

# ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA DE REMINERALIZADORES COMO FONTE DE POTÁSSIO NO CAPIM-ELEFANTE (*Cenchrus purpureus*)

Yan Nascimento Lima<sup>1</sup>  
Wilson Mozena Leandro<sup>2</sup>  
João Paulo Vilela Castro<sup>3</sup>  
André Luiz Rodrigues da Silveira<sup>4</sup>  
Renan Krupok Matias<sup>5</sup>

## RESUMO

O Brasil importa 96% do cloreto de potássio consumido, aumentando os custos da produção agrícola. Como alternativa sustentável, este estudo avaliou remineralizadores como fontes de potássio para o capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). O experimento foi realizado em sequeiro na UFG, em um sistema orgânico certificado pelo IBD, com delineamento em blocos casualizados (5 × 5). Os tratamentos testados foram: testemunha (sem aplicação), Ekosil® (8% de K O), K6® (6% de K O), HVB-K® (3,7% de K O) e Organical + Yoorin® (0,30% de K O e 18% de P O). O Ekosil® apresentou o maior crescimento em altura (15,5 cm/semana), superando em 2,9 cm o tratamento de referência. O diâmetro inicial aumentou em todos os tratamentos, mas as taxas de crescimento semanal diminuíram, com Ekosil® e K6® se destacando. O número de perfilhos reduziu em média 2,1 por semana, e o número de folhas não mostrou diferenças significativas. O peso úmido e seco manteve-se estável após 10 semanas, mas o HVB-K® teve menor perda de peso seco (35%) em relação à testemunha (41%). Os resultados refletem a lenta dissolução dos remineralizadores e o ciclo da cultura, reforçando desafios na sua eficiência. Conclui-se que Ekosil® e HVB-K® possuem potencial para o manejo sustentável do capim-elefante, porém, estudos adicionais são necessários para viabilizar seu uso em larga escala.

**Palavras-chave:** Produção sustentável; Rochagem; Adubação potássica.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF REMINERALIZERS AS A SOURCE OF POTASSIUM IN ELEPHANT GRASS (*Cenchrus purpureus*)

### ABSTRACT

Brazil imports 96% of the potassium chloride it consumes, increasing agricultural production costs. As a sustainable alternative, this study evaluated remineralizers as potassium sources for elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum). The experiment was conducted under rainfed conditions at UFG in an organic system certified by the Instituto Biodinâmico (IBD), using a randomized block design (5 × 5). The tested treatments included: control (no application), Ekosil® (8% K O), K6® (6% K O), HVB-K® (3.7% K O), and Organical + Yoorin® (0.30% K O and 18% P O, respectively). Ekosil® showed the highest growth rate (15.5 cm/week), surpassing the reference treatment by 2.9 cm. Initial stem diameter increased across all treatments, but weekly growth rates declined over time, with Ekosil® and K6® performing best. The number of tillers decreased by an average of 2.1 per week, while the number of leaves showed no significant differences among treatments. Fresh and dry weight remained stable after 10 weeks, though HVB-K® recorded the lowest dry weight loss (35%) compared to the control (41%). The results reflect the slow dissolution of remineralizers and the crop cycle, reinforcing challenges in their efficiency. It is concluded that Ekosil® and HVB-K® show potential for sustainable elephant grass management. However, further studies are needed to optimize their efficiency and enable large-scale application.

**Keywords:** Sustainable production; Remineralizers; Potassium fertilization.

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo. E-mail: yan.nascimento@estudante.uniaraguaia.edu.br

<sup>2</sup> Professor do curso de Engenharia Agrônômica da faculdade de agronomia da UFG. E-mail: leandro@ufg.com

<sup>3</sup> Doutorando do programa de pós-graduação em agronomia da UFG. E-mail: vilelajp21@gmail.com

<sup>4</sup> Professor do curso de Engenharia Agrônômica na UniAraguaia.. E-mail: andresilveira@uniaraguaia.edu.br

<sup>5</sup> Professor do curso de Engenharia Agrônômica na UniAraguaia. Email: renan.matias@uniaraguaia.edu.br

## INTRODUÇÃO

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), uma gramínea tropical, é uma planta forrageira muito utilizada na alimentação de ruminantes, por possuir um elevado valor nutritivo e grande potencial produtivo (Rosa *et al.*, 2019). É uma das forragens mais importantes e difundidas do país.

No Brasil, as pastagens são a principal fonte de alimento para a produção animal e ocupam a maioria da área utilizada para o desenvolvimento agrícola (Guimarães *et al.*, 2011; Pereira, *et al.*, 2016). Apesar de sua relevância como potência no setor agrícola, o Brasil ainda não alcançou a autossuficiência em relação aos fertilizantes, resultando na necessidade de importar a maioria de seu consumo.

Recentemente, no primeiro semestre de 2022, especulações acerca do setor de fertilizantes foram preocupantes para o agronegócio mundial, especificamente o brasileiro, visto que os conflitos no Leste Europeu, região de extrema importância para o abastecimento internacional de fertilizantes minerais, se intensificaram com as disputas entre Rússia e Ucrânia (Osaki, 2022).

O Brasil vem presenciando nos últimos anos um forte aumento nas importações de fertilizantes em razão do aumento da produção de alimentos. Em 2021, o país importou um recorde de 41,6 milhões de toneladas de fertilizantes, um marco para o agronegócio nacional (CONAB, 2022).

O Brasil é atualmente o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, respondendo por aproximadamente 8% do volume total, dos quais o potássio é o principal nutriente utilizado pelos produtores do país (38%). Em segundo lugar, o fósforo é responsável por 33% do consumo total de fertilizantes e o nitrogênio por 29%. (IBRAM, 2008).

Um dos principais fertilizantes importados é o cloreto de potássio – 96% do consumo desse produto no Brasil é importado (Osaki, 2022). No entanto, a importação de adubos potássicos prejudica significativamente a balança comercial brasileira. Como fonte alternativa, é necessário realizar pesquisas com outras fontes não convencionais de potássio.

De acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 2017), os remineralizadores são rochas ou outros materiais de origem mineral que sofreram redução por processos mecânicos e que melhoram a fertilidade do solo, promovendo melhorias nas propriedades físicas ou físico-químicas e da atividade biológica do solo. Os remineralizadores surgem como uma opção aos fertilizantes solúveis convencionais. Estes fertilizantes alternativos consistem em recursos naturais encontrados no território nacional e vem ganhando espaço no mercado por serem mais acessíveis financeiramente e serem produtos mais sustentáveis (Medeiros *et al.*, 2022).

No Brasil, a regulamentação legal dos remineralizadores de solo foi promulgada em 2013 por meio da Lei Complementar nº 12.890, 10 de dezembro de 2013, que altera a Lei de Fertilizantes (Lei nº 6.894/1980), que deve ser de responsabilidade do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, cujo órgão pertence à União. A Lei nº 12.890/2013 incluiu uma nova categoria de insumo agrícola: os remineralizadores, também conhecidos como pós de rochas.

O grande potencial das fontes alternativas de insumos, como remineralizadores ou agrominerais, vem demonstrando alto potencial na restauração dos níveis de fertilidade do solo, principalmente como fontes alternativas de Potássio (K+). Além disso, o uso de remineralizadores tem o benefício adicional de reduzir a necessidade de fertilizantes importados (França *et al.*, 2019; Theodoro *et al.*, 2021; Castro *et al.*, 2020).

Nesse contexto, o objetivo do trabalho será o de avaliar a eficiência agrônômica de diferentes remineralizadores como fonte de potássio no desenvolvimento do capim-elefante.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O capim-elefante é uma gramínea tropical, perene, de grande porte, nativa da África. É uma espécie de clima tropical que apresenta metabolismo do tipo C4<sup>6</sup> e é altamente produtiva, com uma média de 45 toneladas de massa seca por hectare ao ano. A cana-de-açúcar e o milho, por outro lado, produzem cerca de 21 e 13 toneladas de massa seca por hectare ao ano, respectivamente (Paula et al., 2020).

Das forrageiras tropicais, o capim-elefante vem sendo utilizado com grande frequência, quando comparado às demais espécies. As espécies do gênero *Pennisetum* são cultivadas em todo o país devido à sua versatilidade e adaptabilidade a diferentes condições climáticas e de solo (Amaral et al., 2020).

As plantas forrageiras são a principal fonte de alimento para os animais ruminantes. No entanto, a escassez de forragens no período seco, tanto em quantidade quanto em qualidade, é um dos principais fatores que limitam a produtividade do rebanho. Cerca de 86% do rebanho bovino brasileiro é alimentado com pastagens (ABIEC, 2020).

A fertilização do solo é fundamental para a produção agrícola, ao fornecer os nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Cada elemento mineral desempenha uma função específica no metabolismo das plantas, garantindo sua qualidade estrutural e fisiológica. Por isso, é importante fornecer os nutrientes no momento e nas quantidades adequadas para as plantas atingirem seu pleno potencial produtivo (Almeida et al., 2021).

Os fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos, essenciais para a agricultura tradicional, são importados em grande escala pelo Brasil. Aproximadamente 80% do consumo nacional vem de outros países, demonstrando a fragilidade do nosso sistema de produção. Essa dependência se agrava quando se considera que o Brasil deverá responder por quase metade da produção mundial de alimentos nos próximos anos (MAPA, 2022).

A dependência do Brasil de potássio é um problema significativo. O país possui solos com baixas concentrações naturais de potássio, um nutriente essencial para a produção agrícola. Em 2020, o Brasil importou 96,4% do potássio que consumiu, totalizando 6,80 milhões de toneladas de KCl (Brasil, 2021). Essa dependência externa é preocupante, ao elevar os custos de produção agrícola e pode comprometer a segurança alimentar do país (Castro, et al., 2022; Possamai & Seregati, 2022).

Apesar de ser abundante na crosta terrestre, o potássio nem sempre está prontamente disponível para atender às necessidades das plantas. A dinâmica desse nutriente essencial no solo é complexa e influenciada por diversos fatores interligados, como a mineralogia, pH, textura, atividade microbiológica e manejos agrícolas (Raij, 2012). Regiões tropicais frequentemente apresentam baixos teores de potássio (K<sup>+</sup>) no solo. Essa carência exige a aplicação de fertilizantes para garantir a produtividade agrícola sustentável. De acordo com (Anda, 2008), o cloreto de potássio (KCl) é o principal fertilizante potássico utilizado no Brasil. Este fertilizante apresenta cerca de 60% de óxido de potássio (K<sub>2</sub>O) em sua composição.

As diversas formas de potássio e sua relativa proporção nos solos depende da mineralogia do material de origem, do grau de intemperismo e da composição granulométrica do solo. O potássio, presente na forma de íon K<sup>+</sup>, é um nutriente crucial para o desenvolvimento vigoroso das plantas. Sua fácil absorção pelas raízes o torna essencial para diversos processos fisiológicos, como: Ativação de enzimas, fotossíntese, controle da água e transporte de nutrientes (Marschner, 1995; Zanella et al., 2020)

---

<sup>6</sup> As plantas C4 representam um grupo de angiospermas que evoluíram mecanismos fotossintéticos distintos para lidar com ambientes com baixos níveis de CO<sub>2</sub>. (Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). *Plant physiology* (5th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.)

Capins em pastagem exigem atenção especial em relação ao nitrogênio e potássio. Estudo de Costa et al. (2013) revela que esses dois nutrientes são os mais consumidos por capins sob pastejo. Essa alta demanda exige reposição frequente através da adubação de manutenção do pasto. Faria et al. (2015) corroboram, enfatizando que a sustentabilidade econômica e a produtividade da pastagem dependem diretamente da disponibilidade adequada de nitrogênio e potássio no solo.

O Brasil possui, em sua geologia, minerais que podem ser usados na fabricação de fertilizantes. Como a cadeia de produção de fertilizantes é contínua, é possível diminuir a dependência de certas matérias-primas na formulação desses produtos (Fonseca, 2019). A agricultura sustentável é um desafio complexo, que exige um equilíbrio entre a produtividade e a conservação dos recursos naturais, especialmente os solos (Kopittke et al., 2019).

Os remineralizadores podem ser utilizados como fonte de potássio na cultura do capim-elefante. Estudos demonstram que o uso de remineralizadores pode aumentar o rendimento de matéria seca e a qualidade da forragem do capim-elefante (França et al., 2020; Theodoro et al., 2021; Castro et al., 2020). A deficiência de potássio no solo é um problema sério que pode afetar negativamente a cultura do capim-elefante. Os sintomas da deficiência incluem redução do crescimento, da produção de matéria seca e da qualidade da forragem (Embrapa, 2013).

Os remineralizadores de solo, são empregados na fertilização de solos, voltado para adubação agrícola por meio da aplicação de rochas moídas, os remineralizadores são fabricados através da trituração de rochas em diferentes granulometrias aplicados ao solo (Veloso, 2020).

O uso de pó de rocha para aumentar a fertilidade do solo é uma alternativa sustentável, mas apresenta um tempo de resposta lento, pois os minerais presentes no pó são de baixa solubilidade. Para superar essa limitação, é necessário buscar novas formas de fornecer nutrientes aos solos e às plantas, bem como desenvolver pesquisas para melhorar a solubilização dos minerais, tornando-os mais disponíveis para as plantas de forma mais rápida e eficiente (Sustakowski, 2021).

O pó de rocha, uma vez aplicado ao solo, sofre ação do intemperismo, que é um conjunto de processos físicos, químicos e biológicos que degradam as rochas. Esse processo proporciona a liberação gradativa de minerais que podem ser absorvidos pelas raízes das plantas. A liberação dos nutrientes das rochas depende da composição química e mineralógica da rocha, granulometria, tempo de reação e condições do solo (Almeida Júnior et al., 2022).

A agricultura enfrenta um desafio crucial, que é aumentar ou manter a produtividade sem prejudicar ainda mais os recursos naturais do planeta, especialmente os solos (Kopittke et al., 2019). A técnica de rochagem melhora as características de fertilidade do solo, o que pode contribuir para a redução da dependência do Brasil de insumos agrícolas importados (Branco et al., 2019).

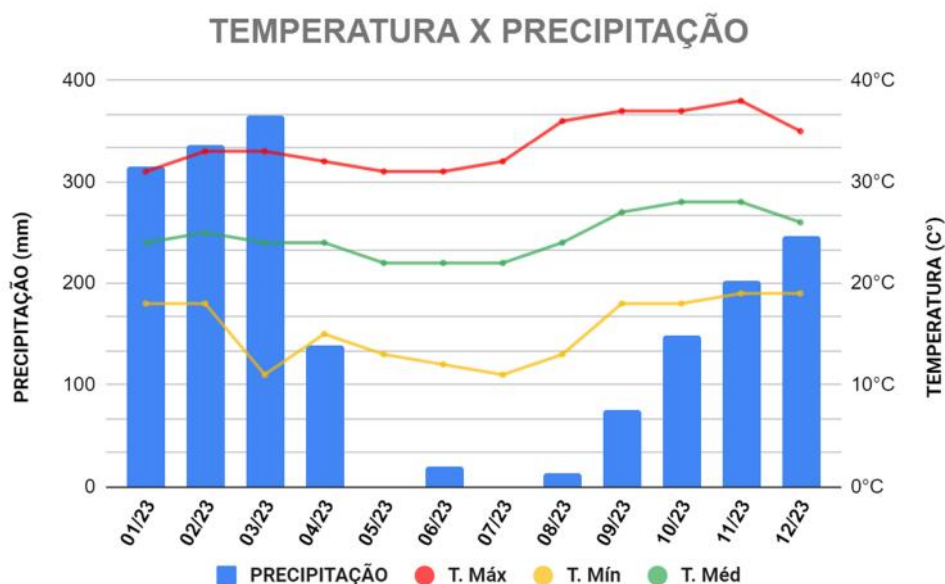
Considerando o cenário agrícola atual, a pesquisa vem avançando no sentido de propor fontes alternativas de fertilizantes, através do uso de remineralizadores/pó de rocha que são rochas moídas que dispõem de minerais capazes de fornecer nutrientes às plantas, atendendo suas necessidades (Almeida Júnior et al., 2022).

## MATERIAL E MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido em uma área de sequeiro denominada "pivô 1" do Campus II da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), no município de Goiânia. O clima da região é classificado como B2 WB 42' (Lobato, 1978), com temperatura média de 21°C, máxima de 29°C e precipitação pluviométrica média anual de 1.487,2 mm.

**Gráfico 1.** Temperatura média e precipitação variável ao longo do ano de 2023.



Fonte: Agritempo, 2023.

A área experimental é cultivada há 2 anos em sistema orgânico de produção, sendo certificada pelo Instituto Biodinâmico (IBD). O solo da área de estudo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd). A análise química do solo (Tabela 1) foi realizada no Laboratório de Solos e Substratos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, seguindo a metodologia da Embrapa (2017).

**Quadro 1.** Análise química do solo representado no experimento à campo. Goiânia, GO. 2023.

pH (CaCl <sub>2</sub> )	P(Mehl) mg/dm <sup>3</sup>	K mg/dm <sup>3</sup>	Ca cmolc/ dm <sup>3</sup>	Mg cmolc/dm <sup>3</sup>	H+Al cmolc/dm <sup>3</sup>	Al cmolc/dm <sup>3</sup>	CTC cmolc/dm <sup>3</sup>	V %
5,2	1,5	19	1,0	0,6	1,9	0,0	3,5	46,5

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Escola de Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás.

Como fonte de potássio (K) para o solo, utilizou-se o remineralizador de Micaxisto (rocha metamórfica composta), denominado HVB-K, obtido da mina da Pedreira Britec, localizada na cidade de Bela Vista de Goiás, no estado de Goiás. O material é pertencente ao Grupo Araxá, definido originalmente por Barbosa (1955), como um conjunto de metamórficos essencialmente formados por micaxisto e quartzitos.

Outro fertilizante potássico natural utilizado foi o Ekosil, obtido pelo processo natural de moagem, sem utilização de processos químicos. Ele é extraído das rochas silicatadas do planalto de Poços de Caldas, em Minas Gerais, de origem vulcânica. O pó de rocha de granito K6, utilizado na área experimental, foi fornecido pela empresa Embu S/A Engenharia e Comércio, localizada na cidade de Mogi das Cruzes, no estado de São Paulo. As amostras de pó de rocha foram analisadas quanto à granulometria, mineralogia e composição química, de acordo com a Instrução Normativa n. 5/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016).

Em um dos tratamentos do experimento, foram utilizados os insumos Yoorin e Organical. Yoorin é um fertilizante fosfatado obtido pelo processo de fusão. Ele contém fósforo, cálcio, magnésio, silício e micronutrientes, todos na forma de fritas (tipo de material granular que é formado pela fusão de diferentes componentes). A rocha fosfática, enriquecida com silicato de magnésio, é fundida em um forno elétrico a uma temperatura de 1500 °C. O produto incandescente obtido é submetido a um choque térmico com jato de água. Após secar, ele é moído e embalado. O pó de rocha Organical, que apresenta bons níveis de cálcio, magnésio e potássio, foi obtido em Rio Verde, da empresa Calcário Rio Verde Agropecuária LTDA.

#### COLETA DOS DADOS

O delineamento experimental adotado foi o delineamento em blocos casualizados ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições (5 x 5). Os tratamentos consistem na utilização de quatro fontes de remineralizadores (Tabela 2), alternativas para o sistema orgânico de produção, sendo: Testemunha (sem aplicação), Ekosil® (8% de K<sub>2</sub>O), K6® (6% de K<sub>2</sub>O), HVB-K® (3,7% de K<sub>2</sub>O), insumos (organical + Yoorin®) com 0,30% de K<sub>2</sub>O e 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente.

**Tabela 1.** Produtos empregados nos tratamentos e suas formulações.

Fonte	Material de origem	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %
1. TESTEMUNHA		0	0
2. HVB	Rocha metamórfica composta (micaxisto)	0,28	3,7
3. K6	Rocha granítica	0	6
4. Insumos (YOORIN + ORGANICAL)	Rocha fosfática (termofosfato), Montmorilonita	18	0,30
5. EKOSIL	Rocha silicatada de origem vulcânica (fonolito)	0	8

Fonte: Autoria própria, 2023.

Sendo aplicadas diferentes doses de remineralizadores por parcela (Figura 1), os tratamentos terão as seguintes composições, T1- testemunha - sem aplicação; T2- Yoorin + Organical (1,5 Kg); T3 – HVB (3,75 Kg); T4 – K6 (2,50Kg); T5 – Ekosil (1,88 Kg). O cálculo foi realizado da seguinte forma:

$$X = (\text{Quantidade de K desejada} * 1000) / (\text{Teor de K}_2\text{O do material} * 100)$$

Durante dez semanas, foram realizadas dez avaliações de contagem de perfilhos (CP), altura de plantas (AP), número de folhas (NF) e diâmetro de plantas (DP). A planta mais desenvolvida de cada linha de tratamento foi escolhida para avaliação produtiva. A altura das plantas foi mensurada com auxílio de trena, o diâmetro da planta por meio de um paquímetro digital e o número de folhas e perfilhos foi obtido por meio de contagem. Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva das variáveis em estudo. As estatísticas de tendência central e dispersão serão calculadas. Além disso, foi calculada a matriz de correlação de Pearson entre as variáveis. Para verificar se o efeito dos tratamentos aplicados foi significativo, foi utilizado o modelo de regressão linear de efeitos mistos. O modelo foi definido com efeitos aleatórios para o intercepto e a variável tempo. Para os efeitos fixos, o modelo foi construído com base na interação entre os tratamentos e o tempo. O tratamento de referência foi a testemunha, que representa o processo padrão. Os demais tratamentos utilizaram os seguintes remineralizadores: insumos, EKOSIL, HBV-K e K6.

Além disso, foi avaliada a produtividade através da colheita do capim, que será realizada de forma criteriosa, obtendo-se do capim que fora mensurado nas 2 linhas de cada tratamento na distância de 1 metro por linha. A coleta foi realizada de forma manual.

Após a colheita, o capim foi pesado, para obtenção do peso úmido. O peso úmido foi obtido em uma balança analítica, com precisão de 0,001 g. O capim colhido foi então levado para secagem de forma exposta ao sol em campo aberto, por um período de 7 dias. Após a secagem, o capim foi novamente pesado, para obtenção do peso seco. O peso seco também foi obtido em uma balança analítica, com precisão de 0,001 g. Foi avaliado o peso seco e úmido após as 10 semanas de coleta de dados. O modelo misto foi aplicado apenas para considerar interceptos aleatórios para as linhas. Outra variável referente ao peso foi avaliada, a redução percentual entre o peso úmido e seco, calculada pela seguinte equação:

$$Q \quad d \quad p \quad \% = \frac{P \quad \acute{u}m}{P \quad s} \times 100$$

## ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram submetidos a linguagem de programação estatística R versão 4.2.2. (R Core Team, 2018). O nível de significância adotado foi de 5% ( $\alpha = 0,05$ ), o que significa que apenas resultados com valor-p inferior a 0,05 foram considerados estatisticamente significativos. Para cada variável analisada (altura, diâmetro, número de perfilhos, número de folhas, peso úmido, peso seco e queda de peso %), foram calculadas as estatísticas descritivas (média, desvio padrão e coeficiente de variação). Em seguida, os modelos de regressão linear com efeitos mistos foram ajustados para cada variável, com o objetivo de identificar os efeitos dos diferentes tratamentos sobre as variáveis de resposta. A significância dos efeitos dos tratamentos foi avaliada pelo valor-p, considerando o nível de significância de 5%.

**FIGURA 1.** Aplicação de diferentes doses de remineralizadores por parcela na área de capim elefante em sua fase inicial no Campus II da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás (UFG), em Goiânia, Goiás, Brasil.



Fonte: De autoria própria

**FIGURA 2.** Fileiras de capim elefante na quarta semana de mensuração, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.



Fonte: De autoria própria

**Figura 3.** Medição da altura na quinta semana de coleta de dados do capim-elefante.



Fonte: De autoria própria

**Figura 4.** Processo de secagem do capim elefante para obtenção de matéria seca, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO





Fonte: De autoria própria

**Figura 5.** Croqui do experimento em delineamento de blocos ao acaso, em função dos diferentes tipos de remineralizadores utilizados para avaliação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia - GO.

5ª Linha	K-6	Ekosil	HVB-K	Insumos	Testemunha
4ª Linha	HVB-K	Insumos	Testemunha	K-6	Ekosil
3ª Linha	HVB-K	Testemunha	Insumos	Ekosil	K-6
2ª Linha	K-6	HVB-K	Ekosil	Testemunha	Insumos
1ª Linha	Testemunha	Insumos	K-6	HVB-K	Ekosil

Fonte: De autoria própria

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias (desvio padrão/coeficiente de variação) para as variáveis foram: Altura 131,2 centímetros (46,2/35,2%). Isso indica que a altura das plantas variou consideravelmente entre os tratamentos, se distanciando bastante da média. A média do diâmetro foi de 15,6 milímetros (3/19%), mas o desvio padrão de 3 mm indica que muitos valores se distanciaram

da média. Número de perfilhos 32,6 (14,8/45,6%). A variabilidade do número de perfilhos foi a maior entre todas as variáveis, havendo plantas com muitos mais perfilhos que outras. A média do número de folhas por planta foi de 11,9 (2,4/20,1%), com um desvio padrão de 2,4. Isso indica que a maioria das plantas apresentou um número de folhas próximo à média, mas também existiu uma quantidade significativa de plantas com valores discrepantes (Tabela 3).

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas das variáveis em análise

Variável	mín.	mediana	média	máx.	d.p.	c.v.
Altura	19,0	130,0	131,2	247,0	46,2	35,2%
Diâmetro	8,2	15,5	15,6	28,6	3,0	19,0%
Nº de Folhas	1,0	12,0	11,9	19,0	2,4	20,1%
Nº de Perfilhos	7,0	31,0	32,6	95,0	14,8	45,6%
Peso úmido	1,6	5,0	5,2	11,8	2,0	38,8%
Peso seco	0,9	3,1	3,2	8,6	1,5	45,4%
Queda de peso %	0,4	0,6	0,6	0,8	0,1	11,3%

Fonte: De autoria própria

As suas médias ( $\pm$ desvio padrão) foram: Peso úmido 5,2 quilos ( $\pm$ 2/38,8%), indicando uma produção considerável de biomassa fresca por planta. A média de peso seco foi de 3,2 quilos ( $\pm$ 1,5/45,4%), mostrando que aproximadamente 38,8% (queda de peso média) corresponde à água presente na planta fresca. A queda de peso percentual 0,6 ( $\pm$ 0,1/11,3%) apresentou baixa variabilidade (coeficiente de variação de 11,3%), indicando relativa constância na composição de água entre as plantas analisadas.

**Tabela 3.** Estimativas dos modelos de regressão linear com efeitos mistos para a altura, diâmetro, nº de perfilho e nº de folhas.

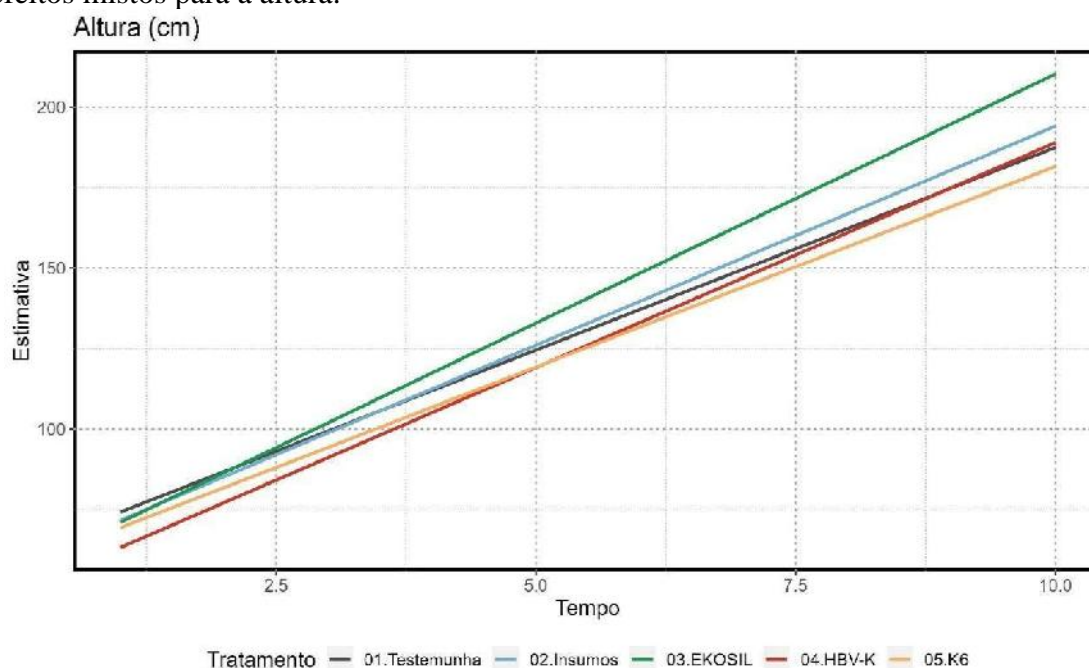
Coeficiente	Altura		Diâmetro		Nº de perfilho		Nº de folhas	
	Estimativ a	Valor -p	Estimativ a	Valor -p	Estimativ a	Valor -p	Estimativ a	Valor -p
Intercepto	<b>61,6</b>	<b>0,00</b>	<b>13,2</b>	<b>0,00</b>	<b>42,8</b>	<b>0,00</b>	<b>10,9</b>	<b>0,00</b>
Insumos	-3,6	0,60	<b>2,0</b>	<b>0,03</b>	-0,3	0,94	0,0	0,98
Ekosil	-6,1	0,37	<b>2,3</b>	<b>0,01</b>	-5,2	0,21	0,4	0,53
HVB-K	<b>-12,4</b>	<b>0,07</b>	<b>1,8</b>	<b>0,05</b>	2,2	0,59	0,7	0,31
K6	-4,7	0,49	<b>3,4</b>	<b>0,00</b>	-0,4	0,93	0,7	0,32
Tempo	<b>12,6</b>	<b>0,00</b>	<b>0,3</b>	<b>0,00</b>	<b>-2,1</b>	<b>0,04</b>	0,1	0,70

Insumos:Tempo	1,0	0,36	-0,2	0,19	0,7	0,32	0,1	0,64
Ekosil:Tempo	<b>2,9</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,06</b>	0,7	0,28	0,2	0,15
HVB-K:Tempo	1,4	0,21	-0,2	0,13	0,2	0,81	0,0	0,90
K6:Tempo	-0,1	0,92	<b>-0,4</b>	<b>0,00</b>	0,1	0,85	0,0	0,66

Fonte: De autoria própria

As estimativas dos modelos que envolviam o tempo (Tabela 5) apresentaram os seguintes resultados: Para a altura, os tratamentos HVB-K e Ekosil foram significativos. O HVB-K diminui a média de altura inicial (no começo do experimento) em 12,4 centímetros, enquanto o Ekosil apresenta uma taxa de crescimento médio de 15,5 centímetros a cada semana, que é 2,9 centímetros maior em relação ao tratamento de referência, que tem crescimento médio por semana de 12,6 centímetros. As retas mostrando como os crescimentos médios ocorrem por semana é dada na figura 6. O estudo de Beneduzzi (2019) sugere que algumas plantas podem necessitar de um período de até cinco anos para absorver completamente os nutrientes de forma eficiente. No presente estudo, o tempo de aplicação dos remineralizadores não foi suficiente para que os nutrientes fossem absorvidos e utilizados pelas plantas para um maior crescimento da cultura.

**Figura 6:** Retas de regressão para os efeitos fixos estimados pelo modelo de regressão linear de efeitos mistos para a altura.

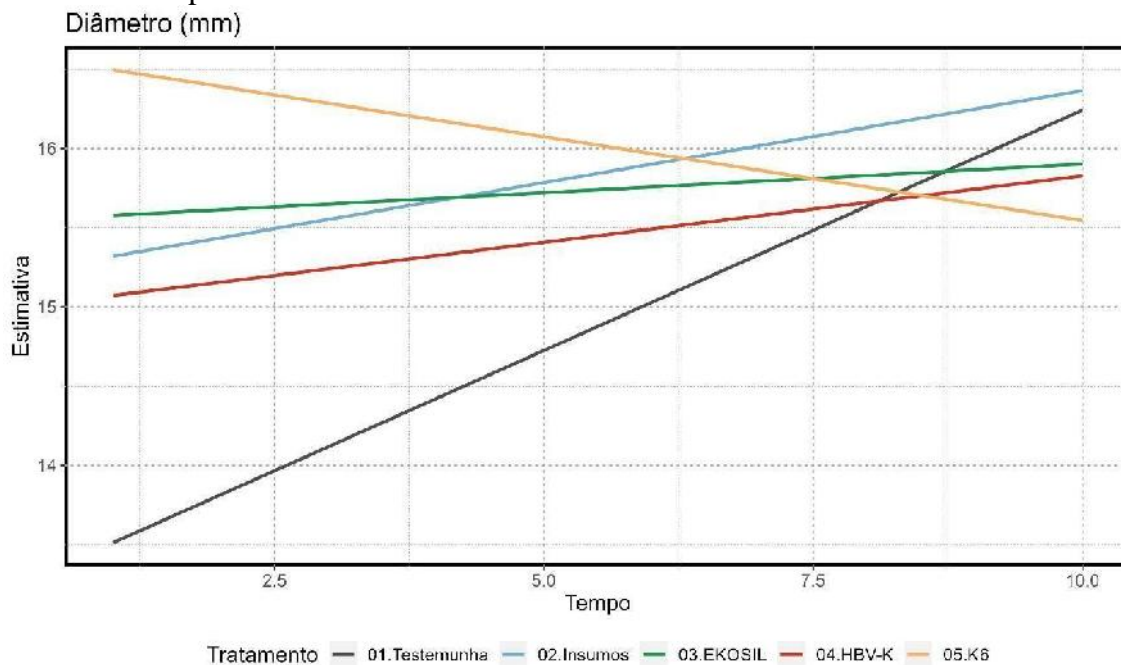


Fonte: De autoria própria

Para o diâmetro, todos os tratamentos aumentam a média no início do tratamento de forma significativa, onde esses valores são de: 13,2 centímetros (testemunha), 15,2 (Insumos), 15,5 (Ekosil), 15 (HVB-K) e 16,6 (K6). Contudo, quando as taxas de crescimento médio semanal são observadas, há um decréscimo nestas taxas, onde em especial, os tratamentos Ekosil e K6 foram significativos. A taxa média de crescimento para o tratamento de referência

é de 0,3 centímetros por semana, enquanto Ekosil apresenta 0,03 centímetros e o K6, -0,10 centímetros por semana.

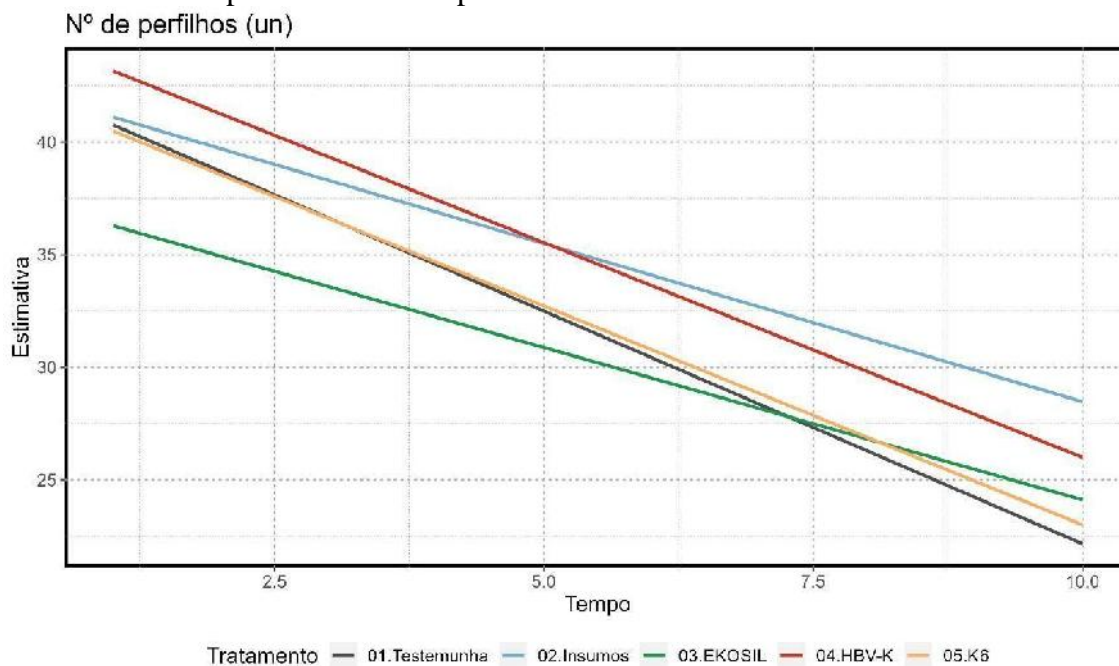
**Figura 7.** Retas de regressão para os efeitos fixos estimados pelo modelo de regressão linear de efeitos mistos para o diâmetro.



Fonte: De autoria própria

Para o número de perfilhos, nenhum tratamento apresentou significância, onde existe uma queda média de perfilho de -2,1 a cada semana.

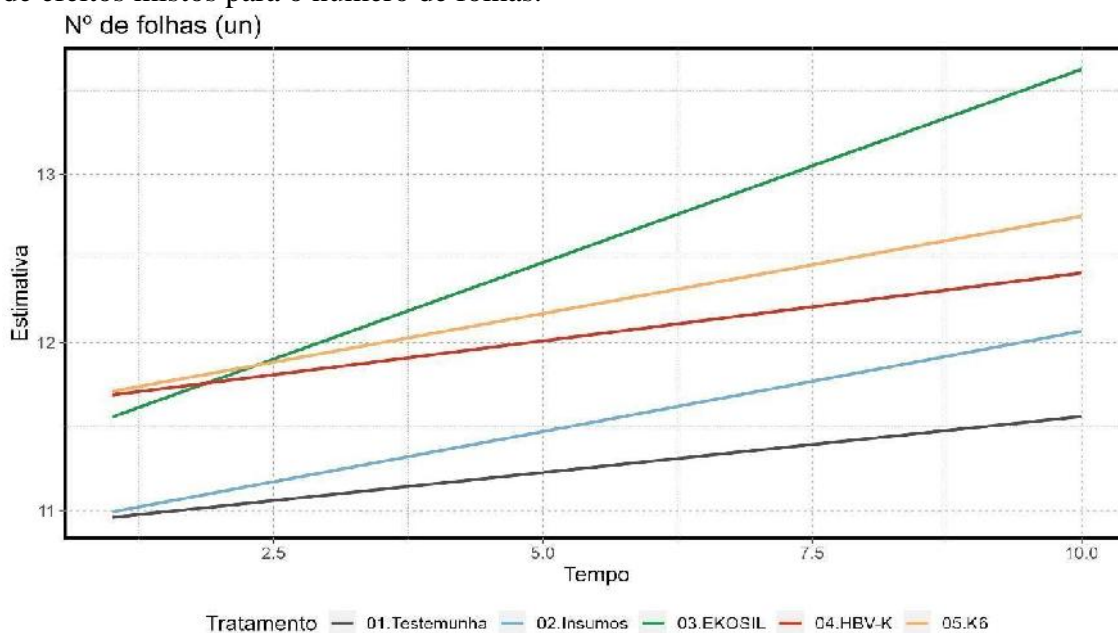
**Figura 8.** Retas de regressão para os efeitos fixos estimados pelo modelo de regressão linear de efeitos mistos para o número de perfilhos.



Fonte: De autoria própria

O número de folhas também não apresentou significância nos tratamentos, contudo, o tratamento Ekosil ainda apresenta a maior média de número de folhas. A taxa de crescimento/decrescimento ao longo do tempo também não foi significativa. A aplicação de remineralizadores oriundos de rochas de micaxisto e fonolito no capim elefante apresentou menor impacto na produtividade da forrageira em comparação a estudos anteriores que utilizaram essas rochas e adubos químicos como KCL e MAP. Essa discrepância pode ser atribuída a fatores como a dissolução lenta das rochas e ciclo da cultura. Os resultados corroboram com as observações feitas por PADUA (2014), que salienta os desafios da aplicação de rochas moídas como adubos. O tempo adequado de aplicação para cada cultura, necessário para garantir a absorção eficiente dos nutrientes, aumenta os custos de pesquisa na área.

**Figura 9.** Retas de regressão para os efeitos fixos estimados pelo modelo de regressão linear de efeitos mistos para o número de folhas.



Fonte: De autoria própria

Quanto ao peso ao final das 10 semanas de coleta, os modelos não apresentaram nenhuma significância para o peso úmido ou seco. Já para a queda de peso %, o tratamento HVB-K demonstrou uma queda média menor em relação ao tratamento de referência. Para a testemunha, a queda média foi de 41% enquanto para o HVB-K 35%.

**Tabela 4:** Estimativas dos modelos de regressão linear com efeitos mistos para o peso úmido, seco e queda de peso %

Coeficiente	Peso úmido		Peso seco		Queda de peso %	
	Estimativa	Valor-p	Estimativa	Valor-p	Estimativa	Valor-p
Intercepto	5,90	0,00	3,58	0,00	0,59	0,00
Insumos	-0,89	0,34	-0,50	0,47	0,02	0,46
EKOSIL	-0,67	0,47	-0,43	0,53	0,00	0,95

HBV-K	-1,08	0,24	-0,34	0,62	0,06	0,06
K6	-1,07	0,25	-0,40	0,56	0,05	0,14

Fonte: De autoria própria

### Considerações Finais

O uso do Ekosil no cultivo de capim-elefante demonstrou efeitos positivos no crescimento, com maior número de folhas e aumento na altura das plantas, atribuídos à disponibilidade de potássio (8% na composição). No entanto, não houve impacto significativo no diâmetro, no peso úmido e seco das plantas. Além disso, o número de perfilhos apresentou queda semanal em todos os tratamentos.

Fatores como dissolução lenta das rochas, ciclo curto da cultura e baixa disponibilidade de nutrientes limitaram os resultados. Assim, o estudo não permitiu conclusões definitivas sobre a eficácia dos remineralizadores como fonte de potássio, reforçando a necessidade de mais pesquisas para validar e otimizar essa tecnologia na produção agrícola.

### REFERÊNCIAS

ABIEC. Beef Report 2020. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes**. 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>. Acesso em: 25 de setembro de 2023.

ALMEIDA, J. J. J.; SOUZA, A. I.; ALMEIDA, E. V.; CARNEIRO, A. O. T.; SANTOS, L. J. S.; GARCIA, E. C.; BASTOS, R. J. M. M.; FERREIRA, D. V.; SILVA, V. J. A.; MIRANDA, B. C.; SILVA, D. S. Milho implantado em segunda safra no Centro-Oeste do Brasil com utilização do remineralizador micaxisto. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 29669-29680, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/46947>. Acesso em: 27 de setembro de 2023.

ALMEIDA, M. F.; SILVA, J. A.; SANTOS, M. A. **Nutrição de plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed., São Paulo: Editora Blucher, 2021.

AMARAL, R. C.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 532-539, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/SZMCfbG63xvrgxDxPPcg8vB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 de setembro de 2023.

BARBOSA, O. Guias das excursões. In LACERDA FILHO, J. V. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CRPM, 1955.

BENEDUZZI, E. B. Rochagem: agregação das rochas como alternativas sustentáveis para a fertilização e adubação de solo. 2011, 90 f. Monografia (Bacharel em Geologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociência. Acesso em: 20 de novembro de 2023.

BRANCO, R. M.; SILVA, M. A.; SOUZA, J. A. A técnica de rochagem como alternativa para a redução da dependência de insumos agrícolas importados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 11, p. 1326-1332, 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.890, de 10 de dezembro de 2013.** Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2013/lei-12890-10-dezembro-2013-777603publicacaooriginal-142208-pl.html>. Acesso em: 04 de outubro de 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco Mineral do Brasil: Potássio.** Brasília: MAPA, 2021.

CASTRO, N. R.; SILVA, A. F.; GILIO, L. Desempenho e inter-relações do setor de fertilizantes: uma análise segundo a ótica de insumo-produto. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 56, 2020. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/991>. Acesso em: 12 de outubro de 2023.

CASTRO, M. A.; SILVA, A. C.; SILVA, A. B. Análise da dependência externa do Brasil em relação ao potássio. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 20, n. 2, p. 1-20, 2022.

CONAB. **Importação de fertilizantes é recorde e chega a 41,6 milhões de toneladas.** Brasília: CONAB, 2022. 9 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/noticias/importacao-de-fertilizantes-e-recorde-e-chega-a-41-6-milhoes-de-toneladas>. Acesso em: 20 de outubro de 2023.

EMBRAPA. **Cultivo de tomate para industrialização: Deficiências nutricionais.** EMBRAPA, p. 1, 2013.

FRANÇA, S. C. A.; TRAMPUS, B. C.; BRAGA, P. F. A.; MOKARZEL, D. Avaliação de extração de potássio de nefelina sienito para uso como remineralizador de solos. **XXVIII Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa.** Belo Horizonte-MG: 2019. Disponível em: [https://www.artigos.entmme.org/?wpfb\\_s&wpfb\\_file\\_sort=%3Cfile\\_size](https://www.artigos.entmme.org/?wpfb_s&wpfb_file_sort=%3Cfile_size). Acesso em: 12 de outubro de 2023.

GUIMARÃES, G. M; SILVA, C. C.; PEREIRA, R. R. Importância das pastagens na produção animal no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2229-2236, 2011.

IBRAM. O mercado e o desafio da indústria de fertilizantes no Brasil. **Instituto Brasileiro de Mineração.** 2008. Disponível em: [http://www.ibram.org.br/cbminas/palestras/25\\_11\\_00\\_vicente%20lobo.pdf](http://www.ibram.org.br/cbminas/palestras/25_11_00_vicente%20lobo.pdf). Acesso em: 15 de outubro de 2023.

KOPITTKE, P. M. The role of plant breeding in ensuring global food security in the face of climate change. **Food and Energy Security**, v. 8, n. 4, e 00181, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.181>. Acesso em: 06 de outubro de 2023.

LOBATO, O. J. S. M. Disponibilidade e fórmula climatológica do Município de Goiânia e Municípios Limítrofes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 2, n. 1, p. 7-16, 2007. <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/1909>. Acesso em: 05 de outubro de 2023.

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. “Estatísticas do Setor”. **Gov.br**, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos->

agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/plano-nacional-de-fertilizantes/estatisticas-do-setor. Acesso em: 05 de outubro de 2023.

MARSCHNER, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press.

MEDEIROS, F. P.; AMORIM, G. D.; SILVA, R. F.; CARVALHO, A. M.; CARDOSO, I. M. Pós de rocha: uma tecnologia que auxilia nos processos de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 3, p. 242–262, 2022. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/rbagroecologia/article/view/23504/14412>. Acesso em: 14 de outubro de 2023.

OSAKI, M. Com forte dependência do mercado externo, setor nacional de fertilizantes enfrenta desafios. **CEPEA**, 2023. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniaocpepea/com-forte-dependencia-do-mercado-externo-setor-nacional-de-fertilizantes-enfrenta-desafios.aspx>. Acesso em: 03 de outubro de 2023.

PÁDUA, Eduane José de. Rochagem como adubação complementar para culturas oleaginosas. Lavras, 2012. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras. 2014.

PAULA, A. L.; SILVA, F. J.; SOUZA, M. A.; CARVALHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; BRITO, J. L. Comparação da produtividade de pastagens com outras culturas agrícolas no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. 12, p. 2152-2157, 2020.

PEREIRA, R. R.; GUIMARÃES, G. M.; SILVA, C. C. Efeito da suplementação mineral sobre o desempenho de bovinos de corte em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 12, p. 2522-2529, 2016.

PILLON, C. N. Dos pós de rocha aos remineralizadores: passado, presente e desafios. Pillon, C. N. **Anais: III Congresso Brasileiro de Rochagem**. Embrapa Clima Temperado, 2017. pp 16- 20. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

POSSAMAI, M. L.; SEREGATI, L. M. Potássio: a dependência brasileira e suas implicações. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 2, p. 255-276, 2022.

RAIJ, B. van. (2012). **Análise de solo: manual prático para descrição, amostragem, análise e interpretação**. UFRGS.

ROSA, P. P.; SILVA, P. M.; CHESINI, R. G.; OLIVEIRA, A. P. T.; SEDREZ, P. A.; FARIA, M. R.; LOPES, A. A.; ROLL, V. F. B.; FERREIRA, O. G. L. Características do Capim Elefante *Pennisetum purpureum* (Schumach) e suas novas cultivares BRS Kurumi e BRS Capiaçú. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.25, ns.1/2, p. 70-84, 2019. Disponível em: <http://www.revistapag.fepagro.rs.gov.br/files/PAG25article7.pdf>. Acesso em: 02 de outubro de 2023.

SUSTAKOWSKI, M.C. **Teor de nutrientes, propriedades físicas do solo e produtividade de soja após a aplicação de pó de rocha associado a plantas de cobertura**. 2021. 73 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus



Marechal Cândido Rondon, Paraná, 2021. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/5411>. Acesso em: 18 de outubro de 2023.

TAIZ, L., & ZEIGER, E. (2010). **Fisiologia Vegetal** (5a ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.

THEODORO, S. H.; SANDER, A.; BURBANO, D. F. M.; ALMEIDA, G. R. Rochas basálticas para rejuvenescer solos intemperizados. **Revista Liberato**, v. 22, n. 37, p. 01-120, 2021. Disponível em: [https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/22509/1/rochas\\_basalticas\\_solos\\_intemperizados.pdf](https://rigeo.sgb.gov.br/bitstream/doc/22509/1/rochas_basalticas_solos_intemperizados.pdf). Acesso em: 12 de outubro de 2023.

VELOSO, M. Remineralizadores de solo: uma alternativa para a fertilização agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, p. 471-480, 2020.

ZANELLA, L. C., Ceribeli, F. C., & Azevêdo, R. A. (2020). Potassium uptake and transport in plants: A physiological overview. **Plant and Soil**, 446(1), 337-358.