



VÍTOR SOARES OLIVÉRIO DE MORAES

**DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES E PRODUTIVIDADE
DE MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM EM ÁREA SOB PLANTIO
DIRETO**

LAVRAS – MG

2023

VÍTOR SOARES OLIVÉRIO DE MORAES

**DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES E PRODUTIVIDADE
DE MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM EM ÁREA SOB PLANTIO
DIRETO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal de Lavras, como parte das
exigências do curso de Agronomia para
a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

Otávio Lopes Vieira Campos
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

de Moraes, Vitor Soares Olivério.

Disponibilidade de micronutrientes e produtividade do milho
em função da calagem em superfície e incorporado / Vitor Soares
Olivério de Moraes. - 2023.

26 p.

Orientador(a): Silvino Guimarães Moreira.

Coorientador(a): Otávio Lopes Vieira Campos.

TCC (graduação) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Calcário. 2. Micronutrientes. 3. Zea mays. I. Moreira, Silvino
Guimarães. II. Campos, Otávio Lopes Vieira. III. Título.

VÍTOR SOARES OLIVÉRIO DE MORAES

**DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES E PRODUTIVIDADE DE MILHO
EM FUNÇÃO DA CALAGEM EM ÁREA SOB PLANTIO DIRETO.**

**AVAILABILITY OF MICRONUTRIENTS AND CORN YIELD AS A FUNCTION OF
LIMING UNDER NO-TILLAGE.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira-UFLA

Eng. Agron. Josias Reis Flausino Gaudencio-UFLA

Eng. Agron. Venicius Urbano Vilela Reis-UFLA

Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira
Orientador

Otávio Lopes Vieira Campos
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

AGRADECIMENTOS

A Deus pela saúde e força para desempenhar minhas funções na vida.

À memória de meu grande irmão que a vida me apresentou, Daniel Domingues.

À minha mãe Lindinalva por sempre me avisar dos perigos das minhas escolhas e ser meu exemplo de força e entusiasmo.

Ao meu pai Nilton por apoiar minhas decisões com seus ensinamentos sobre a vida.

A todos da minha família e amigos que incentivaram no início, meio e fim dessa etapa.

Aos meus irmãos da República Pé-de-Cana, onde construí uma família para bons e maus momentos.

Ao professor Silvino Moreira pelo apoio, amizade, confiança, conhecimentos compartilhados e sua grande empatia.

Ao Grupo de Pesquisa em Manejo de Produção (GMAP), pela construção de ensinamentos, amizades e histórias compartilhadas.

Ao Grupo Rehagro pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional no período de estágio.

À todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte desse período.

Muito obrigado.

RESUMO

O sistema de produção brasileiro está cada vez mais intensivo, caminhando para elevadas produtividades, com isso, o solo necessita estar em condições ideais para assistir essa produção. A maioria dos solos são naturalmente ácidos e desprovido de nutrientes, causa do clima tropical e sua rocha de origem, sendo assim, demandam de práticas corretivas para elevar o pH e teor de nutrientes à faixa ideal, a fim de aumentar a disponibilidade de nutrientes para a planta. Entretanto o aumento do pH pode interferir na disponibilidade de micronutrientes metálicos. Em vista disso, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar a influência de diferentes doses de calcário aplicadas em superfície e uma dose incorporada, nos teores de micronutrientes do solo e produtividade do milho segunda safra. O experimento foi instalado na Fazenda Estiva II, município de São João Del Rei-MG, em setembro de 2019. Para este trabalho foram utilizados dados da segunda safra de 2022. O experimento foi instalado sob delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os seis tratamentos foram compostos por cinco doses de calcário aplicadas em superfície (0, 2, 4, 6 e 8 Mg.ha⁻¹), sem incorporação e um tratamento adicional com dose de 8 Mg ha⁻¹ incorporada. Em cada parcela (10x20m.), a distribuição do corretivo foi realizada a lanço e em área total com o equipamento com distribuição gravitacional(Bruttus®). A semeadura do milho foi realizada no dia 21 de fevereiro de 2022 (41 meses após aplicação do calcário), utilizando-se o híbrido P3707 VYH. Na adubação de semeadura utilizaram-se 200 kg ha⁻¹ do 10-52-00. Na adubação de cobertura, empregaram-se 200 kg ha⁻¹ de 45-00-00. Foram realizadas amostragens de solo de 0,00 a 0,10 m e de 0,10 a 0,20 m, bem como avaliação da produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância. As doses de calcário influenciaram a produtividade do milho. O tratamento incorporado com 8 Mg.ha⁻¹ aumentou a produtividade de grãos em até 25% em relação ao tratamento sem calcário. De maneira geral, não foi observado efeito negativo das doses de calcário nos teores de micronutrientes no solo, pois os tratamentos não elevou o pH a níveis superiores de 7,0.

Palavras-chave: Zea mays, calagem, acidificação do solo, micronutriente e produtividade.

ABSTRACT

The Brazilian production system is increasingly intensive, motivated towards high levels, therefore, the soil needs to be in ideal conditions to assist this production. Most soils are naturally accepted and devoid of nutrients, due to the tropical climate and their rock of origin, therefore, they demand corrective practices to raise the pH and nutrient content to the ideal range, in order to increase the availability of nutrients for a plant. However, the increase in pH can interfere with the availability of metallic micronutrients. In view of this, the objective of the present work was to evaluate the influence of different doses of lime applied on the surface and an incorporated dose, on the micronutrient contents of the soil and the productivity of corn second crop. The experiment was installed at Fazenda Estiva II, in the municipality of São João Del Rei-MG, in September 2019. Data from the second harvest of 2022 were used for this work. The experiment was installed under a randomized block design, with four sessions. The six treatments consisted of five doses of limestone applied to the surface (0, 2, 4, 6 and 8 Mg.ha⁻¹), without incorporation, and an additional treatment with an incorporated dose of 8 Mg ha⁻¹. In each plot (10x20m.), the corrective distribution was carried out by haul and in a total area with the equipment with gravitational distribution (Bruttus®). Corn sowing was carried out on February 21, 2022 (41 months after lime application), using the hybrid P3707 VYH. In the sowing fertilization, 200 kg ha⁻¹ of 10-52-00 were used. In the cover fertilization, 200 kg ha⁻¹ of 45-00-00 were used. Soil samples were taken from 0.00 to 0.10 m and from 0.10 to 0.20 m, as well as productivity evaluation. Data were examined for analysis of variance. Lime rates influenced corn yield. The incorporated treatment with 8 Mg.ha⁻¹ increased grain yield by up to 25% compared to the treatment without calculus. In general, there was no negative effect of lime levels on micronutrients in the soil, as the treatments did not raise the pH to levels above 7.0.

Keywords: *Zea mays*, liming and micronutrient.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Importância da cultura do milho	10
2.2	Acidez e acidificação do solo.....	11
2.3	Métodos de recomendação de calagem.....	12
2.4	Disponibilidade de micronutrientes correlacionada com calagem	14
3	MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1	Caracterização da área experimental.....	15
3.2	Delineamento experimental e condução do experimento em campo.....	16
3.3	Coleta, preparo e quantificação de nutrientes nas amostras de solo e produtividade	17
3.4	Análise estatística.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1	pH.....	17
4.2	Saturação de bases	19
4.3	Micronutrientes no solo	21
4.4	Produtividade	22
5	CONCLUSÃO	23
	REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

No período de 2013 a 2022, a produção brasileira de grãos passou de 187,1 para 271,2 milhões de toneladas, um acréscimo de aproximadamente 44%, sendo que a expansão de área agrícola aumentou de 53,3 para 74,3 milhões de hectares, representando um salto de 39,3%. (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2023).

Dessa forma, com aumento da produção em várias culturas, o sistema de produção no Brasil está cada vez mais intensivo, se destacando mundialmente pelo seu aumento de produtividade. Esse é resultado de novos conhecimentos sendo aplicado em campo.

No Brasil somente a cultura da soja tem apresentado um incremento de 1,5 a 2,0 milhões de hectares por ano. Esta expansão tem ocorrido principalmente em solos naturalmente ácidos pois são altamente intemperizado, com alta lixiviação de bases, com baixos teor de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e outros nutrientes como fósforo (P) e potássio (K), além dos baixos teores de nutrientes esses solos apresentam alto teor de alto alumínio (Al^{3+}), elemento tóxico para as culturas (BERNARDI *et al.*, 2003).

Além da baixa fertilidade desses solos novos que estão sendo incorporados anualmente, nos sistemas de produção, ocorre também o aumento da acidificação nas áreas que já estão com sistema de produção instalado, provocadas principalmente pela adubação nitrogenada e remoção de bases extraídas pelas colheitas (CAIRES, 2013), o que faz com que haja necessidade da correção desse pH nos dois casos, normalmente com aplicação de calcário apenas superficial ou incorporado.

A ação desse corretivo é basicamente neutralizar o H^+ pela liberação de hidroxilas (OH^-) através dos carbonatos. Sua reação é próximo do local de sua aplicação pois seus cátions são pouco móveis e logo reagem com a acidez do solo, ou seja para seu efeito em profundidade deve ser incorporado. Além da adição de nutrientes o aumento do pH dos solos tropicais pode alterar a microbiota do solo, pois com o pH próximo de 5,0, 6,0 a maioria dos nutrientes ficam mais disponíveis aos microrganismos e plantas, o que efetiva sua absorção por ambos, nesse valor de pH pode considerar-se que esses microrganismos benéficos as plantas estão ativos (PRIMAVESI, 2002).

Embora, seja inegável a contribuição do calcário na crescimento da agricultura, ainda há questionamentos na eficiência do calcário aplicado em superfície. Como por exemplo, a formação de uma camada superficial com pH acima de 6,0, que é desfavorável a solubilidade

do calcário e, portanto, da correção das camadas inferiores (MILLER,2015; PENN, 2019). Além disso, altas doses de calcário aplicadas somente na superfície podem elevar o pH do solo para valores próximos de 7,0, reduzindo a disponibilidade de micronutrientes (MOREIRA *et al.*, 2017).

Diante desse panorama, persiste a questão sobre a qual seria a dose ideal de calcário que não aumente o pH do solo ao nível de interferir na disponibilidade de micronutrientes. Há também questionamentos por parte de técnicos e produtores sobre a necessidade de fazer uma incorporação do corretivo principalmente naquelas áreas que não houve uma adequada incorporação de corretivo durante o processo de conversão destas áreas em campos de produção.

Com a hipótese de que a produtividade de milho pode ser favorecida pela incorporação do calcário e que altas doses de corretivos aplicadas somente na superfície podem provocar a redução dos teores de micronutrientes no solo, realizou-se o presente trabalho. Objetivou-se avaliar a influência entre diferentes doses de calcário aplicadas em superfície e comparada a incorporada, na disponibilidade de micronutrientes e na produtividade do milho de segunda safra.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura pertencente à família Poaceae, originado das regiões de planície no sudoeste do México. Quando verde pode ser comercializado enlatado (processamento industrial) ou em conserva, consumido in natura, congelado na forma de espigas ou grãos, como baby corn. Os grãos podem ser consumidos secos e em forma de farelos. A sua utilização também é destinada para rações e processamento industrial que utilizam cerca de 36,77% do milho produzido no Brasil e é destinada a alimentação animal, cerca de 44% são destinados a produção de etanol e 9,14% destinado ao consumo humano direto. (ABIMILHO, 2022).

No Brasil a produção do milho se concentra na segunda safra. No ano 2000, a área semeada com milho era de 2,90 milhões de hectares na segunda safra, representando 23% da produção. Em 2023, estima-se que serão 13,75 milhões de hectares, correspondendo a 74% da produção anual de milho (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO-CONAB, 2023).

O melhoramento dessa cultura possibilitou o cultivo na segunda safra, o que antigamente era restrito a primeira safra, pelo fato de que geralmente no Brasil o verão é mais chuvoso. O potencial produtivo do milho segunda safra é prejudicado pelo ambiente desfavorável, apresentando temperaturas menores nos estádios de florescimento e frequentemente, ocorre déficit hídrico (FARINELLI *et al.*, 2003)

2.2 Acidez e acidificação do solo

Há três formas de acidez do solo, didaticamente divididas em acidez potencial, trocável e ativa (RAIJ, 2011). Acidez ativa é causada pela atividade dos íons hidrogênio (H^+) na solução do solo, cujo valor é medido no pH; já a acidez trocável é expressa nos solos principalmente pelo cátion de alumínio (Al^{3+}), podendo ter pequena participação do H^+ , ligados por forças eletrostáticas na superfície dos coloides do solo, por fim, a acidez potencial constituída pela somatória de $H^+ + Al^{3+}$, a qual representa o poder tampão do solo (resistência a variação de pH do solo). Assim, a acidez potencial se refere aos elementos que não estão dissociados na solução do solo, estão ligados aos coloides e em equilíbrio com a fase líquida (SOUZA *et al.*, 2007; MOREIRA; MORAES, 2018).

Em regiões tropicais os elementos Al^{3+} e H^+ continuam ligados a fase sólida do solo, enquanto outros cátions, por causa de sua menor valência e o tamanho de seu raio são lixiviados. Portanto, esta é a causa dos solos tropicais apresentarem originalmente altos teores de Al^{3+} e H^+ e menores teores de bases (SOUZA, 2004).

A acidificação do solo é intensificada com o cultivo agrícola, consequência da extração e exportação de nutrientes pelas plantas. Durante absorção de cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e outros), as plantas exsudam íons H^+ na rizosfera, a fim de equilibrar para a neutralidade da planta (LEPSCH, 2010).

O efeito da toxicidade do Al^{3+} sobre as plantas manifestam-se pelo impedimento do crescimento das raízes, pois o Ca^{2+} passa ser substituído pelo Al^{3+} na parede celular. Com isso as raízes tornam-se curtas, grossas e escuras (FOY, CHANEY E WHITE, 1987). Assim, a acidez do solo associada à toxicidade do alumínio gera uma barreira para a produção, consequência da redução da disponibilidade de alguns nutrientes no solo e a menor quantidade de raízes no solo (FOLONI *et al.*, 2008).

Sendo assim, o método eficiente para a correção da acidez é aplicar o calcário. Esse corretivo é um produto obtido através de uma rocha. Seus elementos são carbonato de cálcio

(CaO) e carbonato de magnésio (MgO), no solo o calcário libera Ca, Mg e carbonato (CO_3^{2-}), o último é responsável pela formação de hidroxilas (OH^-) que irá neutralizar o hidrogênio (H^+), a utilização do calcário para neutralizar a acidez do solo é chamada de calagem. Os métodos de calagem, possibilitou a expansão agrícola nos solos brasileiros através da neutralização da acidez, elevando o pH e adicionando nutrientes (Ca e Mg), formando a fertilidade do perfil do solo para que assim os solos sejam aptos à produção (MOREIRA, 2019).

2.3 Métodos de recomendação de calagem

Todos os métodos de recomendação de calagem visam fornecer os nutrientes Ca e Mg na CTC efetiva e elevar o pH (H_2O) do solo para a faixa ideal, 6,0 a 7,0 (MALAVOLTA, 1989), onde acontece maior disponibilidade da maioria dos nutrientes. Com o processo de correção da fertilidade do perfil do solo a parte química, física e microbiológica do solo melhora, assim o ambiente de cultivo se torna mais resiliente para altas produtividades, auxiliando a planta nas possíveis adversidades, como estresse hídrico (MORAES *et al.*, 2023)

Quanto aos métodos de recomendação de calagem utilizados no Brasil, se destacam o método SMP (SHOEMAKER, MAC LEAN, PRATT, 1961), Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFSRS/SC, 2004), a recomendação da dose no método SMP é baseada no pH SMP (solução tampão) do solo e o valor do pH (H_2O) desejado para o sistema de cultivo. O valor do pH SMP diminui conforme o poder tampão do solo aumenta. Então, quanto menor o valor do pH SMP, maior a necessidade de calcário para elevar o para o pH para níveis desejados. Contudo, esse método é restrito para demais regiões, pois exige calibração das curvas de acordo com o poder tampão do solo (KAMININSKI *et al.* 2002) (TOMÉ, JUNIOR, 1997).

O método de Minas Gerais considera as características do solo e a exigência da cultura, sua formula é basicamente dividida em duas parte, a primeira consiste em neutralizar o Al^{3+} , e a segunda parte em aumentar Ca e Mg para 2 cmol dm^{-3} na capacidade de troca de catiônica do solo (CTC), por fim, o valor final é multiplicado por um fator, o qual busca corrigir a dose de acordo com a quantidade de argila do solo, pois quanto maior a quantidade de argila, maior sua resistência a alteração de pH (maior poder tampão), e maior o seu fator de multiplicação.

Dentro desse método há dois questionamentos, o primeiro sobre a tolerância das culturas ao Al^{3+} , no teor de 15% da CTC efetiva, sendo que esse elemento é tóxico para as plantas, e o segundo questionamento é sobre a adição de Ca e Mg, sendo adicionado esses nutrientes apenas quando suas somatórias na CTC são inferiores a 2 cmolc dm^{-3} , teor que talvez não é capaz de suprir altas produtividades (ALVAREZ et al., 1999).

O método de São Paulo, visa elevar a saturação de bases (V%) da CTC a pH 7,0 a níveis ideais de acordo com o cultivo, no caso da V% para o milho, seria de 70% na camada de 0,00 m a 0,20 m (RAIJ, 2022). É considerado a dose em relação a elevação da V% inicial e desejado, que mede indiretamente o suprimento de bases para teores ideais para estabilidade da produção (RAIJ, 2022). Porém, a fórmula não considera o teor de argila no solo, que é responsável por aumentar o seu poder tampão, exigindo maiores doses de calcário para aumentar o pH.

Independentemente do método alguns trabalhos apresentam que as máximas produtividades de culturas anuais são obtidas com recomendações acima das calculadas pelos tais, como observado em diversos trabalhos que o método de São Paulo não trouxe a elevação de bases idealizada (BARBOSA, 2000; RAIJ, 2011; RESENDE et al., 2016; MORAES et al., 2023).

Seguindo essa lógica, Moraes et al (2023) apresenta que a incorporação de calcário, acima das doses recomendadas pelos métodos tradicionais, até 0,40 m, aumentou a resiliência do milho, principalmente em estresse hídrico. Os tratamentos com as maiores doses de calcário incorporada apresentaram a produção 55,5% maior que o tratamento sem aplicação de calcário. Isso é resultado da melhoria da fertilidade do perfil do solo, obtendo maior comprimento, volume e área de raízes, o que efetivou a absorção de água e nutrientes pela planta.

Outro trabalho que utilizou o método de São Paulo, fez a aplicação da dose total, 1/3 e 2/3 da dose para elevação da V% a 70% na CTC e não alterou a produtividade da soja, mesmo com o aumento do pH e V% no solo. (MOREIRA et al., 2001). A ausência de influência na produtividade pode ser efeito dos teores de Ca, Mg e K estarem adequados (CAIRES et al., 1998). A correção do solo em profundidade provavelmente foi limitada pelo tempo insuficiente entre a aplicação das doses e amostragens do solo, como observado em diversos trabalhos que não apresentaram aumento da produtividade nos primeiros anos de cultivo após a aplicação do corretivo (CAIRES, 1998; MOREIRA et al., 2001; TISSI et al., 2004; HALISKI, 2015).

Com o exposto é visível que as doses e métodos adequados de calagem são imprescindíveis para a resiliência (capacidade de adaptar-se a mudanças) da produção. Propiciando maior crescimento das raízes, conseqüentemente maior acesso a água e aos nutrientes, aumentando a adaptabilidade da lavoura sobre a influência dos intempéries climáticos.

Contudo, é essencial fazer uso de algum método de calagem, não podendo ser recomendados doses de forma empírica, pois altas dosagens de calcário pode carrear na disponibilidade de micronutrientes (BARBER, 1995). Portanto é necessário realizar novos estudos.

2.4 Disponibilidade de micronutrientes correlacionada com calagem

Um dos fatores para a redução do teor de micronutrientes metálicos para a planta no solo é o aumento pH, com isso as doses de calcário além do necessário influenciam a indisponibilidade deles.

A solubilidade dos micronutrientes metálicos (Zn, Cu, Fe e Mn) reduz de acordo com o aumento de pH, pois há formação de compostos de baixa solubilidade, reduzindo a quantidade de micronutrientes disponível na solução do solo, propiciando uma queda no seu transporte de massa por fluxo (BARBER, 1995). Quando a calagem é executada de modo e dose correta, essa situação é evitada (MOREIRA *et al.*, 2017; MOREIRA; MORAES, 2018).

Um estudo feito por Moreira *et al.* (2017), mostrou que a aplicação de calcário em superfície na dose integral para elevar a 70% a V% na CTC à pH 7,0, não apresentou diferenças, quanto aos micronutrientes presentes no solo e na folha da soja, é possível que as doses utilizadas foram insuficiente para elevar o pH do solo ao nível de deficiência dos micronutrientes.

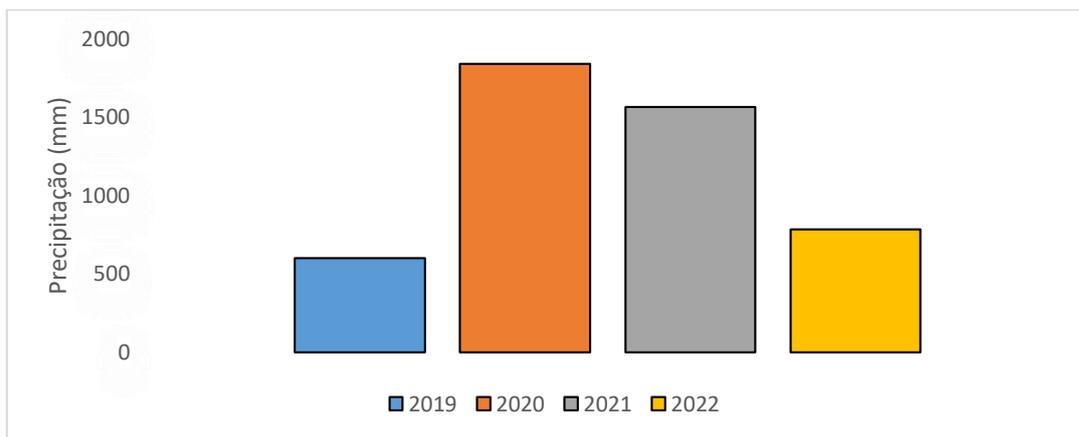
O oposto acontece quando doses de calcário aplicadas em superfície resultaram em menores concentrações de Mn em plantas de aveia preta, porém somente no segundo ano de cultivo (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). O que demonstra a necessidade do tempo para a reatividade do corretivo. Esse tempo se torna maior quando o corretivo é aplicado em superfície, sendo o calcário pouco solúvel em água e com baixa mobilidade no solo (MOREIRA, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na Fazenda Estiva II, localizada no município de São João Del Rei-MG, situada à latitude -21.313834 e longitude -44.400888 e altitude de 1002 m (DATUM). No período que compreende desde a aplicação do calcário 10/09/2019 até a colheita do milho segunda safra 18/08/2022 houve um acúmulo de 4784 mm de precipitação (FIGURA 1).

Figura 1 – Precipitação pluviométrica em cada ano, após a implantação do experimento até a colheita dessa safra.



Fonte: Estações Meteorológicas do INMET (Estação de São João Del Rei).

O experimento foi implantado em uma área sob sistema de plantio direto há 11 anos, sendo que na safra anterior à implantação foi realizada a sucessão soja/milho. As propriedades químicas e granulometria do solo são apresentadas nas Tabelas 1 e 2. As características do calcário utilizado na Tabela 3.

Tabela 1- Propriedade químicas do solo antes da instalação do experimento em diferentes profundidades.

Prof. m	pH H ₂ O	P(Melich ⁻¹) mg dm ⁻³	K -----cmol dm ⁻³	Ca ---	Mg	Al	H+Al	T	V %	MO	B Mg dm ³	Cu	Fe	Mn	Zn
0,00-0,10	5,9	10	0,3	3,1	1	0,2	2,4	7	65	3,8	0,4	0,7	31,4	8,9	3,4
0,10-0,20	5,3	5,6	0,1	1,7	0,5	0,2	3	5,5	43,9	2,8	0,8	0,7	35	4,8	2,2

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 2. Granulometria total do solo em diferentes profundidades.

Prof.	Argila	Areia	Silte	Classificação textural
-------	--------	-------	-------	------------------------

m		g.kg ¹		
0,00 - 0,20	517	169	314	Argilosa

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 3. Análise química do calcário utilizado na instalação do experimento.

RE	PN	PRNT %	CaO	MgO
90	109	98	35	16

Fonte: Do autor (2023)

3.2 Delineamento experimental e condução do experimento em campo

O experimento foi implantado em 10/09/2019, quando foi feita a demarcação da área e aplicação do calcário. Para o presente trabalho foram utilizados os dados referentes à cultura do milho, semeado na segunda safra do ano 2022.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), sendo cinco doses de calcário em superfície 0, 2, 4, 6, 8 Mg.ha⁻¹ e uma dose incorporada de 8 Mg.ha⁻¹ (8Inc) com quatro repetições, compondo 24 parcelas. O calcário foi distribuído pelo equipamento Bruttus®, para redução da deriva e perda do corretivo durante a implantação dos experimentos. Cada parcela possuía área equivalente à 10 m de largura (correspondente a duas passadas do distribuidor de calcário Bruttus®) por 20 metros de comprimento (200 m²), sendo 3 linhas, com espaçamento de 0,6 m, e 5 m de comprimento de parcela útil.

Na parcela em que houve a incorporação do calcário, utilizou-se uma grade de 36 polegadas, passadas três vezes na área, com intuito de incorporar o corretivo até 0,40m.

Para realização da implantação do milho, foi utilizado o híbrido P3707, semeado de forma mecânica no dia 21 de fevereiro de 2022, com espaçamento de 0,6 m com 4,5 sementes por metro, com população de 75.000 plantas.ha⁻¹. Adubação de semeadura foi feita com 200 Kg ha⁻¹ de 10-52-00, e a adubação de cobertura foi feita com 200 kg ha⁻¹ de 45-00-00. Todos os manejos foram executados de acordo com os tratos culturais padrão da fazenda, como adubação, escolha da cultivar, controle de doenças, pragas e plantas voluntárias.

3.3 Coleta, preparo e quantificação de nutrientes nas amostras de solo e produtividade

As amostragens de solo foram feitas no mesmo dia da colheita, em todas as parcelas experimentais, nas profundidades isoladas de 0,00-0,10; 0,10-0,20 por meio de trado holandês. As amostragens seguiram as recomendações para sistema de plantio direto do “Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná” (PAVINATO et al., 2017). Assim, foram retiradas cinco amostras simples por parcela, sendo enviado ao laboratório a amostra composta.

Em cada amostra composta, determinaram-se os valores de pH, teores de Ca, Mg e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn e B), de acordo com procedimentos descritos por Silva (2009). As extrações de Cu, Fe, Mn e Zn foram feitas com o extrator Mehlich⁻¹, Ca e Mg pelo KCl 1 mol L⁻¹ e B foi extraído por água quente.

Para a produtividade, foi feita a colheita da parcela útil, retirando de forma manual as espigas e posteriormente debulhadas de forma mecânica, então analisou-se o peso por parcela, e corrigiu a umidade para 13%. O resultado foi convertidos para kg ha⁻¹.

3.4 Análise estatística

Todos os dados dos tratamentos em superfície foram submetidos à análise de variância e quando os resultados foram significativos para o teste F, adotaram-se os procedimentos para a análise de regressão, de acordo com Ramalho et al. (2012).

Em sequência, foi feito um contraste de médias usando o Teste de Dunnett ($p < 0,05$), onde o controle foi a dose de 8 Mg ha⁻¹ com incorporação.

O software computacional R versão e os pacotes MVar.pt, Gplot2.pt e ExpDes.pt foram utilizados para realizar todas as análises (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016; OSSANI; CIRILLO, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 pH

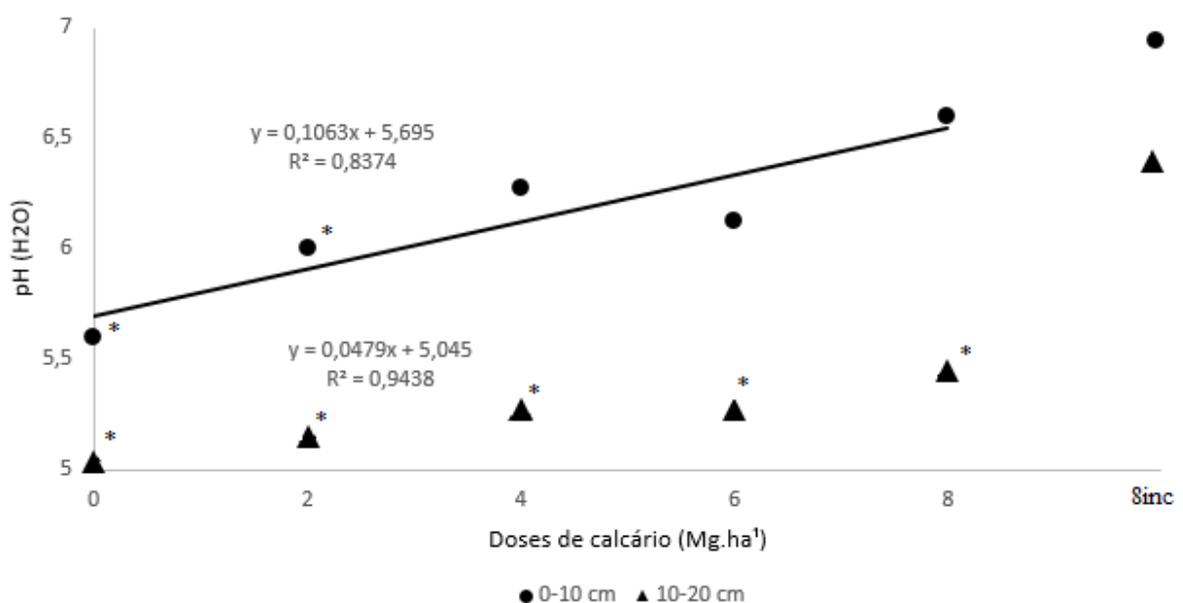
Em relação aos atributos do solo, houve aumento dos valores de pH (H₂O) na camada de 0,00 a 0,10 m, em função dos tratamentos com diferentes doses de calcário (FIGURA 2), essa correção do pH com a calagem em superfície, pode ser explicada pela movimentação vertical física (SÁ, 1995c; OLIVEIRA; PAVAN, 1996) e química (SÁ, 1995c; MIYAZAWA et al., 1996; PAVAN, 1998) dos nutrientes no solo. Embora o calcário tenha baixa solubilidade

essa mobilidade ocorreu somente após 41 meses da aplicação do corretivo e apenas na profundidade de 0,00 a 0,10 m. Pois quando é analisado a profundidade de 0,00 a 0,10 m o tratamento no qual foi realizado a incorporação de 8 Mg ha⁻¹ de calcário não provocou a maior elevação de pH, quando comparado com as doses em superfícies de 4, 6 e 8 Mg ha⁻¹, isso é consequência do tempo de reação do calcário com o solo e sua mobilidade efetiva nos 0,10 m de profundidade.

De maneira prática o aumento no pH é consequência da liberação de hidróxido de hidrogênio (OH⁻). Com o aumento das doses, maior a liberação de OH⁻ até o pH estar próximo de 7,0, nesse valor o H⁺ está teoricamente em equilíbrio com o OH⁻, diminuindo a reatividade do calcário com o solo, esse acontecimento, junto ao poder tampão do solo, dificulta o pH aumentar em elevado nível. Por isso, é necessário altas doses do corretivo em superfície para o aumento do pH, que é explicada pela sua solubilidade limitada (CHAVES, PAVAN, MIYAZAWA, 1988).

Com a aplicação da dose 8 Mg.ha⁻¹ de calcário em superfície, observou-se o maior pH em H₂O (6,6) na camada de 0,00 a 0,10 m, muito próximo da faixa ideal, de 6,0 a 6,5 (MALAVOLTA, 1989). Por sua vez, quando esta mesma dose foi incorporada, o pH elevou para próximo de 7,0, possivelmente porque o revolvimento do solo permitiu maior contato entre solo e corretivo, aumentando sua eficiência (LOPES et al., 1990).

Figura 2 – Efeito das diferentes doses de calcário no pH do solo na camada de 0,00 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m.



- 8 inc = Dose de 8 Mg ha⁻¹ com incorporação.
- Doses com (*) diferem da dose de 8 Mg há⁻¹ incorporada pelo Teste de Dunnett (p<0,05).

Fonte: Do autor (2023)

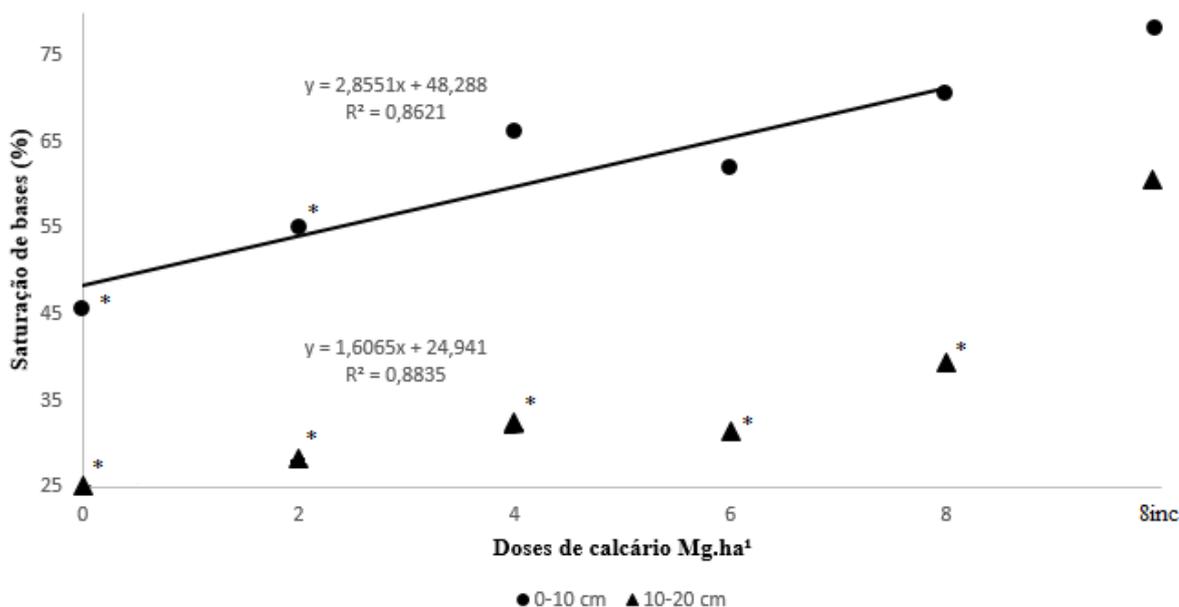
A aplicação do calcário somente em superfície, não afetou os valores de pH (H₂O) na camada de 0,10 a 0,20 m (FIGURA 2), nota-se a importância da estratificação da amostragem do solo em área com sistema de plantio direto. No entanto, quando a dose de 8 Mg ha⁻¹ de calcário foi incorporada, o valor de pH em água ficou próximo de 6,5. Tal resultado reforça a baixa mobilidade do calcário no solo e a necessidade de sua incorporação para aumentar a reatividade através de maior contato (MORAES *et al.*, 2023), principalmente nas atuais áreas sob sistema de plantio direto, em que não houve uma boa incorporação do corretivo antes de se iniciar os cultivos.

4.2 Saturação de bases

Foi observado um aumento na V% na camada de 0,00 a 0,10 m em função do aumento das doses (FIGURA 3), o valor de V% era de 46 % no tratamento controle, sem calcário, e de 71 % com a aplicação da dose 8 Mg ha⁻¹ em superfície, um incremento de 55 % na V%. O aumento é justificado pela liberação de Ca e Mg do calcário no solo, que representam parte da V% (RHEINEHEIMER, 2000; KAMINSKI *et al.*, 2005; FREIRIA *et al.*, 2008).

Nessa mesma profundidade, a V% observada na parcela onde foi realizada a incorporação do calcário, diferenciou apenas dos valores observados nos tratamentos controle e 2 Mg.ha⁻¹

Figura 3 – Efeito das diferentes doses de calcário na V% na camada de 0,00 a 0,10 m e 0,10 a 0,20 m.



- 8 inc = Dose de 8 Mg ha⁻¹ com incorporação.

- Doses com (*) diferem da dose de 8 Mg ha⁻¹ incorporada pelo Teste de Dunnett (p<0,05).

Fonte: Do autor (2023)

Mesmo 41 meses após a aplicação do calcário, a V% da camada de 0,10 a 0,20 m não foi afetada por nenhuma das doses de calcário aplicadas em superfície, mostrando a baixa mobilidade do corretivo no solo (FIGURA 3). Vale ressaltar que do período da aplicação do calcário até a coleta das amostras já havia acumulado cerca 4784 mm de precipitação. Isso mostra a dificuldade da mobilidade do calcário aplicado em superfície para as camadas inferiores do solo mesmo em locais com altos volumes de precipitação, como também observado por Cambri, (2004).

Por outro lado, quando houve a incorporação da dose de 8 Mg ha⁻¹, o valor de V% atingiu 60%, diferenciando dos resultados das doses em superfície nessa profundidade (0,10 a 0,20), mostrando a importância de provocar o contato entre as partículas do corretivo e o solo para se ter uma correção efetiva e fazer a incorporação do calcário para obter a reação em profundidade. Assim, estes resultados mostram a necessidade de novos estudos sobre a eficiência da calagem diante das doses e métodos de aplicação.

4.3 Micronutrientes no solo

Quanto aos micronutrientes no solo, os teores de B, Cu, Mn, Fe e Zn não foram influenciados pela aplicação das diferentes doses de calcário em nenhuma profundidade e método de aplicação (TABELA 5). Possivelmente isso tenha ocorrido porque os tratamentos com calcário em superfície e incorporado mantiveram os valores de pH menor que 7,0, possibilitando a melhor absorção e disponibilidade dos micronutrientes metálicos (MALAVOLTA, 1979; SOUSA et al., 2007).

Os micronutrientes Fe, Mn e Zn não apresentaram grande variação entre as médias, com o Fe no teor alto, Mn entre médio a alto, e por fim, o Zn com teor médio a alto (ALVAREZ, 1999)

Tabela 5 - Efeito da calagem nos teores de micronutriente no solo nas camadas de 0,00 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m.

Dose	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Mg.ha ⁻¹	mg.dm ⁻³				
0,00 a 0,10 m					
0	0,68	1,58	22,98	4,75	3,13
2	0,77	0,53	20,93	5,83	2,78
4	0,82	0,45	19,25	6,80	2,83
6	0,72	0,48	17,43	5,63	2,45
8	0,81	0,60	22,98	6,80	2,85
8inc	0,83	0,40	18,30	7,20	2,63
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS
0,10 a 0,20 m					
0	0,63	0,70	24,00	2,20	1,33
2	0,72	0,55	25,83	2,65	1,78
4	0,77	0,58	25,33	2,95	1,78
6	0,64	0,43	21,85	2,50	1,38
8	0,69	0,50	25,50	2,68	1,58
8inc	0,78	0,43	22,08	4,40	1,75
Efeito	NS	NS	NS	NS	NS

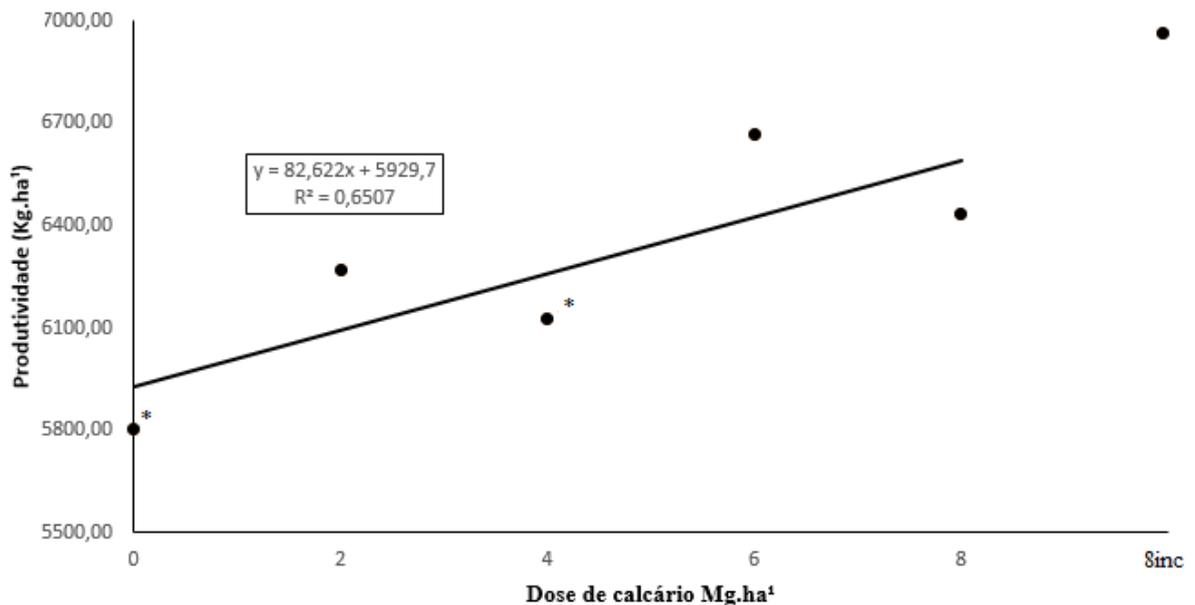
NS: Não significativo; 8inc: 8 Mg.ha⁻¹ incorporado a 0,40 m

4.4 Produtividade

Em relação à produtividade do milho, ela foi aumentada com as doses de calcário aplicadas em superfície e sem incorporação (FIGURA 4). No entanto, quando analisado o tratamento 8Inc, ele obteve produtividades maiores que o tratamento com dose 0 e 4 Mg ha⁻¹. Houve um aumento da produtividade de 25% quando comparado a dose de 8 Mg ha⁻¹ com o tratamento de dose 0 Mg ha⁻¹ em superfície.

O aumento de produtividade ocorreu devido às melhorias das condições químicas do solo provocadas pelas doses de calcário, especialmente os valores de pH e V% (FIGURAS 2 e 3). Com isso, as plantas apresentaram um maior crescimento radicular em profundidade, conforme observado por Moraes *et al.* (2023), obtendo maior acesso a água e nutrientes das camadas do solo em subsuperfície.

Figura 4 – Efeito das diferentes doses e aplicação de calcário na produtividade.



- Doses com (*) diferem da dose de 8 Mg ha⁻¹ incorporada pelo Teste de Dunnett (p<0,05).

- 8 inc = Dose de 8 Mg ha⁻¹ com incorporação.

Fonte: Do autor (2023)

5 CONCLUSÃO

A aplicação de calcário em superfície e o tratamento incorporado corrigiu os valores de pH e aumentou a V% na profundidade de 0,00 a 0,10 m após 41 meses da aplicação do corretivo.

A aplicação de calcário com incorporação teve efeitos positivos também na camada de 0,10 a 0,20 m, em relação a correção do pH, e aumento da V%.

Houve um incremento de 25% na produtividade, comparando-se o tratamento com 8inc Mg ha⁻¹ em relação ao tratamento com doses de 0 Mg.ha⁻¹.

As diferentes doses de calcário não influenciaram os teores de micronutrientes no solo, até 41 meses após a aplicação do calcário

REFERÊNCIAS

RAIJ, B.V. et al **Recomendações de calagem e adubação para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC & Fundação IAC, 1997. p. 285.

RAIJ, B.V. **Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.p 8-18.

ALLEN, E.R.; HOSSNER, L.R. **Factors affecting the accumulation of surface-applied agricultural limestone in permanent pastures**. Soil Science, Madson, WI, v. 151, n. 3, p. 240– 248, 1991.

ALVARENGA, A. P. **Resposta da planta e do solo ao plantio direto e convencional, de sorgo e feijão, em sucessão a milho, soja e crotalária**. 1996. 162p. (Tese de Doutorado). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996

ALVARENGA, R. C. et al. **Cultivo do Milho: Sistema Plantio Direto**. 2009.

ALVAREZ V., V., H., RIBEIRO, A. C. Calagem In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, p. 359, 1999.

ALVAREZ, V.V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. Interpretação dos resultados das análises de solo In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DO

SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, 1999. p. 359.

ANDREOTTI, M. *et al.* **Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica.** Pesquisa agropecuária brasileira, v. 35, n. 12, p. 2437- 2446, dez.2000.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: A mechanistic approach.** 2.ed. New York, John Wiley & Sons,. 195. 414p.

BARBOSA FILHO, M.P.; DA SILVA, O.F. **Adubação e calagem para o feijoeiro irrigado em solo de cerrado.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, [s.l.], v. 35, n. 7, p. 1317-1324, 2000.

BERNARDI, A. C. C. *et al.* **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 22 p. (Embrapa Solos. Documentos, 46)

CAIRES, E. F. **Correção da acidez do solo em sistema plantio direto.** Informações agronômicas, n. 141, p. 1–13, 2013

CAIRES, E. F. **Correção da Acidez do Solo em Sistema Plantio Direto.** Informações Agronômicas, [s.l.], n. 141, p. 1-13,2013. Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/\\$FILE/Page1-13-141.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/4A4F64F9876B415683257B3F00708191/$FILE/Page1-13-141.pdf). Acesso em: 15 fevereiro 2023

CAIRES, E. F. *et al.* **Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 1, p. 87-98, 2006.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. (2003). **Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27(2), 275-286.

CAIRES, E.F.; MADRUGA, E.F.; CHUEIRI, W.A. & FIGUEIREDO, A. **Alterações das características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo.** R. Bras. Ci. Solo, 22:27-34, 1998.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A; MIYAZAWA, M. **Redução da acidez subsuperficial em colunas de solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, V. 23, n. 5, p. 469-476, maio, 1988.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Nutrição e adubação do milho.** Brasília, DF: Embrapa/CNPMS, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim da Safra de Grãos: Acompanhamento da safra 2022/23 brasileira de grãos – 4º levantamento.** Brasília, DF: CONAB, 2023.

F.M.; **Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso.** *Ciência Rural.* Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2000.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.; CLARK, R.B., **Micronutrients in Crop Production.** Advances in Agronomy, Academic Press, Volume 77, p. 185-268, dez. 2002.

FARINELLI, R. et al. **Desempenho agrônômico de cultivares de milho nos períodos de safra e safrinha.** *Bragantia*, p. 235-241, 2003.

FIDELS, R. R. et al. **Alguns aspectos do plantio direto para a cultura da soja.** *Bioscience Journal*, Uberlândia, v.19, n. 1, p.23-31, jan/abr.2003.

FOLONI, J.S.S.; SANTOS, D.H.; CRESTE, J.E.; SALVADOR, J.P. **Resposta do feijoeiro e fertilidade do solo em função de altas doses de calcário em interação com a gessagem.** *Colloq. Agrar*, v. 4, p. 27-35, 2008.

FONSECA, A. F. DA.; CAIRES, E. F.; BARTH, G. **Extraction methods and availability of micronutrients for wheat under a no-till system with a surface application of lime.** *Scientia Agricola*, v. 67, n. Sci. agric. (Piracicaba, Braz.), 2010 67(1), p. 60–70, jan. 2010.

FOY, C.D; CHANEY, R.L; WHITE, M.C. **The physiology of metal toxicity in plant.** *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, V. 29, p.511-548, 1978.

G.; SILVA. L.S. **Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. vol.29. nº4. p.573-580. 2005.

HALISKI, A. **Atributos Químicos do Solo e Produtividade da Soja Influenciados pela Calagem Superficial e Adubação Nitrogenada no Sistema Plantio Direto.** 2015. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura). Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/handle/prefix/2259>. Acesso em: 09 mar. 2023

KAMINSKI, J. et al. **Estimativa da acidez potencial em solos e sua implicação no cálculo da necessidade de calcário.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [s.l.], v. 26, n. 4, 2002.

LEPSCH, I.F. **Formação e conservação dos solos.** 2. ed. Oficina de textos, 2016.

LOPES, A.S.; SILVA, M de C.; GUILHERME, L.R.G. **Acidez do solo e calagem (Boletim Técnico, 1).** São Paulo, ANDA, 1990. 22p

M.C.P.; YAGI. R. **Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado.** *Acta Scientiarum Agronomy*. Maringá. v.30. n.2. p.285-291. 2008.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação.** 5 ed. São Paulo: Ceres, 19789, 256-294p.

MILLER, L. **How fast is lime moving and is it treating acidity at depth?** *Southern Farming Systems*, p. 133–135, 2015

MORAES, F.A. de. **Doses de calcário na construção da fertilidade do perfil do solo.** 2019. 66 f. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2019.

MORAES, F. A. de. et al. **Lime incorporation up to 40 cm deep increases root growth and crop yield in highly weathered tropical soils.** *European Journal of Agronomy*, 144, 126763, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126763>

MOREIRA, S. G. **Desafios para a sustentabilidade dos sistemas de produção com culturas anuais.** *Informações Agrônomicas*, v. 4, p. 1-12, 2019.

MOREIRA, S.G. et al. **Calagem em Sistema de Semeadura Direta e Efeitos sobre a Acidez do Solo, disponibilidade de Nutrientes e Produtividade de Milho e Soja. Fertilidade do solo e nutrição de plantas.** Rev. Bras. Ciênc. Solo, [s.l.], v. 25, p. 1, mar. 2001

MOREIRA, S.G. *et al.* **Effect of liming on micronutrient availability to soybean grown in soil under different lengths of time under no tillage.** Acta Scientiarum-Agronomy, [s.l.], v. 39, p. 89, 2017

MOREIRA, S.G.; MORAES, F.A. **Construção da Fertilidade do Solo para o Sistema de Produção de Culturas Anuais.** In: PAES, M.C.D.; VON PINHO, R.G.; MOREIRA, S.G. (Org.). Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil. CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 2018, 4., Sete Lagoas. Anais [...]. Sete Lagoas, 2018. p. 347-383.

MOREIRA, S.G. *et al.* **Effect of liming on micronutrient availability to soybean grown in soil under different lengths of time under no tillage.** Acta Scientiarum-Agronomy, v. 39, p. 89, 2017.

OLIVEIRA, E.L. de; P A VAN, M.A. **Control of acidity in no-tillage system soybean production.** Soil & Tillage Research, v.38, n.1-2, p.47-57, 1996.

PENN, C.J.; CAMBERATO, J.J. **A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants.** Agriculture, [s.l.], v. 9, n. 6, p. 120, 2019.

PROCHNOW, L.I.; DE RESENDE, A.V.; OLIVEIRA JUNIOR, A.D.; FRANCISCO, E., CASARIN, V.; PAVINATO, P. **Localização do fósforo em culturas anuais na agricultura nacional: situação importante, complexa e polêmica.** Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e manejo dos nutrientes.** International Plant Nutrition Institute, Piracicaba, p. 420, 2011.

RAIJ, B.V. **Melhorando o ambiente radicular em subsuperfície.** Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.p 8-18.

RAIJ, B.V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo.** Campinas: IAC & Fundação IAC, 1997. p. 285, 1997.

RAIJ, B.V.; JUNIOR, D. M.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; BOARETTO, R. M. **Recomendações de calagem e adubação para o Estado de São Paulo.** Campinas: IAC & Fundação IAC, 1997. p. 489, 2022.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.D.F.; SANTOS, J.D.; NUNES, J.A.R. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. UFLA, Lavras, p. 522, 2012.

RESENDE, A.V. *et al.* **Solos de Fertilidade Construída: Características, Funcionamento e Manejo.** Informações Agronômicas, [s.l.], v. 156, 2016.

RESENDE, A.V. *et al.* **Solos de Fertilidade Construída: Características, Funcionamento e Manejo.** Informações Agronômicas, [s.l.], v. 156, 2016.

RHOTON, F.E. **Influence of time on soil response to no-till practices**. Soil Science Society of America Journal, v. 64, p. 700-709, 2000

SÁ, J.C.M. de. Calagem em solos sob plantio direto da Região dos Campos Gerais, Centro Sul do Paraná. In: SÁ, J.C.M de (coord.). **Curso sobre o Manejo do Solo no Sistema de Plantio Direto**. Castro-PR: Fundação ABC, 1995c. p.73-107.

SHOEMAKER, H. E.; McLEAN, E. O. & FRATT, P. F. **Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum**. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25:274-277, 1961.

SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. **Produção de fitomassa e acúmulo de nutrientes pela aveia-preta em função da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema plantio direto**. Ciência Rural, v. 38, n. Cienc. Rural, 2008 38(4), p. 928–935, jul. 2008.

SOUSA, D.M.G de.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo. Viçosa: SBCS, 2007. Cap. 5. p. 205-274.

TISDALE, S.L., NELSON, W.L. BEATON, J.D. **Soil Fertility and Fertilizers**. Macmillan Publishing Company, New York, ago. 1985.

TISSI, J.A; CAIRES, E.F.; PAULETTI, V. **Efeitos da calagem em semedura direta de milho**. Bragantia, [s.l.], v. 63, p. 405-413, 2004.

TOMÉ JR., J.B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1997. p. 247.

VEZZANIM, F. M.; MIELNICZUK, J. **Uma visão sobre a qualidade do solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 4, p. 743- 755, 2009

WIETHÖLTER, S. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.

ZANCANARO, L. **“Acidez do Solo nos cerrados e correção”** [palestra], Fundação MT/PMA, 2003. Disponível em:
[http://https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2b79045a60b5867283257b0500461536/\\$FILE/Palestra%20Leandro.pdf](http://https://www.npct.com.br/npctweb/npct.nsf/e0f085ed5f091b1b852579000057902e/2b79045a60b5867283257b0500461536/$FILE/Palestra%20Leandro.pdf). Acesso em 20 de fevereiro de 2023.