

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

ISABELA DOUKAKOS DE MORAES

**AVALIAÇÃO DE CINCO CALCÁRIOS EM DIFERENTES
GRANULOMETRIAS NA CULTURA DO SORGO**

UBERLÂNDIA, MG

2026

ISABELA DOUKAKOS DE MORAES

**AVALIAÇÃO DE CINCO CALCÁRIOS EM DIFERENTES
GRANULOMETRIAS NA CULTURA DO SORGO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia,
da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheira Agrônoma. Orientador:
Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

UBERLÂNDIA, MG

2026

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

M827 2026	<p>Moraes, Isabela Doukakos de, 2000- Avaliação de cinco calcários em diferentes granulometrias na cultura do sorgo [recurso eletrônico] / Isabela Doukakos de Moraes. - 2026.</p> <p>Orientador: Hamilton Seron Pereira. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Agronomia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia. Inclui ilustrações.</p> <p>1. Agronomia. I. Pereira, Hamilton Seron, 1968-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p>CDU: 631</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por guiar todos os meus passos até esse momento, com saúde, sabedoria, fé e gratidão.

Agradeço à minha família, por sempre me apoiarem e não medirem esforços para me ver bem. Não foi um caminho fácil, mas nós conseguimos vencer todos os obstáculos. Agradeço também ao GPSi e meu orientador Hamilton Seron Pereira pelo apoio, orientação e conhecimento durante esses anos de faculdade, além da Anna Letícia pela parceria nesse trabalho.

Sou grata pelos meus amigos feitos durante essa caminhada tornando-a mais fácil, alegre e leve.

Obrigada à banca avaliadora pelo apoio e presença.

RESUMO

A acidez dos solos em regiões tropicais e subtropicais representa um desafio à produtividade agrícola, especialmente devido à presença de alumínio tóxico e à deficiência de cálcio (Ca) e magnésio (Mg). A calagem é uma prática amplamente utilizada para solucionar a situação citada, assim corrigindo a acidez do solo, fornecendo cálcio e magnésio às plantas, promovendo o desenvolvimento radicular e com isso favorecendo a absorção de nutrientes. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes tipos de calcário, com distintas granulometrias, na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivado em casa de vegetação. O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Uberlândia-MG, utilizando delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 5x5 + 1, com quatro repetições. Foram avaliados cinco tipos de corretivos com diferentes teores de CaO e MgO sendo eles (44,23% CaO e 7,68% MgO; 31,73% CaO e 20,26% MgO; 55,58% CaO e 1,84% MgO; 34,62% CaO e 23,79% MgO; 46,17% CaO e 13,44% MgO) e cinco faixas granulométricas (<0,297; 0,297-0,500; 0,500-0,840; 0,840-1,000 e 1,000-1,700 mm). As variáveis analisadas incluíram peso seco da parte aérea, teores de cálcio e magnésio na planta e no solo, pH do solo (em água e CaCl₂), acidez potencial e saturação por bases. Os dados foram submetidos à análise estatística por meio dos testes de Tukey e Dunnett ao nível de 5% de significância, utilizando o software RStudio. Os resultados demonstraram que o corretivo com 44,23% de CaO e 7,68% de MgO proporcionou os maiores teores de cálcio foliar, enquanto o calcário com 31,73% de CaO e 20,26% de MgO resultou nos maiores teores de magnésio no solo no diâmetro de partícula <0,297 e 1,000-1,700 mm, além do magnésio foliar que obteve resultados superiores nas partículas menores que 1,0 mm. Assim, conclui-se que tanto o tipo de calcário quanto sua granulometria influenciam significativamente na dinâmica de nutrientes no solo e o desenvolvimento da cultura do sorgo.

Palavras-chave: calagem, acidez do solo, granulometria, cálcio, magnésio, sorgo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1	Acidez no solo	3
2.2	Tipos de acidez	4
2.3	Calcário	4
2.4	Reação do calcário no solo	5
2.5	<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench	5
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	6
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
5	CONCLUSÃO.....	17

1 INTRODUÇÃO

A técnica da calagem é uma prática indispensável à produção agrícola em grande parte dos solos agricultáveis, tal como os solos do cerrado, os quais são intemperizados e apresentam baixa fertilidade natural (Souza; Lobato, 2004). O baixo teor de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) nesses solos, e altas concentrações de alumínio (Al^{3+}) impede o desenvolvimento das plantas, uma vez que o cálcio é um nutriente que atua a divisão celular vegetal e assim o desenvolvimento das raízes e em contrapartida o alumínio impede tais divisões, sendo dessa forma tóxicos às plantas.

Desse modo a calagem, a qual se dá pela aplicação de CaCO_3 nos solos, atua de modo que em contato com a umidade do solo reage na área aplicada fornecendo Ca^{2+} e Mg^{2+} à solução do solo e a reação do CO_3 e OH^- com o H^+ e Al^{3+} presentes na solução do solo neutralizam esses elementos, com isso os tornando indisponíveis às plantas e reduzindo a acidez do solo (Caixeta *et al.*, 2018).

Alguns fatores influenciam na qualidade da calagem e quantidade de produto aplicado, uma dessas variáveis se dá pela granulometria do calcário escolhido, uma vez que estudos apontam que quanto mais fino o diâmetro da partícula do material aplicado, maior será sua reatividade, assim maior eficiência em menor prazo. (Alcarde *et al.*, 1989; Tedesco e Gianello, 2000; Gonçalves *et al.*, 2011). Em contrapartida, quanto maior a granulometria do material, maior será seu efeito residual, dessa forma agindo em maior espaço de tempo. A importância da granulometria se dá, pois quanto mais fina sua composição, maior será sua dissociação quando em contato com as partículas do solo (Gonçalves *et al.*, 2011), e em contato com a umidade.

Outro fator além do tamanho das partículas a se levar em consideração sobre a qualidade e reatividade do calcário deve ser a temperatura e umidade do solo em que será aplicado, além da composição química e mineralógica do material desejado, além de sua solubilidade (Merlotto, 2024; Alcarde, 2005).

Para a determinação da calagem se deve realizar a análise de solo para identificar os níveis de nutrientes no solo, e fazer a quantificação dos nutrientes necessários para a instalação da cultura desejada. Uma vez identificado os teores dos elementos no solo, como o Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} e Al^{3+} , se pode fazer a quantificação do calcário como pelos teores de Ca e Mg no corretivo, tal como calcários calcíticos (<5% MgO; 45 a 55% de CaO), dolomítico (>12% MgO; 25 a 35% CaO) e magnesiano (5 a 12 % MgO; 40 a 42 % CaO), além do valor da reatividade e poder de neutralização no material.

O Brasil encontra-se em 3º lugar no ranking da produção mundial de grãos, e a produção de sorgo tem um papel considerável nessa colocação com a produção de 4,35 milhões de toneladas na safra 2023/2024, e área de 1,4 milhão de hectares (IBGE, 2023), e estimativa de 5 milhões para a safra 2024/2025 (Conab, 2025). Diante do exposto, confirma – se a importância da prática da calagem para o bom desenvolvimento das culturas e o alcance de altas produtividades.

O objetivo desse estudo foi o de avaliar a resposta de cinco fontes de calcário, e cinco granulometrias na fertilidade do solo e produção de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivado em casa de vegetação em Uberlândia – Mg.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Acidez no solo

O processo da acidificação do solo pode haver em decorrência de alguns eventos, dentre eles pode-se destacar a origem dos solos brasileiros, que são ácidos e pobres em bases trocáveis, tal como cálcio e magnésio, como o caso do quartzo, rocha ígnea ácida (Raij, 2011).

Outra razão para a acidez dos solos, se dá pelo intemperismo, processo no qual ocorre a degradação das rochas, em resposta à ação da água, variação de temperatura e organismos agindo sobre essas rochas (Malavolta, 2006), resultando na lixiviação de cátions básicos, liberação de hidrogênio e hidrólise dos minerais.

O uso agrícola do solo também contribui para a acidificação do solo, uma vez que no cultivo das culturas de interesse há a exportação das bases trocáveis presentes no solo cultivado (Sousa; Lobato, 2004). Além disso, a aplicação dos fertilizantes minerais como os nitrogenados, causam o efeito acidificante, uma vez que durante o processo da nitrificação há a liberação de H^+ (Malavolta, 2006). Outro fator quanto aos adubos nitrogenados no processo da acidificação, ocorre no momento de absorção dos nutrientes pelas plantas que ocorre no sistema simporte, quando a planta absorve o nitrato (NO_3^-) e dessa forma, para manter o equilíbrio das cargas na relação solo e planta, a planta libera um H^+ para a solução do solo, assim equilibrando as cargas (Marschner, 1995).

Durante a decomposição da matéria orgânica, os microrganismos que atuam no processo da mineralização da matéria orgânica e quebra dos compostos orgânicos produzem ácidos orgânicos solúveis, como os ácidos húmicos e oxálico, e esses ácidos liberam H^+ durante sua ionização, com isso contribuindo para a redução do pH do meio. Os ácidos orgânicos além de liberarem prótons também complexam bases trocáveis as sujeitando à lixiviação (Brady; Weil, 2013).

A respiração microbiana durante a decomposição da matéria orgânica produz gás carbônico (CO_2) e quando esse transformado em ácido carbônico (HCO_3^-) há a liberação de H^+ durante a reação (Brady; Weil, 2013). Além disso, durante a dissociação dos grupos carboxílicos e fenólicos dos húmus há também a liberação de prótons (Malavolta, 2006).

Com isso, uma vez acidificado o solo, há diversas consequências agronômicas, dentre elas a redução da disponibilidade dos macronutrientes, como o Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , essa situação pode ocorrer devido ao excesso de H^+ no complexo troca, os quais ocupam os sítios de troca e desse modo as bases trocáveis são lixiviadas e ficam menos disponíveis (Malavolta, 2006).

Quando há a predominância no solo por íons Al^{3+} e H^+ , e com a menor disponibilidade dos elementos essenciais pelas plantas, há o comprometimento no desenvolvimento das plantas,

principalmente as que são mais sensíveis ao pH do solo, de modo que além do desenvolvimento radicular das plantas seja alterado, há também a redução na ramificação das raízes levando a redução da absorção por água e nutrientes (Sousa; Lobato, 2004). É observado também quando em baixo pH uma redução da atividade microbiana no solo, a qual compromete a mineralização da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes (Brady; Weil, 2013).

2.2 Tipos de acidez

A acidez ativa, apresentada pelo valor do pH do solo, representa a quantidade de prótons H^+ presentes na solução do solo. Quanto maior for a concentração desses íons na solução, menor será o valor do pH, o qual varia de 0 a 14, e o mais comum nos solos brasileiros são valores entre 4 e 7,5. Essa concentração de H^+ é expressa pela seguinte expressão: $pH = -\log (H^+) = \log 1/(H^+)$ (Raij, 2011).

Ao contrário da acidez ativa que apresenta os íons H^+ na solução do solo, a acidez não trocável representa os prótons H^+ que estão ligados covalentemente aos coloides do solo, e esses não podem ser substituídos por outros íons presentes no solo. Quando o H^+ passa a ser quantificado junto com o Al^{3+} também retido aos coloides do solo, se tem a acidez trocável, sendo a maior porção dessa acidez representada pelo Al^{3+} , nesse caso o Al^{3+} pode ser trocado com outras bases, como o Ca^{2+} e Mg^{2+} , principalmente quando esses se encontram em maior concentração na solução (Malavolta, 2006).

Somando-se os dois tipos de acidez apresentados anteriormente, a acidez trocável e não trocável, se tem a acidez potencial. Essa acidez é usada para calcular a capacidade de troca catiônica (CTC) a pH 7,0 e representa o poder tampão do solo (Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F, 2007).

2.3 Calcário

O calcário é uma rocha sedimentar, oriunda dos minerais calcita, dolomita e magnesita que são compostos por carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e carbonato de magnésio ($MgCO_3$), e o uso desse material representa o meio mais econômico para a correção da acidez do solo (Embrapa, 2018). A preparação dessa rocha para o uso agrônômico se dá pela moagem dessa, por meio de moinhos de martelos rotativos, resultando em um material de granulometria maior e o moinho de bola, entregando um calcário mais fino e outro método é a calcinação a qual proporciona o calcário calcinado (Kaminski, 2012).

A concentração dos nutrientes Ca e Mg nos materiais de calcário os classificam como calcítico, magnesiano e dolomítico, os quais apresentam respectivamente $> 5\%$ MgO, $5 - 12\%$ MgO, $<12\%$ MgO (Raij *et al.*, 1997). A diferença entre as concentrações de nutrientes nesses materiais auxilia na tomada de decisão do produtor, pois de acordo com os valores

determinados na análise de solo da área a receber a calagem, e a necessidade de nutrientes requeridos pela cultura a ser implantada, pode-se definir o material ideal para a reposição dos nutrientes citados, tal como a escolha do calcário dolomítico para áreas de baixa fertilidade em Mg.

2.4 Reação do calcário no solo

Quando em contato com as partículas do solo e umidade, os grânulos do calcário começam a dissolver, de modo que se dissociam em Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- e OH^- . Uma vez dissociados, as bases trocáveis Ca^{2+} e Mg^{2+} , que se encontram em maior concentração na solução irão ser trocados com os Al^{3+} que ocupam os colóides do solo, e passarão a ocupar essa posição nos colóides. Os Al^{3+} que foram para a solução do solo após a troca com as bases, irão reagir com os OH^- , transformando em $\text{Al}(\text{OH})_3$ e com isso neutralizando e precipitando o alumínio tóxico (Fageria; Nascente, 2014). Quanto ao HCO_3^- , esse irá atuar no pH do solo de modo que reagirá com os íons H^+ na solução, resultando em H_2CO_3 , que posteriormente irá se decompor em H_2O e CO_2 (Souza; Lobato, 2004).

2.5 *Sorghum bicolor* L. Moench

Originário da África e Ásia, o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), planta pertencente à família *Poaceae*, hoje é um dos cereais mais produzidos no mundo. No Brasil, a maior parte do uso desse produto é destinado à alimentação animal, como os grãos e silagem (May *et al.*, 2019). A expansão da produção no país ocorreu na década de 70, sendo em Minas Gerais, atualmente um dos maiores produtores do país, o maior uso se deu a partir dos últimos anos, e a escolha dos produtores se dá em maioria dos casos em posicioná-lo na segunda safra.

Um dos motivos para escolher a produção do sorgo em segunda safra no Brasil, é em decorrência dele ser uma planta rústica e de boa adaptabilidade, e nesse período há maior adversidade climática, como a estiagem e menores temperaturas, com isso a planta consegue obter maior sucesso em seu desenvolvimento em detrimento de outras culturas não tão rústicas (Conab, 2023). Outra razão para a escolha se dá pelo menor custo de produção, quando comparado ao milho, uma vez que não é muito exigente ao uso de insumos (May *et al.*, 2019).

Há alguns tipos de sorgo e cada um há uma destinação, tal como o sorgo granífero, forrageiro, sacarino, vassoura, pastejo e biomassa, sendo os dois primeiros os mais produzidos no país (Embrapa, 2018). A produção média de sorgo no Brasil é de 3 t ha^{-1} , valor que poderia ser maior caso houvesse maior investimento para a produção desse material, tal como adubação e controle de plantas daninhas (Conab, 2023).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Glória, localizado em Uberlândia – MG, com coordenadas geográficas de latitude -18.940655, longitude -48.214724 e altitude de 863 m. O solo utilizado foi coletado na região de Cruz Branca (Estrada Municipal 371, Km 30), área rural de Uberlândia. Os solos, após coleta, foram peneirados em malha de 2 mm e acondicionados em baldes plásticos com volume de 10 L, nesse momento também foi coletado amostras de solo para a realização das análises químicas (Tabela 1) para caracterização e definição das doses de corretivo a serem aplicadas para correção da acidez em função do poder de neutralização dos tratamentos utilizados (Tabela 2). Os 5 tratamentos com os corretivos foram aplicados durante o preparo dos vasos e são os seguintes: (44,23% CaO e 7,68% MgO; 31,73% CaO e 20,26% MgO; 55,58% CaO e 1,84% MgO; 34,62% CaO e 23,79% MgO; 46,17% CaO e 13,44% MgO) e 5 granulometrias (<0,297; 0,297-0,500; 0,500-0,840; 0,840-1,000 e 1,000-1,700 mm) mais a testemunha, sem aplicação de corretivo. O delineamento experimental adotado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial duplo ($5 \times 5 + 1$), com quatro repetições.

Tabela 1 – Caracterização química do solo utilizado no plantio do sorgo, coletado na área rural de Uberlândia, Cruz Branca (Estrada Municipal 371, Km 30). Uberlândia- MG.

pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m
água	--mg dm ⁻³ --		-----cmol _c dm ⁻³ -----							-----%-----	
5,9	1,73	113,6	2,48	1,32	0,07	4,99	4,09	4,16	9,08	45,03	1,68

pH: água; P: Mehlich⁻¹; K: Mehlich⁻¹; Ca²⁺: KCl 1,0 mol L⁻¹; Mg²⁺: KCl 1,0 mol L⁻¹; Al³⁺: KCl 1,0 mol L⁻¹; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; t: capacidade de troca catiônica efetiva; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio

Fonte: Caminhas, Anna. 2024

Tabela 2 – Quantidade de corretivo aplicada por unidade experimental para plantio do sorgo.

Fonte: Caminhas, Anna. 2024

Granulometria	Calcário (g parcela ⁻¹)				
	Material 1	Material 2	Material 3	Material 4	Material 5
0,297-0,500	11,37	12,05	9,43	9,10	8,90
0,50-0,84	11,87	14,12	9,65	9,00	9,15
0,84-1,00	11,92	18,56	9,56	8,97	9,08
1,00-1,70	12,05	28,01	9,76	9,24	9,27

Após a aplicação e incorporação dos tratamentos, os solos permaneceram incubados por 30 dias, com manutenção da umidade a 80% da capacidade de campo.

Durante o preparo para a semeadura, foi realizada a adubação de base com superfosfato triplo (45% P_2O_5), cloreto de potássio (60% K_2O), sulfato de amônio (20% N) e fertilizante MIB-3 (1,8% B; 0,8% Cu; 3% S; 2% Mn; 0,1% Mo e 9% Zn), conforme recomendação técnica para a cultura.

A semeadura foi realizada em setembro de 2024 utilizando a cultivar de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), variedade BM 750, recomendada para produção de grãos e silagem de grão úmido (BIOMATRIX, 2024). Cada unidade experimental foi representada por três plantas posicionadas centralmente nos baldes. A emergência das plântulas ocorreu cinco dias após a semeadura (DAS). A irrigação foi conduzida por sistema de gotejamento, com duas estacas por vaso e turno de rega de dois dias.

Foram realizadas duas adubações de cobertura, aos 12 e 41 dias após a emergência (DAE), utilizando ureia (45% N) e cloreto de potássio.

Os micronutrientes foram conduzidos aplicação foliar com sulfato de zinco (20% Zn), sulfato de manganês (31% Mn) e ácido bórico (17% B) foram realizadas aos 29 e 41 DAE. Para o manejo fitossanitário, foi aplicado o inseticida Verdavis (150 g L^{-1} de lambda-cialotrina + 100 g L^{-1} de isocicloseram) aos 26 DAE, visando o controle da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e tripses (*Thysanoptera*). Aos 29 DAE, foi aplicado o fungicida Fox XPRO (125 g L^{-1} Bixafem + 175 g L^{-1} Protiocanazol + 150 g L^{-1} Trifloxistrobina), como medida preventiva contra doenças foliares.

A colheita foi realizada aos 56 dias após o plantio, ao final da fase vegetativa. O sistema radicular foi descartado, e a parte aérea foi levada para secagem em estufa a 60 °C por quatro dias.

As variáveis avaliadas incluíram: peso seco da parte aérea; teores foliares de cálcio e magnésio, pH do solo em água e em $CaCl_2$, acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), teores de cálcio e magnésio no solo e saturação de bases, análises que foram realizadas no laboratório de Fertilizantes (LAFER), localizado na Universidade Federal de Uberlândia, campus Umuarama.

As amostras foliares, após secagem, foram trituradas em moinho e posteriormente submetidas à digestão úmida (Miyazawa *et al.* 2009), de modo que o material triturado foi oxidado com ácidos minerais concentrados e a quente e os teores dos macronutrientes foram determinados após a extração desses com a transferência de 0,5 grama de cada amostra para tubo digestor de 80 mL, e nesse tubo foi adicionado 6 mL de solução nitroperclórica (HNO_3 : $HClO_4$, 8:1). Após esse processo os tubos permaneceram em repouso e no dia seguinte foram colocados no bloco digestor para digestão em temperatura até 210°C, com tempo médio de 3 a 4 horas, até cessar o desprendimento do vapor branco do ácido perclórico (Miyazawa *et al.*,

2009). A determinação de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram realizadas por meio da espectrofotometria de absorção atômica (EAA) com o equipamento calibrado a partir de soluções padrões de concentração conhecidas. Para a realização da determinação por EAA, foi pipetado 1,0 mL do extrato da digestão realizada e transferido a um novo recipiente no qual foi adicionado 50,0 mL de água norma destilada, a partir dessa nova solução foi pipetado 0,5 mL para um novo recipiente e adicionado 2,5 mL de óxido de lantânio (LaO_3) a 5% e 22,0 mL de água destilada, após a análise os resultados foram obtidos em g Kg^{-1} com chama ar ar-acetileno.

As amostras de solo, coletadas ao final do ciclo, foram secas, peneiradas em peneira de 2mm e analisadas segundo metodologia do Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Para a determinação do pH em água, foi transferido para um recipiente de 100 mL, 10 cm^3 de terra fina seca ao ar (TFSA) para cada tratamento, por meio do cachimbo dosador. Após a transferência da TFSA foi adicionado 25 mL de água destilada em cada recipiente e em seguida misturadas com bastão individual e deixadas em repouso por 60 minutos. Após o tempo determinado os frascos sofreram uma breve agitação e foi realizado a leitura do pH da suspensão do material por meio de um potenciômetro, o qual foi calibrado com soluções padrões a pH 4,00 e 7,00 (Silva *et al.*, 2009).

A determinação do pH em CaCl_2 , se deu por meio da transferência de 10 cm^3 TFSA para um recipiente no qual foi acrescentado 25 mL da solução de CaCl_2 (0,01 mol L^{-1}). Essa solução foi agitada com bastão individual e deixada em repouso por 15 min, e após esse tempo as amostras foram levadas ao agitador de mesa para nova agitação e posteriormente deixadas em repouso por 30 minutos para decantação do material. Após o repouso as amostras foram analisadas no potenciômetro do mesmo modo que o pH em água.

O pH em solução SMP, usado para estimar a acidez potencial é realizado a partir das amostras utilizadas na leitura do pH em CaCl_2 , de modo que é adicionado 5,0 mL do tampão SMP e levado à mesa agitadora por 15 minutos e deixado em repouso por 60 minutos. Após o repouso determinado foi realizado as leituras no potenciômetro. Após a leitura dos valores de pH, esses valores foram convertidos em teor de hidrogênio e alumínio ($\text{H}^+ \text{Al}$), de forma a se obter os valores da acidez potencial por meio da equação de regressão (Equação 1).

Equação (1):

$$\text{Ln}(\text{H}^+\text{Al}) = 7,76 - 1,053 * \text{pH SMP}$$

Onde:

Ln= logaritmo natural; pH SMP = valor da leitura obtida.

Para a determinação do Ca e Mg no solo, foi medido 5 cm^3 de TFSA e transferido para um recipiente com capacidade de 100 mL, com isso foi acrescentado 50 mL de solução de KCl

a 1 mol L⁻¹, esse processo foi realizado para fazer a extração dos nutrientes. Em consequente essa solução foi levada para mesa de agitação por 5 minutos e posteriormente deixadas em repouso por 24 horas para decantação. Após decantação, foi retirado 1 mL do extrato do material e adicionado em outro frasco juntamente com 9 mL de óxido de lantânio diluído a 0,5 (m/v). Após esses processos e a calibração do aparelho de espectrofotometria de absorção atômica, foi realizada a leitura do branco (água destilada + óxido de lantânio) e dos tratamentos.

Quanto a determinação dos valores de saturação de bases, foram obtidos a partir das determinações da acidez potencial (H + Al) e Ca e Mg no solo de acordo com a equação da saturação de bases (Equação 2).

Equação (2):

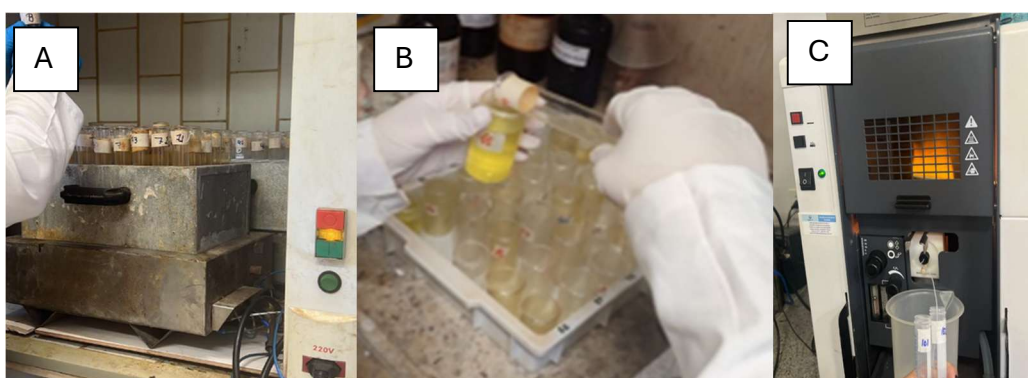
$$V\% = (SB \cdot 100) / T$$

Onde:

V% = saturação de bases; SB = Soma de bases; T = Capacidade de troca de cátions total

Os resultados encontrados foram submetidos aos testes de normalidade dos resíduos (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (O'Neill-Mathews) ao nível de 1%. A análise de variância foi seguida pelos testes de Tukey (p<0,05) para comparação entre médias e Dunnett para comparação com a testemunha. As análises estatísticas foram realizadas no software R (versão 5.4.1).

Figura 1 – Extração e determinação dos teores de Ca e Mg foliar na cultura do sorgo.



Legenda: A- Processo de digestão foliar do sorgo para extração de Ca e Mg. B e C – Processos da determinação de Ca e Mg foliares.

Fonte: Moraes, Isabela e Caminhas, Anna. 2025

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre as variáveis analisadas na produção do sorgo em casa de vegetação, saturação de bases, pH em CaCl₂, pH em água, pH SMP e teores de cálcio no solo, quando analisado esses somente em relação às granulometrias, não houve variação significativa entre os tratamentos pelo teste de F a 5% de significância, além da saturação de bases quando relacionado à fonte do corretivo (Tabela 3, 4 e 5).

Tabela 3 - Média das variáveis peso seco foliar na cultura do sorgo (g), teor de cálcio e magnésio foliar na cultura do sorgo (g kg⁻¹), pH em água (H₂O) e pH em cloreto de cálcio (CaCl₂) do solo, acidez potencial (cmolcdm³) e teor de cálcio no solo (cmolcdm³) em função de diferentes granulometrias de corretivos de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Granulometria (mm)	Peso seco foliar ^{NS}	Cálcio foliar ^{NS}	pH ^{NS}	pH ^{NS}	H+AL ^{NS}	Teor de cálcio no solo ^{NS}	Teor de magnésio no solo ^{NS}
	g	g kg ⁻¹	H ₂ O	CaCl ₂		----- cmolc dm ⁻³ -----	
0,297	66,00	3,96	5,58	4,98	3,6	3,5	0,8
0,500	71,95	4,02	5,64	5,03	3,61	3,28	0,87
0,840	68,50	4,33	5,65	5,09	3,6	3,32	0,78
1,000	67,40	3,88	5,62	5,08	3,59	3,49	0,78
1,700	59,50	3,92	5,5	4,91	3,62	3,19	0,84
CV(%)	22,80	24,61	5,24	5,75	2,14	24,99	45,03

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Tabela 4 - Média da variável saturação de bases (%) na cultura do sorgo (em função de diferentes granulometrias de corretivos de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Granulometria (mm)	Saturação por bases (%) ^{NS}
0,297	54,43
0,500	53,48
0,840	53,25
1,000	54,33
1,700	52,68
CV (%)	1,38

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Moraes, Isabela. 2025

Tabela 5 - Média da variável saturação de bases (%) na cultura do sorgo (em função de diferentes fontes de corretivos de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Saturação por bases (%) ^{NS}
1	53,84
2	55,54
3	52,69
4	53,22
5	52,65
CV%	2,23

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Moraes, Isabela. 2025

Em contrapartida, quando avaliado as variáveis desejadas no estudo em relação aos diferentes materiais utilizados, houve diferença significativa quanto ao cálcio foliar e magnésio no solo. De modo que o material 1 (44,23% CaO e 7,68% MgO) resultou em 4,67 g Kg⁻¹ de Ca enquanto o material 2 (31,73% CaO e 20,26% MgO) e o material 4 (34,62% CaO e 23,79% MgO) resultaram em 3,67 e 3,76 g Kg⁻¹ de Ca foliar respectivamente. O teor de magnésio (cmol_c dm⁻³) no solo referente ao material 2 (31,73% CaO e 20,26% MgO) foi de 1,11 cmol_c dm⁻³, apresentando o melhor valor para essa variável, diferenciando do material 1 (44,23% CaO e 7,68% MgO) e material 3 (55,58% CaO 1,84% MgO) que apresentaram 0,58 e 0,63 (cmol_c dm⁻³) respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Média das variáveis peso seco foliar na cultura do sorgo (g), teor de cálcio e magnésio foliar na cultura do sorgo (g kg⁻¹), pH em água (H₂O) e pH em cloreto de cálcio (CaCl₂) do solo, acidez potencial (cmol_c dm⁻³) e teor de cálcio no solo (cmol_c dm⁻³) em função de diferentes materiais para correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Peso seco foliar ^{NS}	Cálcio foliar ^{**}	pH ^{NS}	pH ^{NS}	H+AL ^{NS}	Teor de cálcio no solo ^{NS}	Teor de magnésio no solo ^{**}
	g	g kg ⁻¹	H ₂ O	CaCl ₂	-----	cmol _c dm ⁻³	-----
1	67,00	4,67a	5,67	5,1	3,61	3,63	0,58c
2	64,50	3,67b	5,63	5,02	3,61	3,4	1,11a
3	66,20	3,99ab	5,57	4,98	3,61	3,39	0,63bc
4	66,75	3,76b	5,51	4,95	3,63	3,22	0,91ab
5	68,90	4,03ab	5,59	5,03	3,57	3,12	0,85abc
CV(%)	22,80	24,61	5,24	5,75	2,14	24,99	45,03

^{**}significativo a 1% pelo teste F. NS= Não significativo (p-valor>0,05). As médias seguidas pela mesma letra na coluna não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. CV (%) - Coeficiente de variação.

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Quando analisado a interação dos fatores de estudo, materiais de calcário e granulometrias entre si, não há significância para a maioria das variáveis (Tabela 7, 8, 9, 10 e 11), fato que indica que o efeito dos materiais independe da granulometria das partículas Soratto *et al.*, (2019). A falta de interação significativa dentre as variáveis analisadas quanto às granulometrias, também foi observado por Raiji (2011) e Caires *et al.*, (2015) os quais concluíram que para maior interação quanto a esse fator, é necessário um maior tempo de reação do material corretivo para sua dissolução total ocorrer, Rodrighero *et al.*, (2015) também observaram que frações maiores que 0,840 mm continuam reagindo no solo após os três meses de aplicação.

Tabela 7 - Média das variáveis pH em cloreto de cálcio (CaCl₂) e Acidez potencial em função de diferentes materiais e granulometrias para correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Granulometria									
	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700
	pH CaCl ₂ ^{NS}					Acidez Potencial (cmol _c dm ⁻³) ^{NS}				
1	5,03	5,22	5,08	5,19	4,99	3,57	3,65	3,59	3,60	3,65
2	4,84	5,10	5,05	5,02	5,07	3,60	3,60	3,60	3,62	3,63
3	4,91	5,05	5,18	4,96	4,81	3,62	3,65	3,62	3,55	3,61
4	4,98	4,81	5,06	5,23	4,67	3,65	3,56	3,62	3,64	3,66
5	5,11	4,97	5,09	4,97	5,02	3,58	3,58	3,57	3,56	3,56
Testemunha	5,00					3,59				
CV (%)	5,75					2,14				

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Tabela 8 - Média das variáveis peso seco foliar (g) e pH em água (H₂O) em função de diferentes materiais e granulometrias para correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Granulometria									
	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700
	Peso seco foliar (g) ^{NS}					pH H ₂ O ^{NS}				
1	53,75	72,50	66,25	77,50	65,00	5,77	5,87	5,55	5,55	5,62
2	72,50	60,00	61,25	66,25	62,50	5,45	5,66	5,67	5,63	5,75
3	73,75	73,50	71,25	57,50	55,00	5,48	5,56	5,69	5,71	5,41
4	66,25	75,00	75,00	57,50	60,00	5,59	5,49	5,68	5,69	5,13
5	63,75	78,75	68,75	78,25	55,00	5,61	5,64	5,64	5,49	5,57
Testemunha	80,00					5,61				
CV (%)	22,80					5,24				

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Tabela 9 - Média das variáveis cálcio e magnésio foliar (g kg^{-1}) em função de diferentes materiais para correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Granulometria									
	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700
	Cálcio foliar (g kg^{-1}) ^{NS}					Magnésio foliar (g kg^{-1}) ^{NS}				
1	4,92	3,43	5,31	4,73	4,97	3,16	2,07	2,99	2,60	1,85
2	3,58	4,52	3,27	3,51	3,46	2,50	2,77	2,41	2,44	2,77
3	3,44	4,44	4,30	3,75	4,02	2,06	2,52	2,17	1,99	1,89
4	3,29	3,82	4,91	3,71	3,07	2,17	3,07	2,61	2,35	1,83
5	4,59	3,91	3,88	3,69	4,06	2,19	2,26	1,95	1,54	3,03
Testemunha	4,09					2,26				
CV (%)	12,11					12,80				

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Tabela 10 - Média da saturação de bases (%) na cultura do sorgo (g) em função de diferentes materiais e granulometrias para correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Granulometria				
	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700
	Saturação de bases (%) ^{NS}				
1	50,127	55,557	51,586	50,213	54,841
2	55,365	55,715	53,988	54,129	55,230
3	53,030	54,838	50,208	54,184	47,342
4	52,073	48,586	55,064	55,300	53,685
5	54,628	51,182	51,703	52,181	38,057
Testemunha	52,12				
CV%	10,8				

(%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Moraes, Isabela. 2025

Nesse experimento também foi verificado maiores valores de magnésio no solo quando analisado o material 2 (31,73% CaO e 20,26% MgO), tanto no diâmetro de partícula 0,297 – 0,500 e 1,000 - 1,700mm (Tabela 11) em relação à testemunha, com valores obtidos de 1,22 e 1,27 $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente. Esse fato pode ocorrer devido a maior concentração de magnésio no material aplicado, além disso, de acordo com Alcarde (2005), a eficiência de corretivos de solo compostos de cálcio e magnésio dependem de sua qualidade mineralógica e o teor de óxidos disponíveis no material.

Tabela 11 - Média das variáveis teor de cálcio e magnésio no solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) em função de diferentes materiais para correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Material	Granulometria									
	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700	0,297	0,500	0,840	1,000	1,700
	Teor de cálcio solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$) ^{NS}					Teor de magnésio solo ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)				
1	3,59	3,79	3,32	3,59	3,86	0,62	0,78	0,62	0,32	0,54
2	3,47	3,36	3,50	3,29	3,39	*1,22	1,09	0,86	1,13	*1,27
3	3,48	3,56	3,82	3,41	2,72	0,55	0,83	0,52	0,77	0,47
4	3,28	2,58	2,90	4,19	3,14	0,92	0,91	1,00	0,89	0,85
5	3,69	3,09	3,06	2,95	2,83	0,69	0,76	0,91	0,80	1,08
Testemunha	3,57					0,35				
CV (%)	24,99					45,03				

*Médias diferentes do controle por Dunnett ($P < 0,05$); (%) - Coeficiente de variação. NS= não significativo pelo teste F a 5% de significância.

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Quando se aumenta a proporção de Ca:Mg, como o material 1 que apresenta a proporção 6:1, proporcionou maiores valores de Ca na parte aérea, resultado também observado por Syamsiyah *et al.*, (2024) na produção de milho. Além disso, de acordo com Malavolta (2006) o Ca é indispensável à divisão celular e integridade das paredes celulares e com isso sua maior concentração proporciona tais resultados. Além disso as maiores proporções na relação Ca:Mg de acordo com Raiji (2011) e Malavolta (2006) levam à competição iônica nos sítios de troca e com isso há menor teor de Mg no solo.

Apresentando a proporção de 3:2 na relação Ca:Mg, o material 2 resultou na maior significância quanto ao Mg no solo, desse modo demonstrando que maiores concentrações desse elemento nos materiais levam à maior concentração dele na solução do solo, fato também observado por Caires e Fonseca (2016). Uma situação que não foi observada em alguns dos fatores estudados, e observada por Fageria (1999), foi de que o calcário promove a elevação dos valores de pH em água, teores de Ca e Mg.

Quanto aos diferentes teores de nutrientes nos materiais adotados no estudo, os quais não resultaram em diferenças significativas quanto aos valores de pH, Guimarães *et al.*; (2013) também observaram esses resultados em seus estudos.

Os teores de magnésio foliar apresentaram variação significativa entre si (Tabela 12), de modo que para a maioria das variáveis estudadas não há diferença estatística entre si, tal como todos os materiais nos corretivos de granulometria <0,297; 0,297-0,500; 0,500-0,840 e

0,840-1,000 mm, e o material 5 (46,17% CaO e 13,44% MgO) na faixa granulométrica 1,700 mm, mas o material 4 (34,62% CaO e 23,79% MgO) na granulometria 1,700 obteve resultado inferior ao material 4, com 1,83 g kg⁻¹ de Mg.

Tabela 12 -Teor de magnésio foliar na cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (g kg⁻¹) para cada granulometria em função de diferentes materiais de correção de acidez. Uberlândia, MG. 2025.

Granulometria (mm)	Teor de magnésio foliar (g kg ⁻¹)				
	Material 1	Material 2	Material 3	Material 4	Material 5
0,297	3,163a	2,500a	2,065a	2,174a	2,199a
0,500	2,073a	2,775a	2,520a	3,067a	2,265a
0,840	2,999a	2,410a	2,173a	2,613a	1,951a
1,000	2,597a	2,443a	1,993a	2,347a	1,541a
1,700	1,848ab	2,772ab	1,890ab	1,833b	3,032a
CV(%)	12,80%				

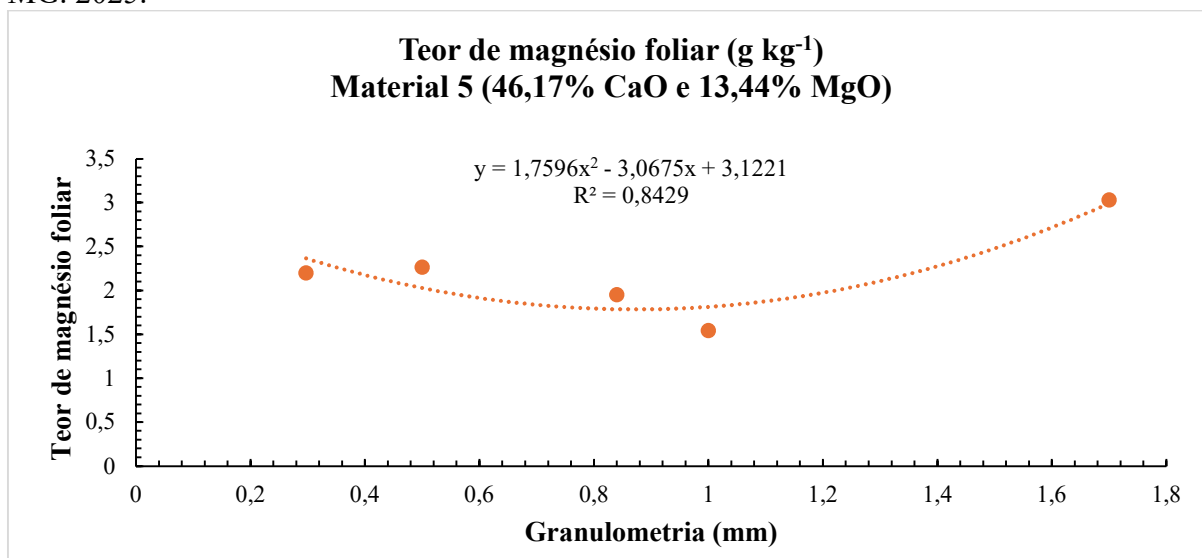
**significativo a 1% pelo teste F. As médias seguidas pela mesma letra na linha não se diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. CV (%) - Coeficiente de variação. Dados transformados pela \sqrt{X} .

Fonte: Caminhas, Anna. 2025

Esses resultados podem se dar decorrência da menor granulometria dos corretivos (<1,0 mm) na qual há maior superfície de contato do solo com material e com isso há maior dissolução desse e consequentemente maior absorção pelas plantas. Além disso, deve-se levar em conta a reatividade dos calcários utilizados no estudo, uma vez que a reatividade e composição mineralógica influencia no comportamento dos nutrientes no solo. Observações semelhantes Raij *et al.*, (2011) tiveram sobre a importância do tamanho da partícula do corretivo de solo e sua reatividade na eficiência dos calcários.

O material 5 (46,17% CaO e 13,44% MgO) foi o único que para o magnésio foliar apresentou regressão significativa a 5% (Gráfico 1), de forma que o teor de magnésio foliar foi reduzindo de acordo com o aumento do diâmetro do material, na faixa granulométrica <0,297 – 1,000 mm, e na granulometria >1,000 houve novamente um aumento no teor de magnésio foliar, com isso reforçando os resultados que afirmam que os corretivos com menores diâmetros de partículas reagem mais rápido no solo devido a maior superfície de contato do corretivo com o solo, e os materiais com maiores granulometrias apresentam efeito residual de modo que continuam reagindo com o solo mesmo após um intervalo de tempo.

Gráfico 1 - Equação quadrática do teor de magnésio foliar (g.kg^{-1}) para o material corretivo 5, em função de diferentes granulometrias (0,297; 0,500; 0,840; 1,000 e 1,700 mm). Uberlândia, MG. 2025.



Fonte: Caminhas, Anna. 2025

5 CONCLUSÃO

Com os resultados expostos, pode-se concluir que o material com 44,23% CaO e 7,68% MgO, relação Ca:Mg 3:1 proporcionou o teor mais elevado de cálcio foliar. Além disso, o tratamento com 31,73% CaO e 20,26% MgO e relação Ca:Mg 3:1 resultou em maior teor de magnésio no solo e com isso se conclui que menor a relação Ca:Mg maior o teor de Mg no solo será obtido.

O magnésio foliar apresentou valores significativos na faixa granulométrica menor que 1,0 mm para todos os materiais analisados, fator relacionado com a superfície de contato dos materiais com o solo de modo que há maior dissolução do produto.

Quando relacionado analisado somente a granulometria dos materiais estudados não foi obtido diferença estatísticas entre os fatores estudados. Além disso também se analisou que não se deve atribuir a qualidade do material corretivo à sua granulometria, mas também à sua composição química e reatividade.

REFERÊNCIAS

- ANDA – ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. Boletim técnico n.º 1: **Acidez do solo e calagem**. São Paulo: ANDA, 2024. Disponível em: <https://anda.org.br/wp-content/uploads/2024/09/BT-1-%E2%80%93-Acidez-do-Solo-e-Calagem.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elements of the Nature and Properties of Soils**. 3. ed. Pearson, 2013. 980 p. Acesso em: 15 out. 2025.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília: MAPA, 2014. Acesso em: 18 out. 2025.
- CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F. **Calagem e manejo da acidez do solo no sistema plantio direto. Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 155, p. 1-8, 2016. Disponível em: <https://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/155>. Acesso em: 05 nov. 2025.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2022/2023**. Brasília, DF: CONAB, 2023. Acesso em: 18 out. 2025.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – **Embrapa Hortaliças. Calagem. Cebola**, Brasília, DF, 16 fev. 2022. Disponível em: <https://www.Embrapa.br/hortalias/cebola/calagem>. Acesso em: 18 jun. 2025
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sorgo no Brasil: cultivo e utilização**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2018. Acesso em: 18 out. 2025.
- FAGERIA, N. K. **Nutrient interactions in crop plants**. *Journal of Plant Nutrition*, v. 24, n. 8, p. 1269-1290, 2001. Acesso em: 15 out. 2025.
- FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. **Management of soil acidity of South American soils**. *Advances in Agronomy*, v. 128, p. 221–275, 2014. Acesso em: 18 out. 2025.
- GRUPO DE EXPERIMENTAÇÃO AGRÍCOLA – GEA. **Tipos de sorgo**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), [s.d.]. Disponível em: <https://www.gea-esalq.com/informativo-gea-tipos-de-sorgo>. Acesso em: 18 out. 2025.
- KAMINSKI, J.; NACHTIGALL, G. R. **Acidez e calagem**. In: NOVAIS, R. F. et al. (eds.). *Fertilidade do solo*. 2. ed. Viçosa: SBCS, 2016. Acesso em: 15 out. 2025.
- MALAVOLTA, E. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p. 12 out. 2025.
- MAY, A.; DURÃES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Sorgo no Brasil: aspectos técnicos e econômicos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2019. Acesso em: 18 out. 2025.
- MEDEIROS, J. C.; LIMA, R. P.; ALVES, C. S. **Relação cálcio:magnésio na correção da acidez e nutrição de plantas**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 1835-1844, 2008. DOI: 10.1590/S0100-06832008000500021. Acesso em: 05 nov. 2025.
- NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. **Fertilidade do solo**. Viçosa: SBCS, 2007. Acesso em: 15 out. 2025.

RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico**, 1997. (Boletim Técnico, 100). Acesso em: 15 out. 2025.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p. Acesso em: 12 out. 2025.

SILVA, F. C, da.; et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 192. 2009. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 25 set. 2024. Acesso em: 18 out. 2025.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p. 12 out. 2025.

VELOSO, C. A. C. **Relação Ca:Mg na análise do solo e seus efeitos na nutrição das plantas**. Blog Agronomia com Gismonti, 2012. Disponível em: <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2012/07/relacao-camg-na-analise-do-solo.html>. Acesso em: 7 nov. 2025.

SYAMSIYAH.; et al. The effect of balanced N, P, K, Ca, Mg fertilizer on soil and leaf nutrient and its correlation with growth and corn yield. **Journal of Aridland Agriculture**, 2024. Acesso em: 23 jan. 2026.

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e recomendações de uso**. Piracicaba: ESALQ, 2005.

GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C.; NEVES, J. C. L. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 2013. Acesso em: 23 jan. 2026.

FAGERIA, N. K. **Nutrição mineral de plantas**. Brasília: Embrapa, 1999. Acesso em: 23 jan. 2026.

KAMINSKI, J. **Calagem e adubação em sistemas de produção**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. Acesso em: 23 jan. 2026.

BIOMATRIX. **Catálogo técnico de híbridos de milho: BM 750**. Uberlândia: Biomatrix, 2024. Disponível em: <https://www.biomatrixseeds.com.br>. Acesso em: 2024. Acesso em: 23 jan. 2026.