

A IMPORTÂNCIA DO USO DO CALCÁRIO NA CORREÇÃO DO SOLO

THE IMPORTANCE OF USING LIMESTONE IN SOIL CORRECTION

Dalton Augusto Coutinho BORGES

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6688-4041>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: daltonborges88@gmail.com

Willian Cesar de Araújo BORGES

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1883-8763>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: williancborges08@gmail.com

Laleska Miranda da SILVA

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9474-7307>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: laleska.silva@iescfag.edu.br

Jailson da Silva LUIS

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2695-462>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: jailsonluis.ufpi@gmail.com

Salomão Martins COSTA NETO

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8783-6400>

Instituto Educacional Santa Catarina Faculdade Guarai (IESC/FAG)

E-mail: salomaomcosta@gmail.com

RESUMO

O Brasil enfrenta desafios significativos relacionados à baixa fertilidade natural de seus solos, especialmente Latossolos e Argissolos. O potencial produtivo é severamente limitado pela acidez elevada, pelo baixo pH e pela alta saturação por alumínio tóxico, fatores que restringem o crescimento radicular e a absorção eficiente de água e nutrientes, tornando a correção da acidez uma etapa indispensável. Nesse contexto, a calagem — aplicação de calcário agrícola — configura-se como a principal prática de manejo, sendo uma estratégia de investimento essencial para garantir a viabilidade econômica da produção agrícola. O processo promove o reequilíbrio químico do solo, elevando a saturação por bases e fornecendo cálcio e magnésio, elementos fundamentais para a nutrição vegetal e para o desempenho das adubações. A aplicação técnica e homogênea do corretivo, baseada em diagnóstico preciso, maximiza o potencial produtivo das culturas ao aumentar a eficiência dos fertilizantes e conferir maior estabilidade ao sistema. Assim, a calagem representa o primeiro passo para transformar solos limitantes em ambientes altamente produtivos, contribuindo para a redução das lacunas produtivas e para a promoção da agricultura sustentável no país.

Palavra-chave: Calagem. Eficiência Produtiva. Sustentabilidade agrícola. Viabilidade econômica.

ABSTRATC

Brazil faces significant challenges related to the low natural fertility of its soils, especially Oxisols and Ultisols. Productive potential is severely limited by high acidity, low pH, and elevated saturation with toxic aluminum, factors that restrict root growth and the efficient absorption of water and nutrients, making acidity correction essential. In this context, liming—the application of agricultural limestone—stands out as the primary management practice and a strategic investment for ensuring the economic feasibility of agricultural production. This process promotes the chemical rebalancing of

the soil, increasing base saturation and supplying calcium and magnesium, which are fundamental for plant nutrition and fertilizer efficiency. The technical and homogeneous application of limestone, based on accurate soil diagnosis, maximizes the productive potential of crops by enhancing fertilizer use efficiency and increasing system stability. Therefore, liming represents the first critical step toward transforming limiting soils into highly productive

Keyword: Liming. Productive Efficiency. Agricultural Sustainability. Economic Viability.

INTRODUÇÃO

O Brasil, como um dos principais *players* na segurança alimentar global, possui grande expansão de área cultivável e clima favorável ao desenvolvimento de diversas culturas. Entretanto, o aproveitamento pleno desse potencial é limitado pela degradação natural da fertilidade dos solos tropicais, que são, em sua maioria, altamente intemperizados, com baixa Capacidade de Troca Catiônica (CTC), pH reduzido e elevada saturação por alumínio (Al^{3+}) tóxico (RAIJ, 2011; CANTARUTTI *et al.*, 2007).

Essa combinação de fatores impõe barreiras à produtividade, tornando indispensável a correção da acidez do solo para a viabilidade econômica das culturas (CÂMARA, 2020). A maior parte da área agrícola do país é dominada por Latossolos e Argissolos, classes que representam grande parte dos solos tropicais profundos, mas quimicamente pobres devido aos intensos processos de intemperismo tropical, esses solos são caracterizados por perfis profundos, mas com elevadas restrições químicas. Apresentam intrinsecamente baixa fertilidade e altos teores de alumínio móvel (EMBRAPA, 2023).

A toxicidade do alumínio é especialmente prejudicial ao desenvolvimento radicular, reduzindo crescimento, absorção de água e nutrientes, o que resulta em produtividades instáveis e frequentemente baixas (ALLEONI; CAMARGO, 1994; ALLEONI *et al.*, 2018).

Diante dessas limitações, a calagem consolida-se como a prática fundamental para mitigar a acidez do solo, neutralizar o alumínio tóxico e aumentar a saturação por bases, favorecendo a eficiência dos fertilizantes e elevando a produtividade (SORATTO; CRUSCIOL, 2008; FERREIRA *et al.*, 2021).

O processo corretivo envolve a aplicação de materiais contendo cálcio e/ou magnésio, que neutralizam a acidez ativa e potencial. O efeito imediato e mais crítico é a redução do Al^{3+} trocável e o aumento das concentrações de Ca^{2+} e Mg^{2+} , promovendo maior desenvolvimento radicular e melhor exploração do volume de solo pela planta (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2004).

A calagem tem como objetivo ajustar o pH do solo para níveis adequados ao cultivo, além de favorecer o equilíbrio nutricional. Estudos confirmam que a aplicação de calcário aumenta a saturação por bases (V%) e melhora relações importantes como Ca/Mg e Ca/K, essenciais para a nutrição equilibrada e sanidade das plantas (ALLEONI *et al.*, 2018; SOUSA *et al.*, 2007).

Apesar dos benefícios amplamente documentados, sua adoção eficiente ainda enfrenta desafios relacionados à dose aplicada, qualidade do corretivo e método de aplicação (CANTARUTTI *et al.*, 2007; SOUSA; LOBATO, 2004). Nesse contexto, torna-se essencial compreender como uma estratégia correta de calagem, baseada em diagnóstico preciso e recomendações atualizadas, pode potencializar o desempenho das culturas em solos de elevada acidez.

A relevância deste estudo reside na necessidade de reduzir limitações produtivas em áreas agrícolas com elevada acidez e promover práticas sustentáveis. A compreensão aprofundada das respostas agronômicas, químicas e econômicas da calagem fornece subsídios para a tomada de decisão dos produtores (FERREIRA *et al.*, 2021; SOUSA *et al.*, 2007).

Portanto, este trabalho se justifica por fornecer uma consolidação e atualização de informações técnicas vitais para transformar um ambiente limitante em um sistema altamente produtivo e rentável (FERREIRA *et al.*, 2021).

O sucesso da correção da acidez depende diretamente da precisão técnica: determinação da Necessidade de Calagem (NC), escolha de corretivos com adequado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) e aplicação uniforme são fatores determinantes. A dosagem correta do corretivo, necessária para reduzir a acidez do solo a um nível que garanta a máxima eficiência econômica da cultura, é o ponto de partida fundamental para o êxito de qualquer planejamento agrícola (RAIJ, 2011; SOUSA; LOBATO, 2004).

Dessa forma, a presente revisão discute os processos de acidificação do solo, seus impactos na disponibilidade de nutrientes e na produtividade agrícola, identifica os principais tipos de calcário e descreve metodologias de cálculo de dose e momento adequado de aplicação, considerando características químicas e físicas do solo. Por fim, avalia os efeitos da calagem na absorção de nutrientes, produtividade e sustentabilidade ambiental no contexto agrícola brasileiro.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido como uma revisão de literatura narrativa, cujo propósito foi reunir, analisar e sintetizar o conhecimento disponível sobre a importância do uso do calcário na correção da acidez do solo. A revisão narrativa é amplamente utilizada em estudos agrônômicos, pois permite integrar diversos resultados publicados e fornecer uma visão abrangente do estado atual do tema (SNYDER, 2019).

Foram examinados estudos publicados entre 2010 e 2025, contemplando artigos científicos, capítulos de livros, dissertações, teses e documentos técnicos de instituições de referência, como Embrapa, SBCS e universidades brasileiras. A abrangência temporal buscou captar a evolução das pesquisas sobre calagem, acidez do solo e manejo da fertilidade, permitindo a identificação de tendências e avanços conceituais ao longo do período analisado.

A seleção dos materiais seguiu critérios de relevância científica, atualidade e adequação ao escopo da pesquisa. A busca foi realizada em bases amplamente reconhecidas pela comunidade acadêmica, incluindo SciELO, Google Acadêmico e PubMed, além de bibliotecas digitais institucionais. Os procedimentos adotados seguiram orientações metodológicas para revisões integrativas propostas por Kitchenham (2004) e Page *et al.* (2021), garantindo rigor na triagem e organização das informações.

O processo de análise consistiu em três etapas:

- a) seleção criteriosa das publicações com base em títulos, resumos e palavras-chave;
- b) leitura crítica e avaliação metodológica dos textos completos;
- c) síntese temática, na qual foram identificados padrões, convergências, divergências e lacunas de conhecimento relacionadas à acidez do solo, correção com calcário e impactos agrônômicos.

Essa abordagem qualitativa permitiu a integração de diferentes perspectivas teóricas e práticas adotadas por pesquisadores, resultando em uma visão abrangente e atualizada sobre o papel da calagem no manejo da fertilidade e na produtividade agrícola.

REVISÃO DE LITERATURA

Avaliação e Parâmetros de Qualidade dos Corretivos de Acidez

Os corretivos agrícolas, fundamentais para o controle da acidez do solo, são avaliados com base em atributos químicos e físicos que determinam sua eficiência agrônômica. Essa avaliação é essencial tanto para a definição da dose quanto para o valor comercial do produto (LOPES; GUILHERME, 2016; SOUSA; LOBATO, 2004).

O Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) é o principal parâmetro adotado no Brasil para expressar a eficiência dos calcários agrícolas. O PRNT corresponde à equivalência em carbonato de cálcio (CaCO_3) puro e finamente moído, indicando sua capacidade efetiva de neutralizar a acidez do solo (ALCARDES *et al.*, 2022; RAIJ, 2011).

Esse parâmetro é resultado da combinação de dois componentes: a) Poder de Neutralização (PN), que reflete a composição química do corretivo; b) Eficiência Relativa (ER), que corresponde ao aspecto granulométrico e à velocidade de reação no solo (RAIJ, 2011; MEURER, 2017).

O PN expressa a capacidade do material de neutralizar a acidez e depende dos teores de CaO e MgO , os quais apresentam maior potencial neutralizante do que o CaCO_3 devido ao maior conteúdo de bases por unidade de massa (ALCARDES *et al.*, 2022; MEURER, 2017). Assim, óxidos e hidróxidos geralmente apresentam valores de PN superiores aos carbonatos.

A Eficiência Relativa (ER) representa a fração do corretivo que reage no solo em curto prazo, diretamente influenciada pelo tamanho das partículas. Como os carbonatos apresentam baixa solubilidade em água, sua reação depende fortemente da superfície de contato — quanto menor a granulometria, maior a velocidade de neutralização (CÂMARA, 2020; SOUSA *et al.*, 2007).

A legislação brasileira determina padrões granulométricos, classificando como 100% eficiente o material que passa pela peneira ABNT nº 50 (0,3 mm). Já partículas maiores, retidas nas peneiras nº 10 e nº 20, possuem eficiência de 0% e 20%, respectivamente, influenciando diretamente a velocidade de correção da acidez (ALCARDES *et al.*, 2022; RAIJ, 2011).

A calagem, prática mais utilizada para correção da acidez, fornece bases (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e neutraliza íons H^+ e Al^{3+} presentes no solo. A compreensão desse mecanismo é fundamental para maximizar a eficiência agrônômica e garantir retorno econômico ao produtor (FERNANDES; SOUZA, 2021; FAGERIA, 2016).

Além da neutralização da acidez, a calagem também melhora atributos como a saturação por bases (V%), as relações Ca/Mg e Ca/K e a disponibilidade de fósforo, constituindo-se como o alicerce da construção da fertilidade em sistemas agrícolas tropicais (FAGERIA, 2016; ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2004).

Correção da Acidez do Solo e Melhoria da Fertilidade

Os solos associados ao Bioma Cerrado — que representam a maior parcela da área agricultável do Brasil — caracterizam-se por elevada acidez, baixa fertilidade natural e predominância de Latossolos, resultado do intenso processo de intemperismo e lixiviação de bases típicos da região (EMBRAPA, 2023; SOUSA; LOBATO, 2004).

Nessas condições, a calagem figura como prática indispensável, sendo a principal forma de manejo químico para adequar o solo às exigências nutricionais das culturas e melhorar seu ambiente radicular (CÂMARA, 2020).

O efeito químico mais importante da calagem é a elevação do pH, a neutralização do alumínio tóxico (Al^{3+}) e o fornecimento de cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) — nutrientes

essenciais para o crescimento radicular e para o equilíbrio do complexo de troca (ZANDONÁ *et al.*, 2015; FAGERIA, 2016).

Para essa correção, os calcários agrícolas são os corretivos mais utilizados, compostos principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3) e de magnésio (MgCO_3). Esses materiais diferem quanto ao teor de magnésio, sendo classificados em:

- Calcítico ($\text{MgO} < 5\%$),
- Magnesiano (MgO entre 5–12%) e
- Dolomítico ($\text{MgO} > 12\%$), classificação essencial para equilibrar a relação Ca/Mg do solo (RAIJ, 2011; LOPES; GUILHERME, 2016).

Além dos carbonatos, outros corretivos podem ser utilizados, como óxidos (CaO , MgO), hidróxidos (Ca(OH)_2 , Mg(OH)_2) e silicatos (CaSiO_3 , MgSiO_3). Apesar das diferenças químicas, todos atuam fornecendo Ca^{2+} , Mg^{2+} e íons hidroxila (OH^-), responsáveis pela neutralização da acidez (MEURER, 2017).

A calagem constitui a primeira etapa da construção da fertilidade do solo, baseando-se no ajuste químico inicial necessário para maximizar a eficiência das adubações subsequentes e permitir que as culturas expressem seu potencial produtivo (FAGERIA, 2016; RAIJ, 2011).

Uma vez aplicada, ocorre a elevação do pH, aumento da concentração de Ca^{2+} e Mg^{2+} , elevação da Saturação por Bases (V%) e redução da toxidez de Al^{3+} e Mn^{2+} . A calagem também aumenta a disponibilidade de fósforo (P) ao reduzir sua fixação por alumínio e ferro, fenômeno bem descrito em solos tropicais altamente intemperizados (FAGERIA, 2016; ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2004).

Essas modificações criam melhores condições físicas, químicas e biológicas para o desenvolvimento radicular, favorecendo maior exploração do volume de solo, melhor absorção de nutrientes e maior resiliência da planta ao estresse hídrico (SOUSA; LOBATO, 2004; EMBRAPA, 2023).

Os solos do Cerrado, por apresentarem baixos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ e elevada acidez potencial, são altamente limitantes à produtividade, reforçando a importância do diagnóstico adequado e das doses corretas de calagem (EMBRAPA, 2023; CÂMARA, 2020).

A correção eficiente da acidez permite o reequilíbrio entre as bases minerais, proporcionando a máxima disponibilidade de nutrientes para as plantas e garantindo estabilidade produtiva ao sistema agrícola (LOPES; GUILHERME, 2016; RAIJ, 2011).

O processo de neutralização envolve a reação dos íons hidroxila (OH^-), liberados durante a dissolução do corretivo, com o Al^{3+} e H^+ em solução, reduzindo a acidez ativa e melhorando a eficiência da adubação fosfatada (FERNANDES; SOUZA, 2021).

Embora o calcário convencional seja eficaz, sua atuação é concentrada na camada onde ocorre a incorporação, sendo menos eficiente no subsolo quando aplicado superficialmente — situação comum no Sistema Plantio Direto (SPD) (EMBRAPA, 2020; CAIRES *et al.*, 2020).

Mecanismos de Neutralização da Acidez e Desafios de Aplicação

A calagem é uma das práticas mais importantes para a melhoria das condições químicas do solo, sendo essencial para elevar o pH a níveis adequados (5,5–6,5) e reduzir os efeitos tóxicos do alumínio (Al^{3+}), principal fator limitante da produtividade em solos tropicais ácidos (EMBRAPA, 2020; SOUSA; LOBATO, 2004). A neutralização do alumínio ocorre pela reação dos íons hidroxila (OH^-) liberados durante a dissolução do calcário, formando compostos como Al(OH)_3 , de baixa solubilidade, o que permite maior crescimento radicular e melhor absorção de nutrientes (RAIJ, 2011; ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2004).

Solos com maior capacidade de troca de cátions (CTC), resultante de maiores teores de matéria orgânica e argila, necessitam de doses mais elevadas de calcário devido ao maior tamponamento, que reduz a velocidade de alteração do pH (MEURER, 2017; RAIJ, 2011). Por isso, a dose recomendada deve sempre considerar a textura, teor de matéria orgânica e saturação por bases, elementos fundamentais para um manejo eficiente.

A calagem também favorece a fauna e a flora edáfica, uma vez que o aumento do pH cria um ambiente mais adequado à atividade microbiana, especialmente na rizosfera. Esses microrganismos desempenham funções essenciais, como decomposição da matéria orgânica e fixação biológica de nitrogênio em leguminosas, que dependem diretamente da redução da acidez para atuarem de forma plena (MEURER, 2017; FAGERIA, 2016).

O sucesso da calagem depende, entre outros fatores, da dose aplicada, da qualidade do corretivo — especialmente seu PRNT e granulometria — e do método de aplicação. Corretivos com partículas mais finas apresentam maior superfície de contato e reagem mais rapidamente no solo, elevando o pH e neutralizando o Al^{3+} com maior eficiência (ALCARDES *et al.*, 2022; FERNANDES; SOUZA, 2021).

Estudos nacionais demonstram que a aplicação de calcário melhora significativamente atributos químicos como pH, saturação por bases (V%), CTC efetiva e disponibilidade de nutrientes, o que se traduz em aumentos expressivos de produtividade em diversas culturas agrícolas (EMBRAPA, 2020; CAIRES *et al.*, 2008).

O consumo de calcário no Brasil tem crescido de maneira contínua. Em 2023, atingiu o recorde de 61,6 milhões de toneladas, refletindo o aumento da adoção de práticas corretivas na agricultura moderna. Ainda assim, estima-se que há um déficit anual próximo de 20 milhões de toneladas, indicando que grande parte das áreas agricultáveis ainda não recebe a quantidade ideal para a correção eficaz da acidez (ABRACAL, 2024).

O pH é o principal indicador do estado ácido de um solo, refletindo a concentração de H^+ na solução do solo. Em solos tropicais, o baixo pH é geralmente acompanhado de baixos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , nutrientes essenciais para o crescimento vegetal, e de elevada disponibilidade de elementos tóxicos como Al^{3+} e Mn^{2+} (LOPES; GUILHERME, 2016; MEURER, 2017). Essa condição de baixa fertilidade afeta severamente a disponibilidade de nutrientes e reduz o potencial produtivo das culturas.

A incorporação do calcário é geralmente mais eficiente, porém, em sistemas como o plantio direto, sua aplicação superficial tem sido a prática mais comum. Porém, a reação é mais lenta e ocorre predominantemente na camada superficial, o que pode limitar a correção das camadas subsuperficiais, exigindo estratégias como uso de doses ajustadas ou combinação com gesso agrícola (CAIRES *et al.*, 2020; EMBRAPA, 2020).

A correção adequada da acidez é fundamental para mitigar os impactos negativos do Al^{3+} e para restabelecer a disponibilidade de nutrientes essenciais. A calagem ainda melhora atributos físicos e biológicos, promovendo um ambiente equilibrado e produtivo (FAGERIA, 2016).

A escolha entre calcário calcítico, magnesiano ou dolomítico deve ser realizada com base na análise de solo — especialmente nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} —, garantindo um balanço nutricional adequado e evitando desequilíbrios na relação Ca/Mg que podem afetar a absorção de nutrientes (RAIJ, 2011; LOPES; GUILHERME, 2016).

Impacto da Calagem na Estrutura, Saúde do Solo e Sustentabilidade Agrícola

A aplicação de calcário exerce impacto que vai além da correção química do solo, influenciando positivamente aspectos físicos, biológicos e ecológicos do sistema produtivo. Em solos de clima tropical, caracterizados por elevada acidez e baixa saturação por bases, a calagem constitui fundamento essencial para a construção de ambientes produtivos mais equilibrados e sustentáveis (FAGERIA, 2016; SOUSA; LOBATO, 2004).

A saúde e a biodiversidade do solo são diretamente favorecidas quando o pH é corrigido. O aumento da reação do solo cria condições adequadas para a atividade microbiana, estimulando processos fundamentais como a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a fixação biológica de nitrogênio em leguminosas (MEURER, 2017; ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2004). Plantas mais vigorosas também favorecem micro-habitats e o aporte contínuo de resíduos vegetais, o que contribui para o equilíbrio ecológico do solo.

A calagem também desempenha papel importante na recuperação de áreas degradadas. Ao elevar o pH e fornecer cálcio e magnésio, o corretivo acelera a recomposição da fertilidade e restabelece condições adequadas para o estabelecimento da vegetação nativa, contribuindo para a reconstrução da estrutura ecológica do solo (EMBRAPA, 2023).

Do ponto de vista físico, o calcário favorece a floculação das partículas do solo. O cálcio (Ca^{2+}), ao substituir íons de alumínio e hidrogênio no complexo de troca, promove a formação de agregados estáveis, aumentando a macroporosidade, reduzindo a compactação e melhorando o fluxo de água e ar no perfil (FERNANDES; SOUZA, 2021; CAIRES *et al.*, 2008). Esses efeitos estruturais são essenciais para favorecer o desenvolvimento radicular profundo e eficiente.

A maior agregação do solo contribui ainda para a redução de erosão hídrica, uma vez que agregados estáveis têm menor risco de desagregação e transporte superficial. Essa ação conjunta da calagem, aliada ao manejo adequado de resíduos, representa um avanço significativo para a conservação do solo em áreas suscetíveis a degradação (ALBUQUERQUE *et al.*, 2005).

Outro impacto relevante se refere ao uso eficiente da água. A melhoria estrutural do solo aumenta a capacidade de infiltração e armazenamento hídrico, reduzindo perdas por escoamento superficial. Essa maior retenção de água é particularmente importante em regiões com veranicos ou irregularidade de chuvas, cenário comum em sistemas de sequeiro (BOSSOLANI *et al.*, 2021).

Além das melhorias químicas e físicas, a calagem otimiza o uso de fertilizantes. Ao elevar o pH, reduz a formação de compostos insolúveis entre fósforo e alumínio, aumentando a eficiência da adubação fosfatada — fator crucial em solos altamente intemperizados do Cerrado (RAIJ, 2011; FAGERIA, 2016). Corretamente aplicada, a calagem melhora também a disponibilidade de nitrogênio, enxofre e micronutrientes essenciais, contribuindo para sistemas agrícolas mais eficientes.

A escolha do tipo de calcário influencia diretamente a resposta agrônômica. Calcários calcíticos são adequados para solos com deficiência de cálcio, enquanto materiais magnesianos e dolomíticos favorecem solos com baixos teores de magnésio, mantendo o balanço nutricional e evitando desequilíbrios na relação Ca/Mg (LOPES; GUILHERME, 2016; MEURER, 2017).

Corretivos de granulometria fina, como o calcário filler, apresentam alta superfície de contato e reagem rapidamente após a aplicação, sendo especialmente úteis em sistemas de plantio direto e em situações em que a incorporação mecânica não é possível (EMBRAPA, 2020; FERNANDES; SOUZA, 2021).

A dinâmica de liberação de cátions Ca^{2+} e Mg^{2+} e ânions CO_3^{2-} e HCO_3^- é fundamental no processo de neutralização do H^+ da solução do solo. Esses íons contribuem para a elevação do pH e para a conversão de metais tóxicos (Al^{3+} e Mn^{2+}) em formas não prejudiciais às plantas (ALCARDES *et al.*, 2022).

Além das melhorias agrônômicas, a calagem tem reflexos ambientais positivos. Ao aumentar a eficiência da adubação e reduzir a necessidade de fertilizantes e pesticidas,

contribui para menor risco de contaminação de corpos d'água e menor emissão de gases associados à atividade agrícola (YARA BRASIL, 2022).

O processo de ciclagem de nutrientes também é favorecido, pois a elevação do pH estimula a decomposição da matéria orgânica e aumenta a liberação de nitrogênio e fósforo em formas assimiláveis pelas plantas (MEURER, 2017). Esse efeito favorável fortalece a resiliência dos agroecossistemas e melhora a sustentabilidade a longo prazo.

Por fim, o sucesso agrônômico da calagem depende da dose adequada, da distribuição homogênea no campo e da realização do procedimento em períodos de boa umidade do solo, garantindo condições ideais para a reação do corretivo e para a otimização dos efeitos desejados (QUAGGIO *et al.*, 2016; RAIJ, 2011).

Aumento da Produtividade Agrícola e o Efeito Econômico do Calcário

O Brasil consolidou-se como um dos maiores produtores de commodities agrícolas do mundo, com destaque para soja, milho e café. O desempenho da soja, em particular, tem alcançado recordes sucessivos, ultrapassando 124 milhões de toneladas na safra 2021/2022 (CONAB, 2022). Esse avanço produtivo está diretamente relacionado ao manejo adequado da fertilidade do solo, no qual a calagem figura como uma das práticas mais determinantes para o sucesso agrônômico (FAGERIA, 2016).

As recomendações de adubação no país baseiam-se tradicionalmente em curvas de resposta das culturas aos nutrientes, calibradas regionalmente. Contudo, tais respostas dependem diretamente da correção prévia da acidez. Em solos ácidos, o alumínio tóxico limita o crescimento radicular, reduz a absorção de fósforo e restringe o aproveitamento dos fertilizantes. Assim, a calagem não apenas corrige o pH, mas cria condições químicas ideais para obtenção de ganhos produtivos substanciais (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2004; RAIJ, 2011).

A eficiência do calcário vai além da neutralização da acidez. A sua aplicação eleva os teores de cálcio e magnésio no solo, favorece o equilíbrio entre bases trocáveis e reduz a fixação de fósforo pelo alumínio. Esses efeitos refletem diretamente no aumento da produtividade agrícola, considerando que Ca^{2+} e Mg^{2+} desempenham funções essenciais na integridade estrutural das plantas, na divisão celular, na fotossíntese e na ativação de enzimas (MEURER, 2017; FAGERIA, 2016).

Estudos nacionais reforçam a importância da correção da acidez para otimizar a produção. Em pesquisas conduzidas em diversas regiões do Cerrado, a aplicação de calcário elevou a produtividade da soja, do milho e do trigo, com incrementos variando entre 15% e 40%, dependendo da dose e das condições edafoclimáticas (CAIRES *et al.*, 2008; SOUSA; LOBATO, 2004). Essa resposta é ainda mais pronunciada em solos altamente intemperizados, que apresentam baixos teores de bases e elevada acidez potencial.

O manejo adequado também reduz custos de produção. Plantas bem nutridas e com sistema radicular profundo apresentam maior resistência ao estresse hídrico e menor suscetibilidade a doenças, diminuindo a necessidade de defensivos agrícolas — o que representa economia direta ao produtor (CHERUBIN *et al.*, 2019).

O aspecto econômico é reforçado por dados recentes. Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL), o consumo nacional do corretivo atingiu 61,6 milhões de toneladas em 2023, o maior da história, demonstrando crescente tecnificação e reconhecimento dos benefícios da prática (ABRACAL, 2024). Apesar disso, a entidade estima déficit anual de aproximadamente 20 milhões de toneladas, indicando que grande parte dos solos brasileiros ainda recebe doses inferiores às recomendadas, o que reduz o potencial produtivo das lavouras.

A prática da calagem, além de aumentar o rendimento imediato das culturas, apresenta efeito residual prolongado, que pode durar entre quatro e cinco anos em sistemas

convencionais, chegando a até oito anos em pesquisas de longo prazo (LOPES; GUILHERME, 2016). Isso reforça o papel estratégico do calcário como insumo de alto retorno sobre investimento (ROI), especialmente em sistemas de produção intensivos.

Além disso, o uso contínuo e adequado de calcário aumenta a Produtividade Total de Fatores (PTF) e contribui para a segurança alimentar e a competitividade do país na exportação de commodities agrícolas, impactando diretamente o PIB do setor (CONAB, 2022). O efeito multiplicador da calagem beneficia toda a cadeia produtiva: aumenta a demanda por máquinas agrícolas, melhora indicadores logísticos e reforça a indústria de fertilizantes, atuando como pilar da economia regional em municípios dependentes do agronegócio.

Em síntese, o calcário agrícola consolida-se como insumo estratégico para elevar a produtividade, reduzir custos, melhorar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas e fortalecer economicamente o setor. Seu uso adequado garante maior estabilidade e previsibilidade produtiva, essenciais para o sucesso da agricultura brasileira em cenário de crescente demanda global por alimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no conjunto de informações analisadas, evidencia-se que a calagem constitui a prática de manejo mais decisiva para a agricultura em solos tropicais altamente intemperizados. A correção da acidez não representa apenas um ajuste químico pontual, mas o fundamento que sustenta toda a construção da fertilidade, condicionando a eficiência das adubações, o aproveitamento de nutrientes e o rendimento das culturas. Sem a neutralização adequada do alumínio tóxico e a elevação da saturação por bases, qualquer investimento subsequente torna-se limitado e economicamente ineficiente.

A longevidade do efeito do calcário no solo, frequentemente superior a quatro anos e podendo alcançar períodos ainda maiores conforme relatado pela literatura, reforça o elevado retorno econômico associado à prática. A calagem, nesse sentido, não se caracteriza como custo recorrente, mas como investimento estruturante, indispensável para sistemas que visam alta produtividade.

Além dos benefícios químicos, destacam-se efeitos relevantes sobre a qualidade física e biológica do solo. O aumento dos teores de cálcio e magnésio favorece a floculação de argilas, promovendo maior estabilidade estrutural, incremento da infiltração e redução da erosão — aspectos vitais em regiões suscetíveis à degradação. A elevação do pH estimula também a atividade microbiana, intensificando a decomposição da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a eficiência da fixação biológica de nitrogênio, resultando em um ambiente edáfico mais resiliente frente a estresses hídricos e climáticos.

Os reflexos desses processos são tangíveis no campo, traduzindo-se em aumentos consistentes de produtividade. O crescimento expressivo no consumo nacional de calcário, registrado nos últimos anos, evidencia que o setor produtivo reconhece a calagem como pré-requisito para o desempenho sustentável das culturas, consolidando-a como ferramenta estratégica para elevar a eficiência produtiva do agronegócio.

Assim, a calagem deve ser compreendida não apenas como um corretivo da acidez, mas como uma prática de gestão agrícola de caráter abrangente, capaz de influenciar positivamente a sustentabilidade, a produtividade e a rentabilidade dos sistemas produtivos. O uso criterioso do calcário — associado ao diagnóstico preciso, à escolha adequada do corretivo, à dose correta e à distribuição homogênea — constitui o primeiro e mais importante passo para garantir sistemas agrícolas mais eficientes, competitivos e tecnicamente fundamentados. Dessa forma, a continuidade do protagonismo brasileiro na produção de alimentos passa, necessariamente, pela manutenção da calagem como princípio estruturante do manejo do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRACAL (Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola). **Brasil: avança o consumo de calcário agrícola, mas ainda há um déficit**. 2024. Disponível em: <https://abracal.com.br/site/2024/06/26/brasil-avanca-o-consumo-de-calcario-agricola-mas-ainda-ha-um-deficit/>. Acesso em: 17 set. 2025

ALBUQUERQUE, J. A. *et al.* Avaliação de sistemas de preparo e calagem em um Latossolo bruno aluminoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 6, p. 963–975, 2005.

ALCARDES, C. *et al.* Corretivos da acidez do solo: composição, reatividade e eficiência agronômica. **Boletim Técnico do Centro de Solos**, Piracicaba, 2022.

ALLEONI, L. R. F.; MELLO, S. L. M.; ARATA, A. Toxicidade de alumínio em solos tropicais: mecanismos e implicações agronômicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 42, e017015, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20170159>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbc2/a/7tzzL6Mq9ht8Y8um1pAvxMp/> Acesso em: 17 set. 2025

BOSSOLANI, J. W.; MORETTI, L. G.; FERRARI, A. C.; MARQUES, A. C. R.; CARVALHO, T. S.; OLIVEIRA, L. J.; CANTARELLA, H.; REIS, A. R. Improving soil fertility with lime and phosphogypsum enhances soybean yield and physiological characteristics. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 26, p. 1–19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00765-9>.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMARGO, M. S. Calagem superficial em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 139–152, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbc2/a/8P7LDQnDlb8Btsdlf9aX9yD/>. Acesso em: 07 set. 2025

CAMÂRA, G. M. S. **Manejo e correção da acidez em solos agrícolas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2020.

CHERUBIN, M. R. *et al.* Soil health and crop yield responses to liming in tropical soils. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 281, p. 121–130, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.03.006>

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira 2024/2025**. Brasília, DF: Conab, 2024.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Safra 2021/2022**. Brasília, DF: Conab, 2022.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Plantio Direto: manejo do solo e fertilidade**. Brasília: Embrapa, 2020.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos do Cerrado: características e manejo**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2023.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Calagem e Gessagem na Agricultura Brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 15 set. 2025.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manejo e Fertilidade do Solo em Sistemas de Plantio Direto**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>. Acesso em: 15 set. 2025.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F.; BAYER, C. Modificações químicas do solo induzidas pela calagem e seus efeitos no rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 107–120, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000100012> Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/QdGdVDc84UNK0pYVbaaoChC/>. Acesso em: 15 set. 2025.

FAGERIA, N. K. **Nutrient use efficiency in acid soils of the tropics**. New York: Springer, 2016.

FERNANDES, D. M.; SOUZA, D. M. G. **Química e fertilidade do solo: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2021.

FERREIRA, M. M. et al. **Calagem e gessagem em Latossolos sob sistema plantio direto no Sul do Brasil**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 45, e0200155, 2021.

HANASHIRO, R. J. **Calagem e fertilidade do solo para altas produtividades**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2022.

Lopes, A. S.; Guilherme, L. R. G. Manejo da fertilidade do solo em sistemas agrícolas sustentáveis. **Informações Agronômicas**, n. 155, p. 1–16, 2016. Disponível em: <https://www.ipni.net>. Acesso em: 15 set. 2025.

MEURER, E. J. **Fatores que influenciam a disponibilidade de nutrientes**. In: NOVAIS, R. F. et al. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: SBCS, 2017.

QUAGGIO, J. A. et al. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 2016. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. Piracicaba: IPNI Brasil, 2011.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Calagem e adubação para culturas anuais no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados>. Acesso em 23 set. 2025.

VERDE.AG. **Aplicação de calcário: conheça as vantagens e os riscos desta técnica agrícola**. Verde.ag, 2022. Disponível em: <https://blog.verde.ag/pt/solo/aplicacao-de-calcario-conheca-as-vantagens-e-os-riscos-desta-tecnica-agricola/>. Acesso em: 16 set. 2025.

YARA BRASIL. **Calcário no solo: conheça os 6 benefícios**. São Paulo: Yara Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/solo-calcario/>. Acesso em: 20 out. 2025.

ZANDONÁ, R. R. et al. Efeito da calagem na correção da acidez e no desenvolvimento radicular da soja. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 1, p. 77-85, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140522>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/XChP6VBkRIJwQFq1po0CFGJ/>. Acesso em: 02 out. 2025.