

Correção do solo

Calcário e gesso: os corretivos essenciais ao Plantio Direto

Godofredo César Vitti e Júlio César Priori*



RODRIGO ESTEVAM MUNHOZ DE ALMEIDA

Aplicação de calcário em área de cana – de – açúcar, Ribeirão Preto, SP, 2010

Uma característica notável do solo é a reação química decorrente da sensibilidade dos microrganismos e vegetais superiores ao ambiente. Por isso, há muito tempo vem se dedicando grande atenção a essas reações químicas (e aos fatores a elas associados), que são três: acidez, neutralidade e alcalinidade. A acidez é comum em todas as regiões em que a precipitação pluvial seja suficientemente alta para lixiviar quantidades apreciáveis de bases permutáveis do solo. Entretanto, pode-se considerar que a precipitação e o material de origem determinam, até certo ponto, a reação do solo; isto é, o material de origem pode chegar a equilibrar a situação, pois, pela decomposição de minerais primários e secundários, as bases são, em parte, repostas. Contudo, solos altamente intemperizados (tropicais) não dispõem mais desses minerais, fontes de bases.

Além da ocorrência natural da acidez do solo, o próprio cultivo tende a acentuar o problema, principalmente devido à absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons de hidrogênio. Também a atividade biológica, com a produção de ácidos, e a aplicação no solo de fertilizantes acidificantes,

nitrato e sulfato de amônio resultam na acidificação do solo, devido à acumulação de HNO_3 e/ou H_2SO_4 , apresentando, para aqueles fertilizantes, índices de acidez, respectivamente, de 62 a 110. Assim, acidificação do solo é um processo natural e inevitável, que exige correções periódicas pela aplicação de materiais corretivos, para que a produção agrícola se mantenha em níveis adequados (Vitti; Luz, 2001).

ALTERAÇÕES NO SPD

Devido à evolução do sistema de semeadura direta, surgiram questionamentos sobre o manejo de fertilidade do solo, tendo em vista a diferente dinâmica dos processos de transformação e de acúmulo da matéria orgânica, bem como da ciclagem de nutrientes. Inicialmente, o entendimento desses processos era incipiente e as recomendações sobre o manejo de corretivos e fertilizantes eram realizadas com base nos critérios adotados para o preparo convencional, que são, na maioria das vezes, insatisfatórios (Sá, 1999).

A principal consequência da adoção do SPD é o aumento do teor de matéria orgânica do solo, devido ao ambiente menos oxidativo e ao menor contato de resíduos vegetais com o solo. Esse sistema irá proporcionar os seguintes benefícios:

- redução nas perdas por erosão e lixiviação;
- redução na fixação de fósforo (H_2PO_4^-), devido ao menor contato do fertilizante mineral com a argila caulinita e com óxidos de ferro e alumínio, os quais, em pH ácido, apresentam cargas positiva ou nula;
- aumento na capacidade de troca catiônica;
- diminuição das perdas de NO_3^- por lixiviação, por reduzir a nitrificação do amônio (processo oxidativo);
- ciclagem de nutrientes da palhada;
- natureza anfótera dos resíduos vegetais, que leva ao aumento do pH em solos ácidos e à sua diminuição em solos alcalinos. Como resultado da ação desses resíduos em solos áci-

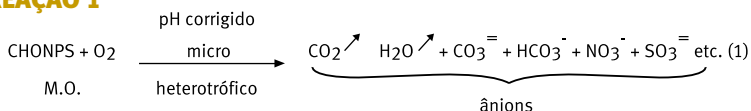
dos, ocorre menor concentração das espécies de alumínio considerados tóxicos e maior concentração de Al complexado com ligantes orgânicos e, conseqüentemente, menor toxidez às plantas (Miyazawa et al., 2000).

APLICAÇÃO DE CALCÁRIO

A metodologia de aplicação de calcário envolve dois aspectos principais: modo de aplicação e dose (quantidade), em função dos aspectos considerados. Sua aplicação superficial, sem incorporação ao solo, é prática consolidada, justificada

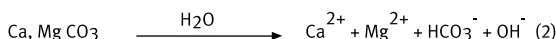
principalmente pela manutenção das características físicas, em especial pela agregação e pela complexidade positiva do sistema, em termos físicos, químicos, físico-químicos e biológicos, obtidos ao longo do tempo (Anghinoni, 2007). A aplicação superficial de calcário sobre a matéria orgânica é muito mais eficiente do que a aplicação em sistemas com baixos teores de M.O., pois o calcário, pela elevação do pH, promove maior mineralização da matéria orgânica, com conseqüente formação de ânions, conforme esquema simplificado apresentado a seguir:

REAÇÃO 1



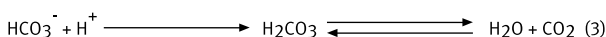
Por outro lado, o calcário irá sofrer solubilização, conforme a seguinte reação:

REAÇÃO 2

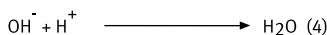


Os ânions HCO_3^- e OH^- serão consumidos para neutralizar a acidez do solo em superfície, conforme as seguintes reações:

REAÇÃO 3



REAÇÃO 4

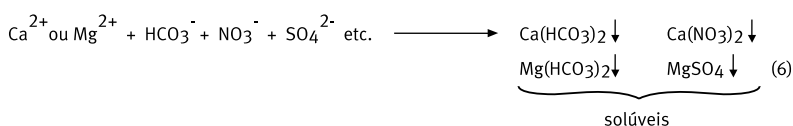


REAÇÃO 5



Verifica-se por meio das reações 3, 4 e 5 que o Ca^{2+} e o Mg^{2+} irão sofrer baixa mobilidade no solo, pois irão ocupar as cargas negativas anteriormente ocupadas pela acidez (H e Al), bem como por “perder” os

ânions acompanhantes. Entretanto, os ânions liberados pela matéria orgânica, como indica a reação 1, promoverão movimentação (“arraste”) do Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil do solo, pela seguinte reação:



Os critérios para calagem são diferentes, de acordo com a fase do sistema de plantio. Na implantação do sistema, é importante fazer a correção do solo na camada amostrada, procurando elevar o V% para a faixa de 60 a 70%, para a maioria das culturas. Na fase consolidada, que pode levar de 4 a 5 anos, se o solo apresentar maiores teores de matéria orgânica, a qual complexa íons metálicos, como Al³⁺, Mn²⁺, Fe²⁺, Cu²⁺ e Zn²⁺, a calagem pode ser reduzida, com recomendações divergentes nas diferentes regiões do Brasil. Nos estados de São Paulo e Paraná, são sugeridas as recomendações conforme a Tabela 1.

Quando a saturação por bases for igual ou superior a 50%, a aplicação de calcário em superfície é dispensada, principalmente pela indução de deficiência de micronutrientes metálicos (Zn, Mn e Cu). Para o estado de Minas Gerais, Lopes, (1999) sugerem que a dose de calcário pode ser reduzida em um terço quando a camada amostrada for de 0 – 20 cm, e à metade quando a camada amostrada for de 0 – 10 cm, após a instalação do plantio direto. Nos casos citados, o calcário utilizado deve possuir granulometria fina com menores doses anuais ou bienais, em vez das doses usuais, a cada quatro ou cinco anos, como ocorre no sistema de cultivo convencional.

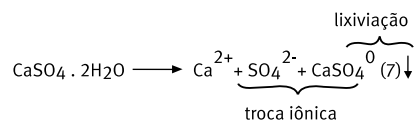
Para a região do cerrado, desde que a relação Ca:Mg trocáveis no solo (cmol_cdm³) esteja entre 1:1 e 10:1, com teor mínimo de 0,5 cmol_cdm³ de Mg, saturação por bases em torno de 50% e pH em água próximo

a 6,0, determinados em amostras da camada de 0 – 20 cm, o rendimento das culturas não é afetado (Sousa; Lobato, 2004). Para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS RS/SC, 2004) apresenta as recomendações de calagem com maior detalhamento de fatores, reunindo quatro critérios: pH em água < 5,5, saturação por bases < 65%, saturação por Al > 10% e teor de P (Mehlich-I) < “Muito Alto”.

No caso de plantio direto consolidado, a aplicação do calcário é realizada na superfície, sendo a camada amostrada de 0 – 10 cm. De início, são utilizados dois critérios principais em conjunto: pH em água < 5,5 e saturação por bases < 65% e, para as forrageiras nativas, além desses fatores, são utilizados os teores de Ca e Mg trocáveis: 2,0 e 0,5 cmol_cdm³, respectivamente. Se um dos critérios não for atendido (pH em água < 5,5 ou saturação por bases < 65%), deve-se utilizar os critérios complementares que só recomenda calcário se a saturação para Al for maior do que 10% e o teor de P (Mehlich-I) for menor do que “Muito Alto”. Deve-se aplicar a metade da dose apontada pelo método SMP (0,5 SMP para pH 5,5, uma vez que a camada a ser amostrada e corrigida é de 0 – 10 cm). A dose máxima de calcário a ser aplicada é de 5 t.ha⁻¹ (PRNT 100%), lembrando a importância de seguir esses critérios em regiões sem limitações de água e de nutrientes (com ênfase para o P) e com ausência de compactação na camada superficial do solo.

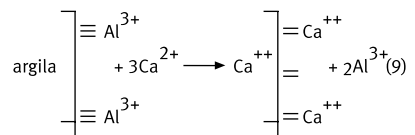
USO DO GESSO

O gesso agrícola apresenta maior mobilidade no perfil do solo, em relação ao calcário, por apresentar maior solubilidade, cerca de 150 vezes a do carbonato de cálcio (PRNT = 100%), bem como por apresentar ânion de base forte, isto é, o SO₄²⁻ ligado ao cálcio. A reação simplificada de dissolução do gesso agrícola no solo pode ser compreendida pelo seguinte esquema:

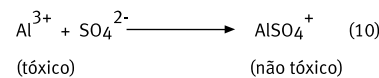


Cerca de 50% do gesso agrícola dissocia-se nas formas dos íons Ca⁺⁺ e SO₄⁻, que participarão da troca iônica, funcionando como fonte respectivamente de cálcio e de enxofre, enquanto a outra parte, o CaSO₄⁰, é móvel no perfil do solo, contribuindo para o movimento de pares iônicos (CaSO₄⁰, MgSO₄⁰, KSO₄⁻) em direção ao subsolo (Pavan, 1983). De modo simplificado, as reações do gesso agrícola que ocorrem no subsolo, melhorando o ambiente radicular, são:

1. dissociação do CaSO₄⁰ lixiviado em profundidade;
 $CaSO_4 \cdot 2H_2O \longrightarrow Ca^{++} + SO_4^{--} \quad (8)$
2. troca iônica entre o Ca⁺⁺ do gesso e o Al⁺⁺⁺ adsorvido à fração argila;



3. complexação do Al³⁺ pelo SO₄²⁻.



Analisando as equações descritas acima, conclui-se que o gesso agrícola melhora o ambiente radicular, pois promove o aumento do teor de cálcio em profundidade, diminui a saturação por

TABELA 1 | RECOMENDAÇÕES DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DE SP E PR

Solos	Doses(*)	Dose máxima t.ha ⁻¹
Argilosos	1/3 a 1/2	2,5
Argilo-arenoso e arenoso	1/2	2,0

(*) Da dose calculada pelo critério de saturação por bases (V%) na profundidade de amostragem de 0 – 20 cm

Fonte: Sá, 1999

alumínio (m%) e diminui a absorção de Al pelas raízes, devido à formação do par iônico $AlSO_4^+$. Considerando a aplicação de $1,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de gesso com 17% de umidade, têm-se as consequências apresentadas na Tabela 2.

GESO AGRÍCOLA

Em SPD, o gesso agrícola pode ser empregado como fonte de enxofre e de cálcio e como condicionador de subsuperfície. A deficiência de S ocorre de modo generalizado nos solos agricultáveis do Brasil, devido ao baixo teor de S no perfil de solos tropicais e ao aumento do uso de fertilizantes concentrados isentos de S, além de outros motivos, como alta relação C/N da M.O., o aumento da lixiviação do sulfato por práticas corretivas como a calagem e a fosfatagem, e o aumento da produtividade, tendo como consequência maior extração de S. Dessa forma, o fornecimento desse nutriente é fundamental para o aumento da produtividade e a qualidade das

culturas, pois o N e o S andam juntos na nutrição vegetal.

As recomendações de gesso como fonte de S podem ser na faixa de 500 a 1000 kg/ha, que correspondem ao fornecimento de 75 a 150 kg de S/ha, doses que permitem melhor qualidade de aplicação do produto, bem como efeito residual para cerca de 2 a 4 safras, em função da cultura considerada. Para diagnóstico da recomendação de S para as plantas, devem ser utilizados os teores do componente no solo, sendo 15 mg.dm^{-3} o nível crítico, correspondente a uma reserva de 30 kg/ha de S em amostras de solo de 0 – 20 cm para áreas em expansão, e de 20 – 40 cm para solos já cultivados.

O gesso agrícola irá promover aumentos nos teores de Ca e diminuição da saturação por alumínio em subsuperfície, promovendo maior desenvolvimento do sistema radicular, com consequente melhora na absorção de água e de nutrientes. A necessidade de aplicação de gesso é determinada

pela análise de solo de amostragem nas profundidades de 20 a 40 cm e 40 a 60 cm para as culturas anuais, e de 60 a 80 cm para culturas perenes, sendo necessário, em função do método de recomendação, também a determinação do teor de argila. Haverá grande possibilidade de resposta ao gesso quando essas análises revelarem as seguintes características: $Ca < 0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e/ou $Al > 0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e/ou saturação por alumínio $> 20\%$ e/ou (Sousa et al, 1992) $V\% < 35$ (Vitti et al., 2008).

Os principais critérios de recomendação de aplicação de gesso com a finalidade de melhoria de subsuperfície são os baseados na textura do solo (% de argila) (Sousa; Lobato, 2004) ou na saturação por bases (V%) e CTC das camadas subsuperficiais (Demattê, 1986; Vitti et al., 2008) em função do teor de argila das amostras de terra, das camadas subsuperficiais do solo, segundo a Tabela 3 ou as seguintes equações:

a. culturas anuais

$$NG = 50 \times \text{argila}(\%) \text{ ou } NG = 5,0 \times \text{argila} (\text{g.kg}^{-1}) \quad (12)$$

b. culturas perenes

$$NG = 75 \times \text{argila}(\%) \text{ ou } NG = 7,5 \times \text{argila} (\text{g.kg}^{-1}) \quad (13)$$

Sendo:

NG = necessidade de gesso (kg.ha^{-1})

em função da saturação por bases (V%) e da CTC. Na Tabela 4 são apresentados os dados de recomendação de doses de gesso, considerando que a utilização de $1,0 \text{ t.ha}^{-1}$ eleva o teor de bases (Ca) do solo em $5,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, conforme a seguinte equação (Vitti et al., 2008):

$$NG = \frac{(V_2 - V_1) T}{500} \quad (14)$$

Sendo: NG = necessidade de gesso (t.ha^{-1}); V_2 = saturação por bases esperada (50%); V_1 = saturação por bases atual do solo na camada de 20 a 40 cm ou 25 a 50 cm (%); T = capacidade de troca catiônica na camada de 20 a 40 cm ou 25 a 50 cm ($\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

TABELA 2 | ALTERAÇÕES NO SOLO PELA APLICAÇÃO DE $1,0 \text{ t.ha}^{-1}$ DE GESO COM 17% DE UMIDADE

CARACTERÍSTICA	VALOR
Ca ⁺⁺ do solo	$0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ou $5,0 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$
Ca fornecido	200 kg.ha^{-1}
CaO fornecido	260 kg.ha^{-1}
S fornecido	150 kg.ha^{-1}

Fonte: Vitti et al., 2008

TABELA 3 | RECOMENDAÇÃO DE GESO AGRÍCOLA, EM FUNÇÃO DA CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DO SOLO, PARA CULTURAS ANUAIS E PERENES

TEXTURA DO SOLO	DOSE DE GESO AGRÍCOLA	
	CULTURAS ANUAIS	CULTURAS PERENES
Arenosa (< 15% argila)	700	1.050
Média (16% a 35% argila)	1.200	1.800
Argilosa (36% a 60% argila)	2.200	3.300
Muito argilosa (> 60% argila)	3.200	4.800

Fonte: Sousa; Lobato; Rein, 2005

TABELA 4 | QUANTIDADE APROXIMADA DE GESSO A SER APLICADA, DE ACORDO COM A CAPACIDADE DE TROCA CATIÔNICA (T) E A SATURAÇÃO POR BASES (V) DO SUBSOLO

T (mmol _c .dm ⁻³)	V(%)	DOSE DE GESSO (t.ha ⁻¹)
< 30	< 10	2,0
	10 20	1,5
	20 35	1,0
30 – 60	< 10	3,0
	10 20	2,0
	20 35	1,5
60 – 100	< 10	3,5
	10 20	3,0
	20 35	2,5

Fonte: Demattê, 1986 (apud Demattê, 2005)

Observa-se que, se o valor de T for expresso em cmol_c.dm⁻³, é necessário dividir o valor da equação por 50. A aplicação de gesso deve ser feita em área total, após a aplicação do calcário, não havendo, obrigatoriamente, a necessidade de sua incorporação. Esse material apresenta efeito residual e, portanto, sua reaplicação deve ser feita em função de novas análises de amostras de solo. Quando for recomendado gesso para condicionamento de solo, esse mesmo produto já fornece S suficiente para o desenvolvimento da cultura. A prática da adubação mineral eficiente, racional e econômica inicia-se com a amostragem e a análise de solo, passa pela adoção do Sistema Plantio Direto (SPD) e a integração lavoura-pecuária, é mantida com práticas corretivas, principalmente calagem e gessagem e termina com a utilização de fertilizante mineral. ☺

* **Godofredo Cesar Vitti** é professor titular do Departamento de Ciência do Solo da USP/ESALQ (gcvitti@esalq.usp.br); **Júlio César Priori** é graduando do curso de Engenharia Agrônoma da USP/ESALQ e integrante do Grupo de Apoio à Pesquisa e Extensão (GAPE), USP/ESALQ (juliopriori@hotmail.com).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGHINONI, I. Fertilidade do Solo e seu Manejo em Sistema de Plantio Direto: Acidez e Calagem. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. *Fertilidade do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 886-894.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. *Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004.
- DEMATTÊ, J. L. I. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: SEMANA AGROINDUSTRIAL, 5, SEMANA “LUIZ DE QUEIROZ”, 29, 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: USP/ESALQ, 1986. (Mimeografado.)
- DEMATTÊ, J. L. I. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: SEMANA AGROINDUSTRIAL, 5, SEMANA “LUIZ DE QUEIROZ”, 29, 1986, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: USP/ESALQ, 1986. (Mimeografado). apud DEMATTÊ, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. *Informações Agrônomicas*. Piracicaba, n. III, set. 2005. (Encarte técnico.)
- LOPES, A. S. Recomendações de calagem e adubação no Sistema Plantio Direto. In RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V., V. H. (Eds.). *Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 93-98.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; FRANCHINI, J. C. Neutralização da acidez do perfil de solo por resíduos vegetais. *Informações agrônomicas*. Piracicaba, n. 92, p. 1-8, dez. 2000.
- PAVAN, M. A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de íons no solo. In: IAPAR. *Curso de atualização em fertilidade do solo*. Londrina, 1983. p. 47-63.
- SÁ, J. C. Manejo da fertilidade do solo no Sistema Plantio Direto. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. (Eds.). *Inter-relações fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999. p. 267-319.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. *Anais...* São Paulo: IBRAFOS, 1992. p. 139-158.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIN, T. A. Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado. 2. ed. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2005. Disponível em: <http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2005/cirtec/cirtec_32.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2008.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E., (Eds.). *Cerrado: correção do solo e adubação*. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.
- VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C. *Utilização agrônoma de corretivos agrícolas*. Piracicaba: FEALQ/GAPE, 2001.
- VITTI, G. C.; LUZ, P. H. de C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A. S.; SERRANO, C. G. de E. *Uso do gesso em sistemas de produção agrícola*. Piracicaba: GAPE, 2008.