas na

dinâmica do potássio dentro do sistema (GRALEY, 1981; PAIVA et al., 2020; MURREL et al., 2021).

2.4 Remineralizadores do solo

A instabilidade dos fertilizantes solúveis no solo e as crises comerciais têm incentivado estudos sobre matérias de menor solubilidade e maior eficiência para as culturas. Concomitantemente, buscam-se soluções para revitalização de solos intemperizados por meio de compostos inorgânicos naturais em forma de pó de rochas como fertilizantes e corretivos (LEONARDOS et al., 2000).

A tecnologia de remineralização dos solos por meio do conhecimento de sua composição e processos de formação, denominado agrogeologia emprega uso de rochas nos tratamentos culturais do solo, fornecendo nutrientes às plantas (STRAATEN, 2002). Além dos benefícios químicos, a adição dos remineralizadores nos solos confere melhorias na aeração e aumento da capacidade de retenção e disponibilidade de água (STRAATEN, 2022).

De acordo com a Lei no 12.890, de 10/12/2013 (BRASIL, 2013), a qual define e regulamenta os remineralizadores, esses são definidos como materiais oriundos de cominuição (moagem e britagem) de rochas silicáticas ricas em bases, o material de origem mineral que tenha sofrido apenas redução e classificação de tamanho por processos mecânicos e que altere os índices de fertilidade do solo por meio da adição de macro e micronutrientes para as plantas, bem como promova a melhoria das propriedades físicas ou físico-químicas ou da atividade biológica do solo. A adição desses materiais no solo simula o processo de intemperismo das rochas: processo de normalmente de duração entre 10^3 e 10^6 anos acelera para 10^0 a 10^1 anos após a cominuição, considerando que a redução das partículas das rochas aumenta a superfície específica e o contato de soluções e microrganismos presentes no ambiente (MARTINS et al., 2023).

Portanto, as rochas silicáticas fornecem bases e minerais primários essenciais para aumento da produtividade e, concomitantemente, da qualidade dos solos. Nomeadamente, destacam-se as cálcio-magnésio-potássicas, cálcio-magnesianas, cálcicas, magnesianas e potássicas (ARAÚJO et al., 2023).

Atualmente, os resultados demonstram a eficácia dos remineralizadores como corretivos e fertilizantes de solo (ALOVISI et al., 2021). Analogamente, resultados satisfatórios foram encontrados para o uso de remineralizadores na cultura do milho (CURTIS, LUCHESE, MISSIO, 2023; GALINA et al., 2023; LUCHESE et al., 2023; LUCHESE et al., 2023; NAGATANI, 2023). Entretanto, pouco se conhece sobre a influência de remineralizadores sobre parâmetros agronômicos do milho quanto ao fornecimento de K, considerando-se particularidades dessas respostas em cada sistema planta-solo (DA COSTA et al., 2022; BRASIL, 2023).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Condições e local de estudo

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do tipo arco, coberta com filme plástico de 150 μm , cujas laterais foram cobertas com malhas brancas do tipo antianfideo. A casa de vegetação se encontra no Campo Demonstrativo e Experimental – CaDEx, Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo-MG (18°43'36.26" S; 47°31'28.50" W; 903 m). As temperaturas registradas no interior da casa de vegetação durante a condução da pesquisa foram: temperatura máxima (39,9°C), temperatura mínima (10,1°C), temperatura média (24,2°C), umidade máxima (90,8 %), umidade mínima (37,8 %).



Figura 1: Localização da casa de vegetação onde o experimento foi conduzido, no Campo Demonstrativo e Experimental da Universidade Federal de Uberlândia, campus Monte Carmelo. Fonte: Google Earth.7

3.2 Híbrido de milho

Foi utilizado na pesquisa o híbrido KWS 7510 Vip3, que apresenta controle das principais espécies de lagartas que atacam a cultura, incluindo a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). As características agrônômicas presente no híbrido são: altura da planta 260-280 cm, com inserção da espiga de 125-145 cm, arquitetura semiereta apresentando sabugo branco, grãos amarelo-alaranjado de formato semidentado, com PMS de 310 - 350 g, com dupla aptidão para grãos e silagem e ampla adaptabilidade para cultivos em segunda safra (KWS, 2024).

3.3 Solo e adubação

Na pesquisa foram utilizadas duas diferentes texturas de solo (Santos et al., 2018): Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de textura argilosa, coletado em mata nativa (18°43'48,3"S, 47°30'16,6"W), Latossolo equivalente (Taxonomia do Solo) e Cambissolo Háptico Tb Distrófico (CXbd) de textura média, coletado no campo natural (19°09'03,32"S, 47°39'14,96"W) Inceptissolos equivalentes (Taxonomia do Solo).

Os solos foram amostrados a uma profundidade de 0 a 20 cm e em seguida coletados na mesma camada para elaboração do projeto. Foram secos ao ar e passados em peneira de malha de 2,5 cm³, posteriormente foram homogeneizados para determinação das características químicas e físicas das texturas dos solos antes da correção da acidez do solo e adubação de base (Tabela 1).

Os cálculos para correção da acidez do solo seguiram recomendações de Ribeiro et al., (1999), buscando elevar os teores de Ca²⁺ e Mg²⁺ e neutralizar o Al³⁺. O calcário utilizado para corrigir a acidez do solo é classificado como dolomítico, possuindo carbonato de cálcio (CaCO₃) e carbonato de magnésio (MgCO₃). Foi utilizado um reagente puro (MgO = 6 a 8%, CaO = 45 a 48%, poder de neutralização reativo = 92,5%, poder de neutralização = 100% e PRNT: 92,5%, que foi aplicado e misturado ao solo. Após homogeneizado, o solo foi acondicionado em sacos plásticos sendo umedecidos e passando pelo processo de incubação por 45 dias favorecendo a reação corretiva com o solo.

Tabela 1. Características químicas e físicas dos solos (LVd, CXbd) na profundidade de 0-20 cm antes da adubação do plantio

Química ¹	Unidades	LVd	CXbd
pH CaCl ₂		4,55	4,27
P	mg dm ⁻³	0,35	0,59
K	mg dm ⁻³	21,75	27,22
Ca	cmol _c dm ⁻³	0,41	0,33
Mg	cmol _c dm ⁻³	0,13	0,20
Al	cmol _c dm ⁻³	0,10	0,41
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2,48	4,13
SB	cmol _c dm ⁻³	0,60	0,60
t	cmol _c dm ⁻³	0,70	1,01
T	cmol _c dm ⁻³	3,08	4,73
V	%	19,00	13,00
m	%	0,00	41,00
MO	dag kg ⁻¹	0,88	1,66
B	mg dm ⁻³	0,1	0,16
Cu	mg dm ⁻³	0,82	1,16
Fe	mg dm ⁻³	28,52	50,10
Mn	mg dm ⁻³	9,27	11,84
Zn	mg dm ⁻³	0,37	0,62
Física²			
Areia total	g kg ⁻¹	370	670
Silte	g kg ⁻¹	90	20
Argila	g kg ⁻¹	540	310

¹pH (acidez ativa) - Método: CaCl₂ 0,01 mol.L⁻¹; H+Al (acidez potencial) - Método: pH SMP; Alumínio trocável - Método: Titulometria (1 mol.L⁻¹); Matéria orgânica (MO) - Método: Colorimétrico (IAC); Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio - Método: Resina trocadora de íons; S-SO₄²⁻ (Enxofre) - Método: Turbidimetria (BaCl₂ em pó); Fe, Mn, Cu e Zn - Método: DTPA (Absorção Atômica); Boro: BaCl₂.2H₂O - Método: microondas.²Análise física do solo: Método do densímetro: Classes de diâmetro (mm): 5 frações de areia: Muito grossa = 2-1; Grossa = 1-0,5; Média = 0,5-0,25; Fina = 0,25-0,10; Muito Fina = 0,10-0,05; Total = 2-0,05. Silte = 0,05-0,002; Arg.total < 0,002; Arg.H₂O

< 0,002. 2 frações de areia: Grossa = 2-0,25; Fina = 0,25-0,05. Classes de textura: Até 14% - arenosa; 15 a 24% - média-arenosa; 25 a 34% - média argilosa; 35 a 59% - argilosa; 60% ou superior - muito argilosa.

A recomendação de adubação para macronutrientes e micronutrientes foram baseadas nas recomendações de Novais et al., (1991) e adaptadas por Marques et al., (2021) (Tabela 2).

Tabela 2. Nutrientes, quantidades recomendadas e fontes utilizadas na fertilização deste estudo

Nutrientes	Concentração (mg kg solo ⁻¹)	Fontes
N	300	(NH ₂) ₂ CO
P	300	NH ₄ H ₂ PO ₄
K	150	KCl
S	40	K ₂ SO ₄
Mg	46	MgSO ₄ ·7H ₂ O
Mn	3,0	MnSO ₄
B	2,5	H ₃ BO ₃
Cu	7,5	CuSO ₄ ·5H ₂ O
Mo	0,5	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4 H ₂ O
Zn	2,5	ZnSO ₄ ·7H ₂ O

3.4 Manejo da irrigação

A irrigação do experimento foi realizada por gotejamento, com emissores tipo botão autocompensantes com vazão de 2,3 L h⁻¹. Os emissores foram conectados em tubos de polietileno de baixa densidade (PELBD) com diâmetro de 16 mm e microtubos tipo espaguete com diâmetro de 5 mm, conectados a hastes anguladas de 150 mm, disponibilizada uma haste por vaso.

Para o manejo da irrigação foram utilizados tensiômetros de cápsulas porosas instalados em vasos de controle para estimar a lâmina de água perdida pela planta. Para a transformação da leitura do potencial mátrico do solo em umidade volumétrica, foram elaboradas curvas de retenção de água no solo, cujos parâmetros de ajuste utilizando da equação de van Genuchten estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros usados no manejo da irrigação em vasos de 14 dm³ de solo em diferentes texturas.

Parâmetros de ajuste	Textura do Solo	
	CXbd	LVd
θ_s	0,51449	0,56977
θ_r	0,073141	0,12425
α	0,038183	0,058284
n	1,5193	1,4527
m	0,341802	0,311627

A capacidade de campo, estimada para os vasos foi de 0,31 cm³ cm⁻³ para o solo arenoso e de 0,34 cm³ cm⁻³ para o solo argiloso. A leitura dos tensiômetros instalados nos vasos de controle foi utilizada para a estimativa da umidade atual, e posteriormente do volume de água necessário para se voltar o vaso à capacidade de campo de acordo com as equações a seguir.

$$V_i = (\theta_{cc} - \theta_{atual}) * V_u$$

Em que:

V_i = Volume de solo necessário para voltar o vaso a capacidade de campo no dia i (L);

θ_{cc} = Umidade do solo na capacidade de campo (cm³ cm⁻³);

θ_{atual} = Umidade atual do solo (cm³ cm⁻³);

V_u = Volume útil de solo no vaso (L);

Os dados de volume de solo necessários para voltar o solo na capacidade de campo foi transformado em tempo de irrigação de acordo com a equação a seguir.

$$T_i = V_i / q$$

Em que:

T_i = tempo de irrigação necessário para se voltar o solo do vaso à capacidade de campo no dia i (h);

V_i = Volume de solo necessário para voltar o vaso a capacidade de campo no dia i (L);

q = vazão do gotejador ($L h^{-1}$);

O manejo da irrigação foi realizado com base na curva de retenção de água determinada para as leituras do solo e da marca d'água, obtidas por meio de um medidor de umidade do solo instalado na profundidade de 0,15 m. O coeficiente de uniformidade relativo à vazão de água utilizado neste estudo foi o proposto por Bralts e Kesner (1983) A decisão sobre o momento de irrigação foi realizada via tensiometria. O monitoramento dos tensiômetros foi realizado diariamente, aproximadamente às 17h.

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi fatorial 2×5 +(controle) com quatro repetições: sendo as diferentes texturas de solo: Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) com textura argilosa, coletado em mata nativa ($18^{\circ}43'48,3''S$, $47^{\circ}30'16,6''W$), Latossolo equivalente (Taxonomia do Solo) e Cambissolo Háplico Tb Distrófico (CXbd) com textura média, coletado no campo natural ($19^{\circ}09'03,32''S$, $47^{\circ}39'14,96''W$) Inceptissolos equivalentes (Taxonomia do Solo) x cinco concentrações de remineralizador “Completo” (4; 8; 12; 16; 20 toneladas ha^{-1}) e tratamento controle usando *Ekosil* (4 toneladas ha^{-1}). As doses dos remineralizadores foram determinadas considerando diversos fatores, como os níveis ideais de potássio para o crescimento do milho, as características químicas do remineralizador “Completo”, como sua capacidade de retenção de cátions e capacidade de troca catiônica efetiva, além da análise da textura do solo em cada área de estudo. Com base nessas informações, foram estabelecidas doses variadas do remineralizador para os diferentes tipos de solo, visando alcançar os resultados desejados na pesquisa. Essa abordagem permitiu uma análise abrangente dos efeitos do remineralizador “Completo” em diferentes concentrações, comparativamente ao tratamento controle, possibilitando a avaliação de seu impacto na produtividade e na nutrição do milho. A caracterização química do remineralizador

“Completo” da empresa GEOFERTIL na mina de Riacho do Pintor- Riachão das Neves-BA (Tabela 3) com CTC 85,26 mmol kg e CRA 30,13%. Para aplicação do K foi padronizado 150 kg ha⁻¹ usando o fertilizante KCl com 60% K₂O, foram parceladas em 3 aplicações no solo. As plantas foram conduzidas em vasos com volume de 14 dm³. A aplicação do remineralizador “Completo” e *Ekosil* foi realizada após o término de 40 dias da incubação do calcário no solo do solo. Ele foi aplicado, com volume calculado por vaso e homogeneizado no solo após aplicação. Todas as aplicações dos fertilizantes foram realizadas com o uso de fontes solúveis, seguindo como base as recomendações de Novais et al., (1991) e adaptadas por Marques et al., (2021) para a cultura do milho (Tabela 2).

Tabela 3. Caracterização química do remineralizador “Completo” da empresa GEOFERTIL na mina de Riacho do Pintor- Riachão das Neves-BA.

Mineral	Composição (%)	Fórmula química
Quartzo	10,37	SiO ₂
Muscovita	45,90	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH, F) ₂
Clinoclora	12,54	(Mg, Fe, Al) ₆ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₈
Vermiculita	13,12	(Mg, Al) ₃ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂
Kaolinita	6,42	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Goethita	3,75	FeO(OH)
Rulita	0,93	TiO ₂
Greenalita	6,97	Fe ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄
Total	100,00	

3.6. Avaliações

3.6.1 Teor de K e Si no solo

A avaliação do teor de fósforo no solo foi determinada ao final do experimento. Foi coletado amostras de solo (4 pontos vasos) na profundidade de 20 cm por repetição após a colheita do milho. Após, as amostras foram acondicionadas em frascos, encaminhado ao Laboratório de Análises Químicas do Solo no Departamento de Ciências do solo da ESALq método resina trocadora de íons para o K e extração CaCl_2 $0,01\text{mol L}^{-1}$.

3.6.2 Condutividade elétrica

Foi coletada alíquotas de solução do solo usando a extração da solução do solo por meio de cápsulas porosas uma vez que representa as condições reais de umidade e concentrações dos elementos disponíveis às plantas, além de possibilitar a coleta da fase líquida diretamente em campo e não ser destrutivo (Marques et al., 2012). O modelo de utilidade se destina à coleta de fase líquida (solução) do solo, para avaliação da concentração da condutividade elétrica, que condicionam a fertilidade do solo e a nutrição das plantas. A extração da solução do solo nas colunas foi feita via bomba de vácuo, aplicando-se tensão de 75 kPa. Decorridas 24 h, coletou-se a solução presente no extrator com auxílio de seringa e mangueira.

3.6.3 Massa seca da parte aérea

Através de um corte no colo da planta foi coletada a massa seca total das plantas de milho. Os componentes foram levados à estufa com ventilação forçada, onde permaneceram a uma temperatura de 65°C até atingirem massa constante. Após secagem em estufa, o material vegetal

foi pesado em balança digital analítica (modelo UX6200H: 6200 g x 0,01 g, Shimadzu, Kyoto, Japão), e seu peso foi expresso em gramas.

3.6.4 Teor de K na folha

A amostragem para a determinação do teor de potássio foliar foi realizada através da coleta da folha oposta e abaixo da espiga considerada como folha diagnóstica, em ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) (Coelho & França, 1995). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel reforçado, sendo devidamente identificadas e levadas à estufa de circulação de ar forçada em temperatura de 70° até atingir massa constante (COELHO, et al, 2002). As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Tecido Vegetal do Departamento de Ciências do solo da ESALq.

3.6.5 Produtividade

A produtividade foi aferida pela massa de grãos proveniente da colheita e beneficiamento da espiga. Os resultados obtidos foram convertidos para sacas de 60 kg ha⁻¹ depois da correção da umidade para 14%, conforme demonstrado abaixo:

$$PF=PI*(100-UI/100-UF)$$

Onde:

PF: peso final da amostra;

PI: peso inicial da amostra;

UI: umidade inicial da amostra;

UF: umidade final da amostra (14%).

3.7 Análise de dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando encontradas diferenças significativas, foi aplicado o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade de erro. Erros padrão foram calculados para todas as médias. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados utilizando o software Sisvar (FERREIRA,2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a textura do solo CXbd, observou-se um aumento de 6% nos teores de Si no solo no tratamento controle, na presença do fertilizante KCl e uma adição de 20 Mg ha⁻¹ do remineralizador “Completo”. O teor de Si no solo foi 50% superior para a textura do solo (LVd), independente da concentração do remineralizador “Completo”. As concentrações do remineralizador influenciaram significativamente os teores de Si no solo (Figura 2). Os teores de Si no solo obtidos neste estudo estão dentro dos limites reportados por estudos anteriores, com valores superiores a 4,52 mg dm⁻³ para a textura LVd (EMBRAPA, 2018) e dentro da faixa de 14 mg dm⁻³ estabelecida por Mauad et al. (2003). É importante ressaltar que os teores de Si na planta são classificados como baixos, médios ou altos de acordo com os valores de 17 g kg⁻¹ como limiar. O Si(OH)₄, sendo um ácido fraco com baixa força iônica, desempenha um papel crucial na melhoria da homeostase na rizosfera, essencial para mitigar o estresse oxidativo (HUSSON et al., 2021). Além do potássio (K), as rochas alcalinas de silicato de potássio podem fornecer Si para as plantas (MANCUSO et al., 2014; Teixeira et al., 2015). Embora não seja considerado fisiologicamente essencial, o Si desempenha papéis importantes no crescimento das plantas, contribuindo para a estrutura celular, estimulando efeitos positivos, aumentando a fotossíntese e protegendo contra estresses (GUNTZER et al., 2012; SAVVAS & NTATSI, 2015). Estudos anteriores mostraram que a aplicação direta de rochas alcalinas de silicato de potássio pode satisfazer as necessidades de potássio das culturas de grãos, com potenciais efeitos residuais benéficos para culturas subsequentes devido à liberação gradual de K (MARTINS et al., 2008; SANTOS et al., 2016;

NOGUEIRA et al., 2021). No entanto, mais pesquisas em condições de campo são necessárias para confirmar esses resultados.

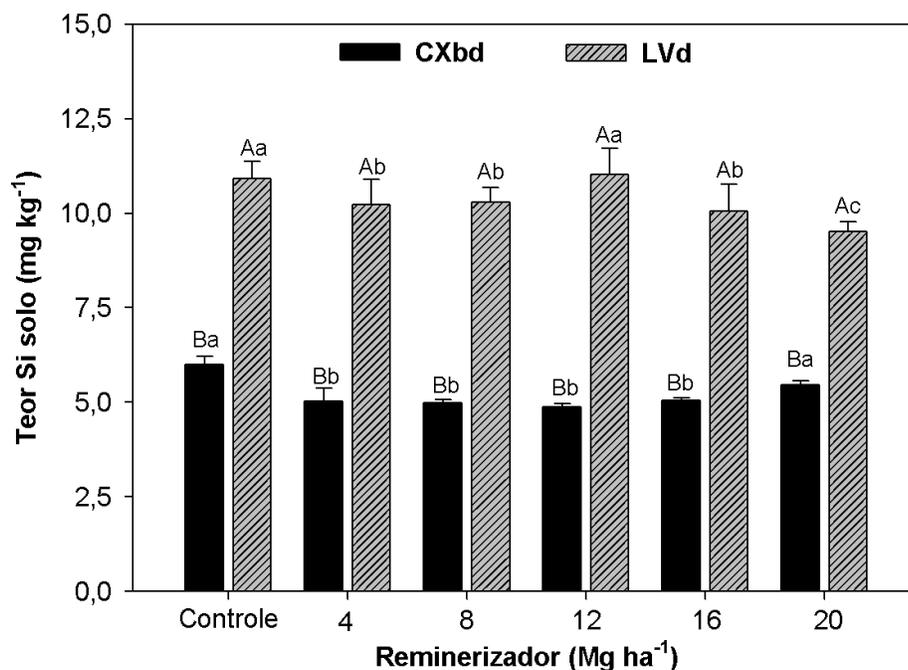


Figura 2. Teor de Si no solo em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil; 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Latossolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para o teor de K no solo foi 45% superior para o remineralizador *Ekosil* (controle) e na concentração 20 Mg ha⁻¹ “Completo” na textura CXbd. Para a textura do solo LVd foi 58% superior na concentração de 4 e 16 Mg ha⁻¹ na aplicação do “Completo”. Já para a interação entre as texturas do solo notou-se uma superioridade “Completo” na textura do solo LVd e para o *Ekosil* na textura do solo CXbd. Os teores de K no solo estão adequados entre 1,6-3,0 mmolc dm⁻³ (RAIJ et al., 1996). O nível crítico de K no solo pode variar grandemente de acordo com as condições de solo e local. De acordo com Teixeira et al. (2012), rochas fonolitas de origem vulcânica, contém aproximadamente 7,0-8,0% (p/p) K₂O, além de outros nutrientes e elementos benéficos para as

plantas (TEIXEIRA et al., 2012,2015; TAVARES et al., 2018). Outros produtos produzidos de rochas K-silicato alcalinas fundidas e terrestres, também chamado de termofosfato, também foram estudados como fontes alternativas de K no Brasil (KULAIF & GÓES, 2016; MACHADO, 2016). A aplicação direta de solo rochas de silicato de potássio rochas pode resultar em um fornecimento satisfatório de K às culturas, também pode produzir efeitos residuais para culturas devido à liberação gradual de K (NOGUEIRA et al., 2021). Dentre as melhorias do solo, temos o incremento dos teores de macro nutrientes como cálcio, magnésio, fósforo e potássio (MARTINS et al., 2015). Quatro são os macronutrientes que apresentam respostas com a aplicação dos remineralizadores sendo estes Ca, Mg, P e K. Incrementos nos teores de Ca no solo pelo remineralizador são encontrados na literatura sobre rochagem, demonstrando que o cálcio é potencialmente liberado por estes materiais (LUCHESE et al., 2021). Os remineralizadores promovem a liberação de potássio, no solo e tecido (SWOBODA et al., 2022) verificaram respostas significativas de K no solo em 67,5 % dos trabalhos avaliados. Observou-se que, o remineralizador foi eficaz na substituição de 54 kg K₂O ha⁻¹ (60%) do K₂O proveniente da fonte solúvel com adição de 308,8 kg K₂O ha⁻¹ do K₂O. O período de 202 dias de contato com o solo foi suficiente para iniciar a solubilização, a disponibilidade de parte dos nutrientes e as melhorias do solo, proporcionando essa resposta (ALOVISI et al., 2020). Os remineralizadores melhoram as propriedades químicas do solo e nutrição do milho (RIBEIRO et al. 2010) promovem as maiores liberações de K para o solo para as maiores concentrações do remineralizador (SANTOS., 2016)

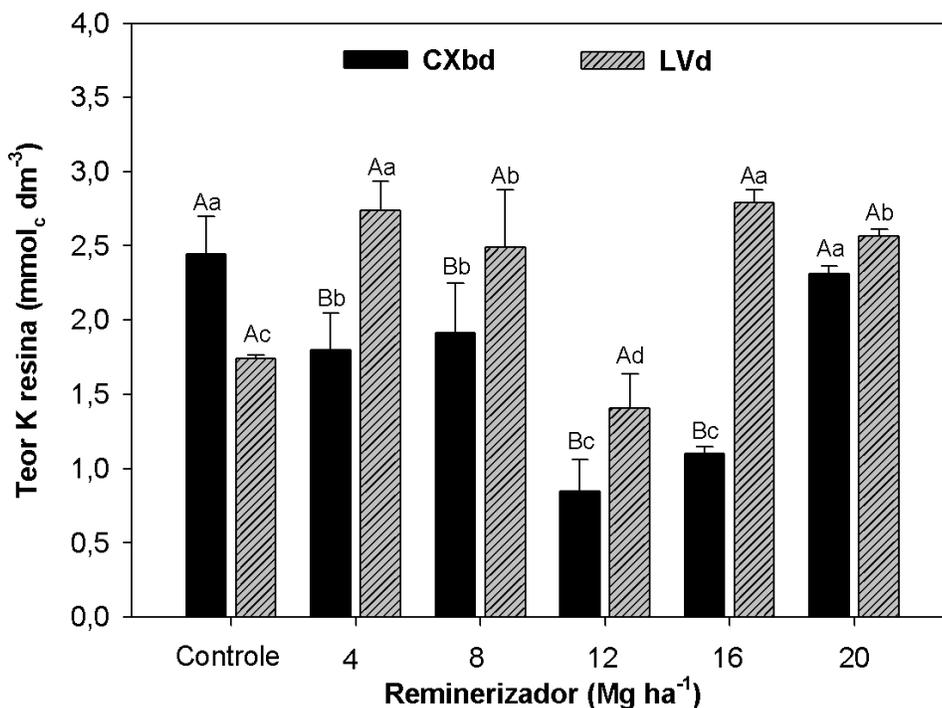


Figura 3. Teor de K no solo em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil; 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Latosolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para a condutividade elétrica do solo 36% superior 20 Mg ha⁻¹ “Completo” para a textura LVd. Já para a textura CXbd 30% superior para aplicação de 20 Mg ha⁻¹ “Completo”. Para a interação entre as texturas do solo, notou-se que o remineralizador *Ekosil* teve maior condutividade elétrica CXbd e para o “Completo” nas duas texturas do solo (CXbd e LVd) com tendência de aumento da condutividade elétrica em função do aumento da concentração do “Completo” (Figura 4). Estes resultados concordam Marques et al. (2011) que o aumento nas doses de K₂O, independentemente da fonte de potássio utilizada, provocou um crescimento linear na condutividade elétrica do solo. De forma mais específica, as doses de K₂O provenientes do KCl ocasionaram um aumento notavelmente maior na condutividade elétrica, o que sugere um incremento na salinidade do solo. Os resultados dessa pesquisa comprovam que concentrações altas

de remineralizador podem salinizar o solo. Dias et al. (2005) e Oliveira et al. (2011) afirmam que é possível, com auxílio dos extratores de solução por cápsulas porosas, monitorar a concentração total de sais na solução do solo e manter a salinidade em nível desejado controlando a condutividade elétrica da solução extraída. A medida do potencial osmótico, ao contrário da condutividade elétrica, pouco vem sendo adotada em trabalhos que envolvem a temática de salinidade. Entretanto, Ben-Gal et al. (2009) apontam esta medida como apropriada e indicada para avaliar o risco dos sais para o sistema solo-planta. Neste sentido, recomenda-se incluir referida essa variável nos estudos que tratem do tema (SOUZA et al., 2012). Os argilominerais presentes na fração argila do solo são do tipo 2:1, que apresentam balanço de cargas predominantemente negativas. Comportamento similar foi encontrado para o ânion nitrato em dois solos de texturas franco arenosa e franco argilosa (LIMA, 2009).

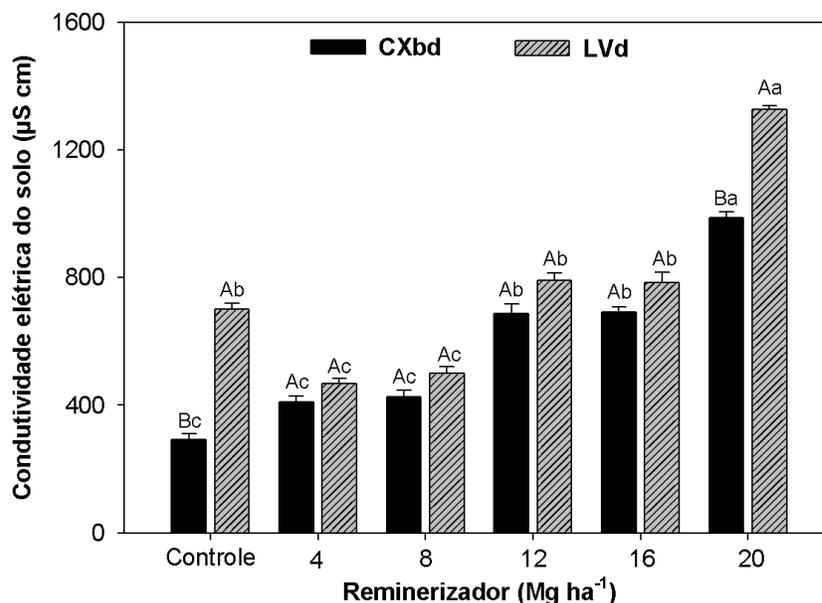


Figura 4. Condutividade elétrica do solo em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil; 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Latossolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para a massa seca total do milho (Figura 5) não foi possível diferenciar os efeitos da textura CXbd e LVd em função do controle *Ekosil* e “*Completo*”. A produção de matéria seca do milho em resposta à adubação potássica em textura LVd, aumentou de 31,31% (18,22 g planta⁻¹) para as concentrações 320 mg dm⁻³ de K (BEZERRA et al., 2023). As plantas de milho têm alta resposta ao estímulo desse nutriente é que a adubação com K em níveis adequados pode ter um impacto significativo na produção de biomassa das plantas. Para Teixeira et al. (2018), estudando fontes de K (KCl e resíduos de agrominerais silicáticos) em textura LVd constataram que houve incremento na produção de matéria seca do milho de 96%, sob aplicação da fonte de pó de serpentinito, além de incrementar no acúmulo de K no solo quando incorporado. A umidade do solo é outro fator a ser considerado na avaliação do suprimento de nutrientes às raízes, especialmente naqueles em que este processo ocorre predominantemente por difusão, como o K (BARBER, 1995). A disponibilidade de água no solo, por sua vez, é influenciada pelo manejo do solo, afetando o crescimento e desenvolvimento das plantas. Aspectos relacionados com a adoção de formas de aplicação de fertilizantes potássicos (KLEPKER & ANGHINONI, 1995) merece atenção pelas por processos erosivos, principalmente em solos com baixa CTC (MIELNICZUK, 2005) elevado grau de salinidade da fonte de K (BEVILAQUA et al., 1996).

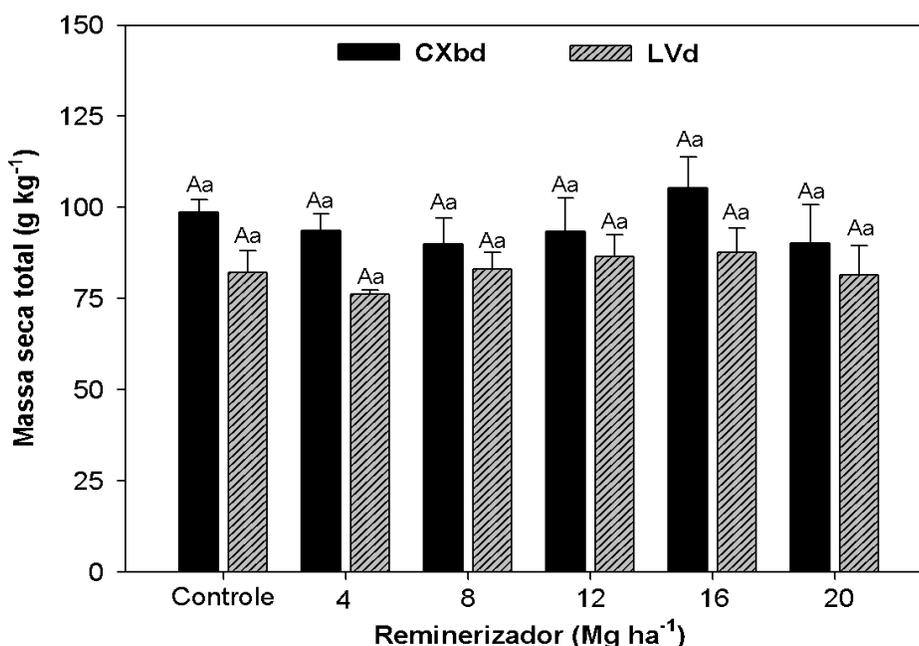


Figura 5. Massa seca total em função da concentração de remineralizador (controle: *Ekosil*; 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Latosolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico)

Tb Distrófico) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para o teor de K na folha na textura CXbd foi 30% superior na aplicação das concentrações de 16 e 20 Mg ha⁻¹ “Completo”. Para a textura LVd foi 50% superior na concentração de 8 Mg ha⁻¹ na aplicação do “Completo”. Para a interação entre as texturas do solo (CXbd e LVd e) o teor de potássio foi 75% superior para a textura LVd (Figura 6). Para Sousa & Lobato (2004) observaram que a aplicação de 71 kg K₂O ha⁻¹ resultou na maior concentração foliar de K no milho. As concentrações de K medidas em todas as doses aplicadas situam-se dentro do intervalo considerado adequado para o cultivo do milho, que é de 13 a 30 g kg⁻¹ (SOUSA & LOBATO, 2004). Contudo, os valores máximos de concentração de K alcançados neste estudo, particularmente com a aplicação de 8 Mg ha⁻¹ “Completo”, mostraram-se próximos aos ideais. Petter et al. (2016) e Valderrama et al. (2011) também documentaram um incremento linear na concentração foliar de potássio (K) em milho quando submetido a diferentes doses de K. Esta observação corrobora a ideia de que a aplicação de potássio em quantidades crescentes pode efetivamente elevar os níveis deste nutriente nas folhas da planta, evidenciando uma resposta positiva do milho à suplementação de K. A consistência desses achados entre diferentes estudos reforça a compreensão de que o manejo adequado do potássio é crucial para otimizar a nutrição do milho, potencializando assim seu desenvolvimento e produtividade.

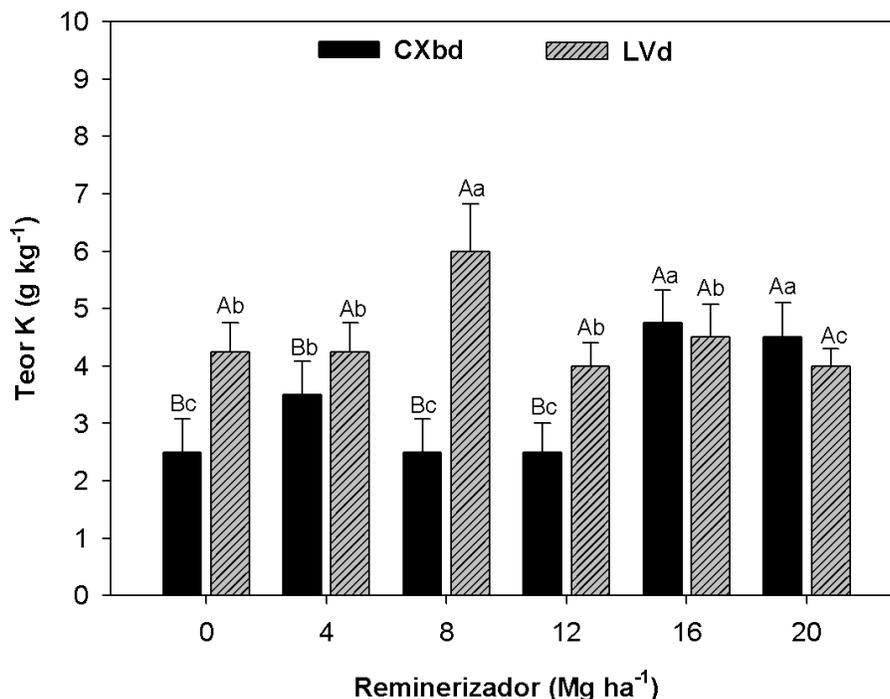


Figura 6. Teor de K na folha em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil; 4, x8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Latosolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

Para a produtividade do milho não foi possível diferenciar os efeitos do Ekosil e “Completo” nas texturas CXbd e LVd. Esses resultados produtivos encontrados na pesquisa permitem inferir que os remineralizadores tiveram efeito semelhante (Figura 7). Para Lange et al. (2019) relata aumento linear na produtividade de grãos em resposta às doses crescentes de potássio (K). Especificamente, observou-se um incremento de mil kg ha⁻¹ na produtividade ao se aplicar uma dose de 120 kg K₂O ha⁻¹ de, em comparação com a parcela que não recebeu adubação. Para Almeida Junior et al. (2020) ao avaliarem o pó de rocha “basalto gabro” na cultura do milho no sudoeste goiano, verificaram aumentos significativas na produtividade e no peso dos grãos, sendo recomendado como alternativa à adubação química (GRECCO et al., 2013) é necessário estudos para compreender o efeito residual. Estudos que avaliaram a viabilidade do uso de pó de rocha

como fonte alternativa de nutrientes no estado de Tocantins, concluíram que a estratégia de substituição da fonte convencional de K_2O pelo pó de rocha resultou em produção semelhante, e a complementação (50% via KCl e 50% via remineralizador) proporcionou um aumento de 20% na produção de cana de açúcar (Souza et al., 2013). Estudo, avaliando efeito da silicatagem (aplicação de minerais que possuem sílica (SiO_2) como ânion) no solo e na produtividade de milho, utilizando dois pós de rocha (basalto e serpentinito) com e sem adição de bioativo não promoveu diferença nas variáveis de produção e produtividade de milho no município de Dourados MS (ALOVISI et al., 2020).

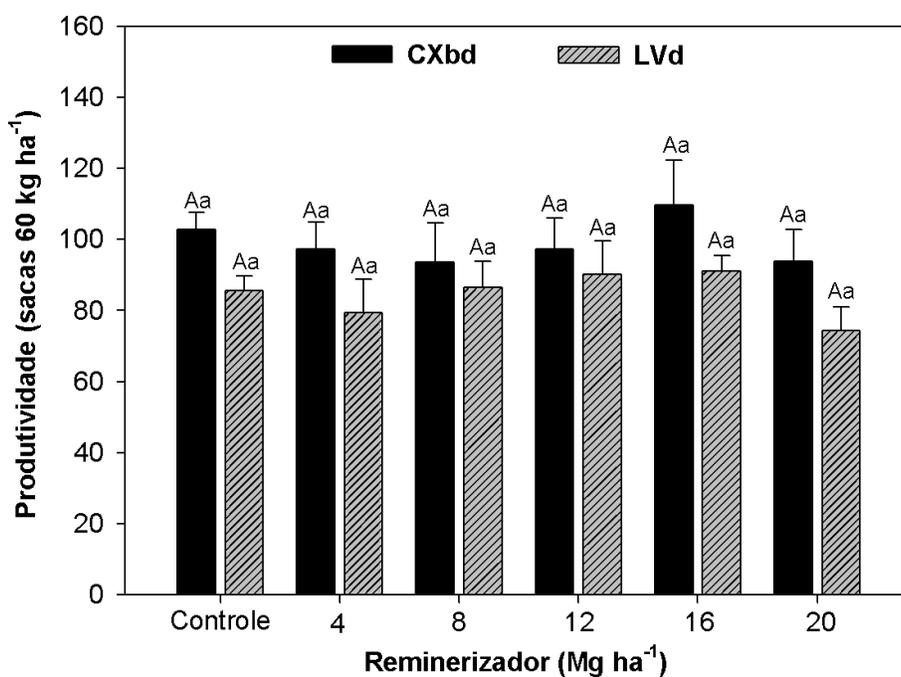


Figura 7. Produtividade do milho em função da concentração de remineralizador (controle: Ekosil; 4, 8, 12, 16, 20 Mg ha⁻¹) e textura do solo do solo (Latosolo Vermelho Distrófico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico) na cultura do milho. Letras maiúsculas nas colunas de cores diferentes comparam a textura do solo e letras minúsculas nas colunas de cores iguais comparam a concentração do remineralizador, indicando diferenças significativas em relação ao teste de Scott-Knott ($P < 0,05$). As colunas correspondem às médias de repetições e desvios padrão.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se com a pesquisa que os remineralizadores promoveram alterações no teor de Si e K no solo, K na folha, aumentou a condutividade elétrica no solo, massa seca da folha e produtividade do milho. Independentemente das fontes dos remineralizadores a produtividade não diferenciou na cultura do milho.

6. REFERÊNCIAS

- ADNAN, M. Role of potassium in maize production: A review. **Op Acc J Bio Sci Res**, v. 3, n. 5, p. 1-4, 2020.
- ALAIN, H. CONTROL: the extractive ecology of corn monoculture. **Cultural Studies**, v. 31, n. 2-3, p. 232-252, 2017.
- ALLEONI, L.R.F. et al. Eletroquímica, adsorção e troca iônica no solo. 2019. In: Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**.
- ALMEIDA, C. et al. Genetic variability in populations of sweet corn, common corn and teosinte. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 11, p. 64-69, 2011.
- ALOVISI, A. M. T. et al. Uso do pó de rocha basáltica como fertilizante alternativo na cultura da soja. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e33710615599-e33710615599, 2021.
- ALOVISI, A. M. T. et al. Atributos de fertilidade do solo e produtividade de milho e soja influenciados pela rochagem. **Acta Iguazu**, v.6 n.5, p. 57-68, 2017.
- ALVES, E. et al. Evolution of corn productivity. **Journal of Rural Economics and Sociology**, v. 37, no. 1, p. 183-202, 2019.
- AMARAL FILHO, J. P. R. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 467-473, 2005.
- ANDA, M.; SHAMSHUDDIN, J.; FAUZIAH, C. I. Improving chemical proprieties of a highly weathered soil using finely ground basalt rock. **Catena**, v.124, p.147-161, 2015.
- ARAUJO, P. C. de et al. Remineralizadores de solos: Importância e perspectivas futuras. **Centro de Tecnologia Mineral**. 2023.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Estatísticas**. Disponível em: <<http://anda.org.br>>. Acesso em: 10 nov. 2023.
- BRALTS, V. F.; KESNER, C. Drip irrigation field uniformity estimation. Transactions of the ASAE, ST. Joseph, Saint Joseph, v.24, n. 5, p. 1269-1374, 1983.
- BARROS, J. **Fertilidade do solo e nutrição das plantas**. 2020.
- BARŞON, G. et al. Assessment of the agronomic performance of corn (*Zea mays* L.) under a fertilizer gradient in the Transylvanian Plain. **Agriculture**, vol. 11, no. 9, p. 896, 2021.

BERTOLINI, A. C.; NETO, S. de A. R.; ANDRADE, J. R. de L. Segurança alimentar nas políticas estratégicas da China e dos Estados Unidos: aportes para o Brasil. **Revista Tempo do Mundo**, n. 31, p. 319-343, 2023.

BERLAN, A.; LEWONTIN, R. C.; The political economy of hybrid corn. **Monthly Magazine**, v. 38, p. 35-48, 1986.

BEZERRA, I. L. et al. Características fisiológicas e de crescimento em milho sob doses de potássio. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia/Brazilian Journal of Science of the Amazon**, v. 12, n. 3, 2023.

BORGES, J. M. **A visão técnica de Dirceu Gassen**. Passo Fundo: Aldeia Norte, p.28, 2019.

BRASIL, E. P. F. et al. Agronomic efficiency of K6 granite remineralizer in soybean and corn silage production. **Research, Society and Development**, v. 12, no. 4, p. e10912440545-e10912440545, 2023.

BONILLA-CEDREZ, C.; CHAMBERLIN, J.; HIJMANS, R. J. Fertilizer and grain prices constrain food production in sub-Saharan Africa. **Food Nature**, v. 2, no. 10, p. 766-772, 2021.

BUSS, P. M. et al. **Cadernos CRIS-Fiocruz: Informe sobre Saúde Global e Diplomacia da Saúde: número 04/2022**: 1 a 14 de março de 2022. 2022.

CABRAL FILHO, F. R. et al. **Fontes alternativas de suplementação potássica para o milho: dinâmica no solo, teor nutricional e aspectos produtivos da cultura**. Tese de doutorado. Instituto Federal Goiano. 2023.

CALIGARIS, B. S. A. et al. A importância do Plano Nacional de Fertilizantes para o futuro do agronegócio e do Brasil. **Revista de Política Agrícola**, v. 31, n. 1, p. 3, 2022.

CIAMPITTI, I. A.; LEMAIRE, G. From efficiency of use to effective use of nitrogen: a dilemma for corn genetic improvement. **Science of the Total Environment**, v. 826, p. 154125, 2022.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. 2006.

CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim Safras de Grãos**. Disponível em: https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/49593_596c818070b5dc225a4d1750a9747c79. Acesso em: 17 de outubro de 2023.

CONAB -Companhia Nacional de Abastecimento. **Conjunturas da Agropecuária: Milho – Abril/2023**. Disponível em: < https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuário-e-extrativista/analise-regional-do-mercado-agropecuário/analise-regional-mg-milho/item/download/47616_ae47b30cb17782777f2bb50bf625284d>. Acesso em: 15 de novembro de 2023.

CONCEIÇÃO, L.T. et al. Potential of basalt dust to improve soil fertility and crop nutrition. **Journal of Agriculture and Food Research**, v.10, Dec. 2022.

CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Brasília: Embrapa. (Desafios do Agronegócio Brasileiro**, p.2, 2019.

CORREIA, R. T. **Rochagem: a aplicação de pó de rocha como alternativa sustentável aos fertilizantes agrícolas no Brasil: uma revisão**. 2023.

CORRENDO, A. A. et al. Attainable productivity and soil texture as drivers of corn response to nitrogen: a synthesis analysis for Argentina. **Field Culture Research**, v. 273, p. 108299, 2021.

CORNELL, R. M.; SCHWERTMANN, U. The iron oxides: Structure, properties, reaction, occurrence and uses. **VHC Publishers**, New York, p.573, 1996.

COSTA, F. M. **Dispersal patterns and conservation of maize (*Zea mays ssp. mays*) genetic diversity in the lowlands of South America**. Doctoral Thesis. University of Sao Paulo. 2020.

CURTIS, J. C. D.; LUCHESE, A. V.; MISSIO, R. F. Application of soil remineralizer in chicken litter as an efficient and sustainable alternative for fertilizing corn crops. **Plant Nutrition Magazine**, v. 46, n. 3, p. 423-438, 2023.

DA COSTA, R. V. et al. **Desempenho de cultivares de milho em Tocantins-safrinha 2022: época de semeadura e tipo de solo**. Circular Técnica 282. EMBRAPA. 2022.

DA REDAÇÃO-AGROANALYSIS, Equipe. 9º Congresso Brasileiro de Fertilizantes. **AgroANALYSIS**, v. 42, n. 10, p. 46-52, 2022.

DE ALMEIDA, J. C. R. et al. Viabilidade do uso de remineralizadores do solo para a recuperação de pastagem degradada no Estado do Tocantins. **Revista Técnica Ciências Ambientais**, v. 1, n. 6, 2022.

DE CASTRO, J. P. V. et al. Parâmetros fitotécnicos sobre as variáveis edáficas da cultura do milho (*zea mays*) com o uso dos remineralizadores a base de potássio (k⁺) em diferentes classes de solo. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 1, p. 2432-2449, 2024.

DEGGERONE, Z. A.; WIEDERKEHR, F.; BOMBARDELLI, C. L. Características do acesso aos alimentos em Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. Confins. **Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 59, 2023.

DE OLIVEIRA, T. J. A.; DORNER, S. H.; DE ALMEIDA, R. E. M. **A dependência do agronegócio brasileiro em relação aos fertilizantes importados**. 2023.

EBRAHIMI, S. Tabatabaai et al. Effect of potassium fertilizer on corn yield (Jeta cv.) under drought stress condition. **American-Eurasian Journal Agriculture and Environ Sci**, v. 10, n. 2, p. 257-263, 2011.

ERNANI, P. R. et al. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 393-401, 2007.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê**. 5. ed. Passo Fundo: UPF, 2011.

FREW, A. et al. The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. **Annals of Botany**, v.121, p.1265-1273, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mcy009>

GUERRA, A. F. et al. Necessidade hídrica no cultivo de feijão, trigo, milho e arroz sob irrigação no bioma cerrado. 1.ed. Planaltina, DF. **Embrapa**, 2003.

GALINA, J. et al. Economic analysis of olivine melilitite powder as an alternative source of nutrients in corn cultivation. **Contributions to Social Sciences**, V. 16, N. 1, P. 460-478, 2023.

GALINAT, W. C. Evolution of corn. **Advances in agronomy**, v. 47, p. 203-231, 1992.

GALVÃO, J. C. C. et al. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 61, p. 819-828, 2014.

GARBIN, I. et al. Efeito da distância do cloreto de potássio sobre a emergência e crescimento radicular do milho. **Tecnologia e gestão da inovação em sistemas de produção sustentáveis**, 2023.

GARCIA, J. C.; MATTOSO, M. J.; DUARTE, J. de O. Importância do milho em Minas Gerais. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 7-12, 2006.

GRALEY, A. M. Assessment of potassium availability in soils. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 21, n. 112, p. 543-548, 1981.

GRUBLER, E. **Melhoramento genético do milho**. Monografia. Universidade Federal de Fronteira do Sul. 2022.

GUNTZER, F.; KELLER, C.; MEUNIER J.-D. Benefits of plant silicon for crops: a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.32, p.201-213, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0039-8>.

HEBEBRAND, C.; LABORDE DEBUCQUET, D. High fertilizer prices contribute to increasing global concerns about food security. **IFPRI book chapters**, p. 38-42, 2023.

HU, X. et al. **Effects of potassium application at different phenological stages on dry matter accumulation and productivity of winter wheat in different soil texture fields**. 2021.

IBGE. **Produção agropecuária**. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>>. Acesso em: 14 de novembro de 2023.

JÚNIOR, J. J. A. et al. Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 88440-88446, 2020.

KANDIL, E E. et al. Potential of organic fertilizer and potassium forms in the growth and production of corn (*Zea mays* L.). **Scientific Reports**, v. 10, no. 1, p. 8752, 2020.

KAWAVATA, C. K. H. et al. Influência de doses e de duas fontes de potássio no sistema radicular do milho e na condutividade elétrica no solo. **Investigación Agraria**, v. 19, n. 1, p. 28-34, 2017.

KHAN, M.; RANA, H. Granite Slurry: A Valued By-Product as Fertilizer. **International Journal of Research and Innovation in Applied Science**, v. 4, p. 143-145, 2020.

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. 2003.

LATIEF, R. et al. Development of rural agroindustry based on noble commodities in Soppeng regency. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Sciences**. Editora IOP, p. 012008, 2023.

LUCHESE, A.V. et al. Agronomic feasibility of using basalt powder as soil nutrient remineralizer. **African Journal of Agricultural Research**, n.17, p.487-497, 2020.

MACEDO, L. A. et al. Crescimento inicial de milho submetido a diferentes manejos de adubação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 5880-5893, 2020.

MALUF, H. J. G. M. et al. Disponibilidade e recuperação de nutrientes de resíduos culturais em solo com diferentes texturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1690-1702, 2015.

MANCUSO, M.A. et al. Effect of potassium sources and rates on arábica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.38, p.1448-1456, 2014.

MARTINS, V. et al. Effect of alternative multinutrient sources on soil chemical proprieties. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.39, p.194-204, 2015.

MARTINS, É. de S. et al. Agrominerais: rochas silicáticas como fontes minerais alternativas de potássio para a agricultura. In: LUZ, A.B. da; LINS, F.A.F. (Ed.). **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. 2.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. p.205-221, 2008.

MARQUES, J. D. DE O. et al. Variações do carbono orgânico dissolvido e de atributos físicos do solo sob diferentes sistemas de uso da terra na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.611-622, 2012.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Altera o Anexo ao Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004, que aprova o Regulamento da Lei nº 6.894, de 16 de dezembro de 1980, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura. DECRETO Nº 8.384, DE 29 DE DEZEMBRO DE 2014. Brasília-GO.

MATICHENKOV, V.V.; BOCHARNIKOVA, E. A. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G. H.; KONDÖRFER, G. H. Silicon in agriculture, **Elsevier Science**, v.8, 2001.

MAUAD, M. et al. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 867-873, 2003.

MELO, V. F. et al. Doses de basalto moído nas propriedades químicas de um Latossolo Amarelo distrófico da savana de Roraima. **Acta amazônica**, v. 42, n. 4, 471 – 476, 2012.

MURRELL, T. S. et al. **Improving potassium recommendations for agricultural crops.** Springer Nature, 2021.

LEONARDOS, O. H.; THEODORO, S. H.; ASSAD, M. L. Remineralization for sustainable agriculture: A tropical perspective from a Brazilian viewpoint. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, n. 1, p. 3-9, 2000.

LUCHESE, A. V. et al. Can basalt rock powder be used as an alternative source of nutrients for soybeans and corn?. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, p. 1-11, 2023.

LUCHESE, A. V. et al. Use of quarry disposal of powdered basalt as a soil remineralizer for soybean and corn cultivation. **Heliyon**, vol. 3, 2023.

MATOS, F. S. A. et al. Análise das variáveis tecnológicas do milho em função das doses crescentes de condicionador pó de rocha. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar.** 2019.

MARTINS, E. de S.; MARTINS, E. S.; HARDOIM, P. R. **Princípios geoquímicos, mineralógicos e biológicos do manejo de remineralizadores de solos.** 2023.

MARTINS, E. S.; HARDOIM, Pablo Rodrigo; MARTINS, E. de S. **Efeito da aplicação dos remineralizadores no solo.** 2023.

MANCUSO, M. A. C. et al. Effect of potassium sources and rates on Arabica coffee yield, nutrition and macronutrient export. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1448-1456, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000500010>.

MIRANDA, R. A. de; et al. **Diagnóstico dos problemas e potencialidades da cadeia produtiva do milho no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p.102, 2014. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 168).

MONTEIRO, J. de A. **O milho no Brasil: considerações econômicas**. 1990.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D. & LOURENÇO, S., eds. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, **Embrapa-SEA**, n.392, p.189-254, 1991.

NAGATANI, K.I. et al. Eficiência da Aplicação do Pó de Rocha na Fase Vegetativa da Cultura do Milho. **Revista Processos Químicos**, v. 17, n. 33, p. 69-74, 2023.

OGINO, C. M. et al. Poder de compra, preço e consumo de fertilizantes minerais: uma análise para o centro-oeste brasileiro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, 2020.

OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, A. M.; MALATHI, P. Effect of potassium on growth, productivity and npk absorption of hybrid maize in black calcareous soil. **Madras Agricultural Journal**, vol. 106, no. March (1-3), p. 1, 2019.

OLIVEIRA, U. A. de, et al. **Potencial remineralizador do solo de um pó de granito/gnaise em latossolo cultivado com braquiária**. 2019.

PAIVA, K. F. de et al. Disponibilidade de potássio em solos da região semiárida do Brasil cultivados com melão. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, 2020.

RAMOS, C. G. et al. Caracterização de rocha vulcânica ácida para aplicação em rochagem. **Comunicações Geológicas**, v. 101, Especial III, p. 1161-1164, 2014.

RASBOLD, J. C. et al. Eficiência de fertilizantes formulados mineral e organomineral no fornecimento de nutrientes para o milho primeira safra em Toledo-PR. **Revista Cultivando o Saber**, v. 13, n. 2, p. 49-59, 2020.

RAWAL, N. et al. Phosphorus and potassium mineralization as a function of phosphorus levels and soil types under laboratory conditions. **Agrosystems, Geosciences and Environment**, v. 5, no. 1, p. e20229, 2022.

RAWAT, J.; PANDEY, N.; SAXENA, J. Role of potassium in photosynthesis, transport, growth and productivity of plants. **Role of potassium in abiotic stress**, e.g. 1-14, 2022.

RESENDE, A.V. et al. Rochas como fontes de potássio e outros nutrientes para culturas anuais. **Espaço & Geografia**, n.9, p.135-161, 2006.

RIBEIRO, L. S. et al. Rochas silicáticas portadoras de potássio como fontes do nutriente para as plantas solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.34, p.891-897. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300030>. Acesso em 01 jul. 2022.

RIBEIRO, A. A.; MACKAY, A. D. Root growth and absorption of phosphorus and potassium by two maize genotypes in the field. **Fertilizer research**, vol. 10, p. 217-230, 1986.

RIBEIRO, A. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

RIBEIRO, L. L. O. et al. **Efeito do pó de rocha de basalto, cama de frango e esterco bovino nos atributos químicos do solo, teores de nutrientes foliares e produtividade da soja e milho segunda safra**. 2023.

ROBERTS, T. L.; RYAN, J. Solo e segurança alimentar. **Piracicaba: International Plant Nutrition Institute**, 2015.

SANTOS, F. D. dos et al. Fatores que afetam a disponibilidade de micronutrientes no solo. **Tecnológica**, v. 25, n. 2, 2021.

SANTOS, L. F. dos. **Alterações de propriedades químicas do solo e nutrição do milho após adição de sienito nefelínico e ácidos húmicos**. 2016.

SANTOS, W.O. et al. Production and evaluation of potassium fertilizers from silicate rock. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 179, p. 547-556, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1002/jpln.201500484>.

SANTOS, J. R. et al. Atributos químicos do solo e produtividade do milho afetados por corretivos e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 323-330, 2006.

SAVVAS, D.; NTATSI, G. Biostimulant activity of silicon in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v.196, p.66-81, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.010>.

SILVA, C. W. **Agricultural production: evolution, history and technology**. John Wiley and Sons, 1995.

SILVA, K. H. A.; GUZATTI, N. C.; FRANCO, C. Análise de custo de produção e lucratividade na produção do milho convencional e transgênico em Mato Grosso. **Custos e agronegócio online**, v. 16, n. 1, p. 250-275, 2020.

SILVA, D.R.G. et al. 2012. Characterization and Nutrient Release from Silicate Rocks and Influence on Chemical Changes in Soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.36, p.951-962. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300025>. Acesso em 01 jul. 2022.

SILVA, R.C.et al. Chemical attributes of a remineralized oxisol. **Ciência Rural**, n. 47, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160982>. Acesso em 01 jul. 2022.

SILVA, M. F. A.; DA SILVA, B. M.; FRIGELG, E. de L. C. Guerra Rússia–Ucrânia: impactos no setor de exportação do agronegócio brasileiro gerado pela restrição de fertilizantes importados pelo Brasil. **RECIMA21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 4, n. 1, p. e463398-e463398, 2023.

SORATTO, Rogério Peres et al. Efficiency and residual effect of alternative potassium sources in grain crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 56, p. e02686, 2022.

SOUZA, W. S. **Uso da rochagem para remineralização de solos de baixa fertilidade**. 2019. 54 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 16-20, 2019.

STRAATEN, P. Van. Distribution of agromineral resources in space and time—a global geological perspective. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, p. e01453, 2022.

STRAATEN, P. Van **Rocks for Crops: Remineralizadores of Sub-Saharan Africa**. Nairobi, Kenya: ICRAF. 2002.

STRADA, J. **Fertilizantes: calcanhar de Aquiles na sustentabilidade?** 2023.

SUSTR, M.; SOUKUP, A.; TYLOVA, E. Potassium in root growth and development. **Plants**, vol. 8, no. 10, p. 435, 2019.

SILVA, R. C. da et al. Atributos químicos de um Latossolo remineralizado. **Ciência Rural**, v. 47, p. e20160982, 2017.

SWOBODA, P.; DÖRING, T. F.; HAMER, M. Remineralizing soils? The agricultural usage of silicate rock powders: A review. **Science of the Total Environment**, n.3, p.807, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150976>. Acesso em 01 jul. 2022.

TEIXEIRA, F. F.; TRINDADE, R. dos S. Recursos genéticos de milho: importância e uso no melhoramento. **Revista Ifes Ciência**, v. 7, n. 3, p. 01-22, 2021.

TEIXEIRA, A.M.S. et al. Estudo do comportamento térmico da rocha fonolito com fins à produção de fertilizantes. **Holos**, v.5, p.52-64, 2015. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2015.1825>.

TOSCANI, R. G. da S.; CAMPOS J. E. G. Uso de pó de basalto e rocha fosfatada como remineralizadores em solos altamente intemperizados. **Geociências**, v. 36, n. 2, p. 259 – 274, 2017.

UL-ALLAH, S. et al. Application of potassium improves grain yield and alleviates drought susceptibility in several corn hybrids. **Plants**, vol. 9, no. 1, p. 75, 2020.

VAN STRAATEN, P. **Rocks for Crops: Remineralizadores of Sub-Saharan Africa**. Nairobi, Kenya: ICRAF. 2002.

VAN GENUCHTEN, M. T. Uma equação de forma fechada para prever a condutividade hidráulica de solos não saturados. **Ciência do Solo Sociedade Sou. J.**, v.44, p.892-897, 1980.

XU, X.; ZHANG, Y. Network analysis of corn spot price comovements. **Machine Learning with Applications**, v. 6, p. 100140, 2021.

YAN, X. et al. What are the main factors affecting corn yield response and agronomic efficiency of phosphate fertilizer in China?. **Field Culture Research**, v. 270, p. 108221, 2021.

ZHANG, X. et al. Poor physical structural components restrict soil fertility and crop productivity for wheat-corn cultivation. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 117, p. 169-184, 2020

.