

# Fertilidade de Solos

[Gilson Villaça Exel Pitta](#)  
[Antonio Marcos Coelho](#)  
[Vera Maria Carvalho Alves](#)  
[Gonçalo Evangelista de França](#)  
[Jurandir Vieira de Magalhães](#)

## Cultivo do Milho

[Economia da Produção](#)

[Zoneamento Agrícola](#)

[Clima e Solo](#)

[Ecofisiologia](#)

[Manejo de Solos](#)

[Fertilidade de Solos](#)

[Cultivares](#)

[Plantio](#)

[Irrigação](#)

[Plantas daninhas](#)

[Doenças](#)

[Pragas](#)

[Colheita e pós-colheita](#)

[Mercado e comercialização](#)

[Coeficientes técnicos](#)

[Referências bibliográficas](#)

[Glossário](#)

[Revisores](#)

## Calagem e gessagem

### Calagem

O desenvolvimento ou adaptação de cultivares mais tolerantes à acidez do solo, via melhoramento genético, não elimina o uso do calcário na agricultura, pelos seus efeitos e sua importância nos diferentes níveis tecnológicos dos diversos sistemas de produção usados no Brasil. A recomendação de calagem não é um procedimento simples, por pressupor o conhecimento de um número razoável de informações adicionais, como: características da propriedade agrícola (caracterização da área, da cultura, tipo de solo, histórico da área, expectativa de rendimento etc...), conhecimento tecnológico (tem sua origem na pesquisa naquela região ou estado) e, por último, informações oriundas das condições do mercado, principalmente àquelas relacionadas a preços de insumos e também disponibilidade de crédito, e que são independentes das duas anteriores.

Os solos brasileiros, na sua maioria, são ácidos, destacando-se aqueles sob vegetação de cerrado. Tais solos são caracterizados por baixas concentrações de cálcio e de magnésio, elementos diretamente envolvidos no desenvolvimento das raízes, e por valores elevados de alumínio trocável e baixa disponibilidade de fósforo do solo.

As respostas das culturas à calagem dependem de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de tal forma que essa interação direcione a máxima eficiência da prática.

A acidez do solo é representada basicamente por dois componentes: a fase sólida, que é representada pelas argilas, a matéria orgânica e os óxidos de ferro e alumínio, está em equilíbrio com a fase líquida, a solução do solo. Os íons  $H^+$  dissociados na fase líquida são denominados acidez ativa, que é estimada pelo pH. Os demais íons  $H^+$  e  $Al^{+3}$ , ligados à fase sólida, são denominados acidez potencial. Apenas parte dos íons alumínio são deslocados por outros cátions, sendo, por isso, denominados de Al trocável ou acidez trocável.

Os métodos que quantificam a necessidade de calcário visam a eliminação não somente da acidez ativa, mas também da acidez potencial do solo.

A estimativa da necessidade de calagem (NC) é feita através da análise química do solo e vários métodos vêm sendo utilizados. Os métodos atualmente em uso visam não somente a redução da acidez do solo, mas o melhor retorno econômico para a maioria das espécies cultivadas.

A escolha do calcário, o valor neutralizante, o grau de finura e sua reatividade são fatores relevantes na aquisição do material corretivo. Em situações que requeiram correção do magnésio, o calcário magnésiano ou o dolomítico são os recomendados. Não sendo suficientes, outras fontes de magnésio devem ser utilizadas. O poder neutralizante é determinado pela comparação com o poder de neutralização do carbonato de cálcio puro ( $CaCO_3$ ), que é de 100%. Por essa razão, é denominado de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) ou equivalente de carbonato de cálcio.

A calagem tem efeitos diretos e indiretos sobre as plantas. Os primeiros, geralmente dependem do tempo e da umidade disponível no solo e estão associados com algumas

características físicas (ex: relação entre o tamanho da partícula e a sua superfície) e químicas do corretivo(ex: valor do Poder Neutralizante - PN-). Em conjunto, determinam mudanças em algumas características do solo, quais sejam: a redução da saturação por alumínio, elevação nas concentrações do cálcio e do magnésio, elevação do pH e aumento na disponibilidade do fósforo. A atividade biológica também é favorecida pela ação do calcário.

Os efeitos indiretos podem manifestar-se através de algumas características fenológicas das plantas, como a distribuição do sistema radicular em profundidade e sua relação com a maior resistência aos déficits hídricos (veranicos). Em ambos os casos, os efeitos do calcário estão diretamente ligados a aumentos da produção e da qualidade da biomassa, tanto grãos como matéria seca na produção de silagem.

### Métodos para estimar a necessidade da calagem

Os métodos para recomendação da necessidade de calcário (**NC**) adquiriram, em alguns casos, caráter regional quanto ao seu uso e preferência pelos técnicos. Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, os métodos mais comumente utilizados, segundo Goerdert et al.(1987) e CFSMG,(1999) são : a) método baseado na eliminação do alumínio trocável e na elevação dos teores do cálcio e do magnésio e b) método da saturação por bases:

a) Eliminação do alumínio trocável e elevação dos teores de cálcio e magnésio. Esse método consiste na extração do alumínio, do cálcio e do magnésio trocáveis com uma solução 1M de KCL.

A fórmula utilizada para estimar a necessidade de calagem (**NC**), segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, capítulo 8, adotada a partir de 1999, é:

$$NC = CA + CD$$

O Termo **NC** é a necessidade de calagem, **CA**, a correção da acidez em função do valor da saturação por alumínio (valor m%) de cada cultura, que, no caso do milho, é de 15%, e da capacidade tampão do solo, valor Y. O componente **CD** na equação é a correção da deficiência nos teores de cálcio e do magnésio. Pelo exposto, a expressão parcial da CA é

$$CA = Y [Al^{+3} - (mt \times CTC \text{ efetiva} / 100) ]$$

Os valores de Y são uma função do poder tampão do solo e da textura, portanto, para solos arenosos(0 a 15% argila), Y= 0 a 1; solos com textura média (15 a 35% argila), Y=1 a 2; solos argilosos (35 a 60% argila), Y=2 a 3 e solos muito argilosos (mais de 60% argila), Y=3 a 4.

$Al^{+3}$ : a acidez trocável, expressa em  $Cmol_c/dm^3$ ; mt: máxima saturação por Al, em % e CTC efetiva: valor t, em  $Cmol_c /dm^3$ . Se, nessa expressão, valores negativos tiverem sido obtidos, considera-se  $CA=0$ , para efeito de cálculos, ficando a NC somente com o segundo termo da fórmula geral, ou seja o termo CD, que é a correção da deficiência de Ca e do Mg.

Para a correção da deficiência de Ca e de Mg, o termo CD, é dado pela expressão:

$$CD = X - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$$

Os valores Ca e Mg são expressos em  $Cmol_c/dm^3$  e o valor X é baseado na necessidade destes cátions pela cultura; no caso do milho, X=2

A expressão geral da necessidade de calagem, considerando os dois termos dimensionados, é:

$$= Y [Al^{+3} - (mt \times CTC \text{ efetiva} / 100) ] + [ X - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) ]$$

Nos Estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, a **NC** tem sido estimada pelo uso das expressões:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^3 \times 2, \text{ baseado na eliminação do Al trocável e,}$$

$NC \text{ (t/ha)} = Al^3 \times 2 + 2 - (Ca^2 + Mg^2)$ , baseado na eliminação e na elevação dos teores de cálcio e do magnésio

b) Saturação de bases. Esse método teve origem no Estado de São Paulo, em trabalhos de Catani e Gallo, (1955), seguidos por Raij et al.(1979) e, por último, a versão em uso, proposta por Quaggio et al. (1983). É baseado na correlação do pH do solo com a saturação por bases e requer, em rotina laboratorial, a determinação de Ca, Mg, K, em alguns casos também o Na, além da determinação de H+Al (acidez potencial), extraídos com acetato de cálcio 0,5M, ajustado ao pH 7.

A fórmula para o cálculo da Necessidade de Calagem, em toneladas/hectare é representada pela expressão:

$$NC = (V2 - V1) CTC / 100$$

A CTC representa a soma das bases Ca, Mg, K e Na com os valores da acidez potencial (H + Al), expressos em  $Cmol_c/dm^3$ . O valor V2 é a saturação de bases que se deseja elevar e V1, a saturação original do solo, através da análise química. No caso do milho, recomenda-se valores de V2 entre 50% e 60%.

Independente do método a ser usado, recomenda-se, quando for conveniente, a correção da quantidade de calcário a um valor de 100%, através da expressão:

$$NC_c = 100 / PRNT$$

### Escolha do calcário

A indústria de calcário coloca no mercado produtos com ampla variação na granulometria, nos teores de cálcio e magnésio e no PRNT. Cabe ao técnico, com base na análise de solo, na exigência da cultura e no preço do calcário, analisar as várias alternativas oferecidas e decidir qual a solução mais técnica e econômica. A decisão final, entre outras informações, o preço por tonelada efetiva, é uma variável de grande interesse e para tal a seguinte relação deve ser usada:

$$\text{Preço por tonelada efetiva} = \frac{\text{Preço por tonelada na propriedade}}{\text{PRNT (\%)}}$$

No Brasil, há preferência pelo uso de calcários dolomíticos e magnesianos sobre os calcíticos, visando a manutenção de uma relação Ca: Mg de 3:1 a 5:1. Para a cultura do sorgo, resultados experimentais mostraram que essa relação pode ser mais ampla (Ca : Mg = 10:1), sem prejuízo da produção, desde que o teor de magnésio no solo esteja acima de  $0,5 \text{ cmol}_c/dm^3$  de solo. Entretanto, devido à maior exigência da soja ao magnésio, em área utilizadas com a rotação soja - milho, o teor de magnésio no solo, nessa situação, deve ser de, no mínimo,  $1 \text{ cmol}_c/dm^3$ .

### Caraterísticas da qualidade dos materiais corretivos

As principais características relacionadas com a qualidade dos corretivos são: teor de neutralizantes (poder de neutralização-PN), tamanho das partículas, forma química dos neutralizantes e natureza geológica.

O teor de neutralizantes (PN) é determinado diretamente com ácido clorídrico e expresso em %. A conversão dos óxidos de Ca e de Mg em " $CaCO_3$

equivalente" é denominado Valor Neutralizante - **VN**. Por essa razão, o  $\text{CaCO}_3$  possui um valor VN igual a 100%. O VN do  $\text{MgCO}_3$  é 119, para o CaO, esse valor é de 179 e o VN do MgO, 248. Esses números mostram que os óxidos de Ca e de Mg neutralizam a acidez do solo na ordem de 1,79 e de 2,48 vezes mais, quando comparados com o poder neutralizante dos carbonatos. Dessa forma, pode-se, através da análise química dos corretivos, calcular o E  $\text{CaCO}_3$ , por exemplo:

Material A = 25% CaO e 15% MgO -  $(25 \times 1,79 + 15 \times 2,48) = 82\%$

Material B = 60% CaO e 12% MgO -  $(60 \times 1,19 + 12 \times 2,28) = 137,2\%$

Como ilustração, um material que possua um PN de 110 % significa que 100 kg desse material tem a mesma capacidade neutralizante de 110 kg de  $\text{CaCO}_3$ . Há casos em que o VN superestima a capacidade de neutralização do corretivo (PN), isso se deve a algumas frações insolúveis de Ca e de Mg que não participam da neutralização da acidez do solo.

A legislação brasileira não exige teores mínimos de E  $\text{CaCO}_3$ , porém, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento recomenda que a soma dos óxidos de Ca e de Mg não deve ser menor que 38% e o PRNT não inferior a 67%.

Há resultados experimentais que apontam valores de E  $\text{CaCO}_3$  menores que 80% indicativos de má qualidade do corretivo.

A granulometria, segundo a legislação brasileira (ABNT), deve seguir as seguintes características: 95% do material deve passar na peneira 10 (2mm), 70% deve passar na peneira 20 (0,84mm) e 50% passar na peneira 50 (0,30mm). Através das frações granulométricas, pode-se estimar a reatividade do material corretivo, em função das peneiras usadas:

Fração granulométrica	Peneira ABNT	Reatividade (%)
> 2,00 mm	Retida no. 10	0
0,84 - 2,00 mm	Passa no.10, retida no 20	20
0,30 - 0,84 mm	Passa no.20, retida no 50	60
£ 0,84 mm	Passa no.50	100

Fonte: Adaptada de CFSEMG-5<sup>a</sup> Aproximação, 1999

A combinação do PN com a reatividade (RE) permite estimar o Poder Relativo de Neutralização total (**PRNT**), através da seguinte fórmula:

$$\text{PRNT} = \text{PN} \times \text{RE} / 100$$

Quanto à forma química dos corretivos, ressalta-se que os óxidos de Ca e de Mg têm reação instantânea com a água, formando hidróxidos:



Esses hidróxidos apresentam reatividade muito mais alta que os carbonatos, porém apresentam algumas desvantagens: a) devem ser imediatamente incorporados, pois, devido à umidade e na presença de  $\text{CO}_2$  tornam-se enpedrados e carbonatados, b) são muito cáusticos, c) devido à sua elevada finura, perdem-se facilmente com o vento durante a aplicação; e d) são de custo bem elevado.

Não foram observadas diferenças no aumento do pH do solo quando se compararam os calcários dolomíticos com os calcíticos.

Existem dois critérios para a classificação dos calcários:

- a. **pelos teores de MgO**  
calcíticos (< 5 dag/kg de MgO)

magnesianos (entre 5 e 12 dag/kg de MgO)  
dolomíticos (> 12 dag/kg de MgO )

ae. **pelos valores de PRNT**

Grupo A (PRNT entre 45 e 60%)  
Grupo B (PRNT entre 60,1 e 75%)  
Grupo C (PRNT entre 75,1 e 90%)  
Grupo D (PRNT maior que 90%).

Do exposto, observa-se que a decisão baseada nos teores de MgO será em função da análise química do solo e dos valores de Ca e Mg, porquanto aquelas baseadas nos valores de PRNT, aspectos econômicos são importantes como também preferir materiais pertencentes ao Grupo D ou próximos a ele.

### **Aplicação do calcário**

Os materiais corretivos comumente usados na agricultura são rochas moídas, misturas de calcita e dolomita, as quais possuem, em suas composições, carbonatos de cálcio e de magnésio, que são pouco solúveis. As rochas calcárias calcinadas que contêm óxidos de cálcio e magnésio (cal virgem) ou os materiais hidratados oriundos dos óxidos, os hidróxidos de Ca e de Mg (cal hidratada), apesar de serem mais solúveis que os carbonatos, têm sido menos usados na agricultura.

Recomenda-se que a aplicação do calcário seja a mais uniforme possível, em toda a extensão do terreno, de modo que haja a mais íntima mistura com as partículas do solo, aumentando a superfície de contato.

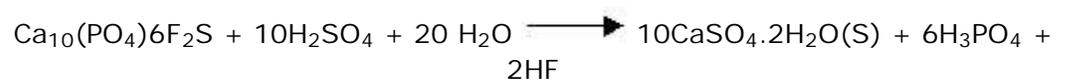
A incorporação do calcário deverá ser a mais profunda possível, de preferência a profundidades maiores que 20 cm. Essa observação ainda é mais relevante quando se recomendam quantidades superiores a 4 toneladas/ha. Nessa situação, sugere-se o parcelamento em duas vezes, ou seja, metade antes da aração e a outra metade após essa operação, seguindo-se esta última, de uma gradagem.

Em solos sob plantio direto consolidado, é possível aplicar o calcário na superfície, sem a necessidade de revolvimento para incorporação (aração e gradagem). Nessa situação, as quantidades são menores e as recomendações são baseadas na textura do solo: a) *Solos argilosos*: 1/3 a 1/2 da necessidade de calcário (NC), pelo método de saturação de bases, para a camada de 0 a 20 cm. Se maior que 2,5 t/ha, adotar o valor limite; b) *Solos de textura média e arenosos*: 1/2 da necessidade de calcário (NC), pelo método de saturação de bases para a camada de 0 a 20 cm. Se maior que 1,5 a 2 t/ha, adotar o valor limite.

A necessidade de uma nova aplicação de calcário deve ser monitorada pela saturação por bases do solo. Com valores iguais ou superiores a 50%, não efetuar a calagem. (Lopes, A.S., comunicação pessoal).

### **Gessagem**

O gesso agrícola é também denominado fosfogesso. As indústrias de fertilizantes, durante o processo de fabricação de superfosfatos, simples e triplo, e fosfatos de amônio, MAP e DAP, usam como matéria-prima a rocha fosfática, geralmente a fluorapatita. Esta, ao ser atacada com ácido sulfúrico, na presença de água, forma como subprodutos sulfato de cálcio, ácido fosfórico e ácido fluorídrico, de acordo com a seguinte equação:



Os dados da eficiência industrial indicam que, para cada tonelada de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> obtida, são produzidas 4,5 toneladas de gesso agrícola. Essa relação evidencia

o grande acúmulo desse material em plantas industriais ligadas ao setor.

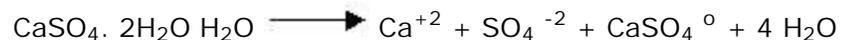
O gesso é o sulfato de cálcio dihidratado, apresentando-se na forma de pó branco-amarelado. Sua composição média, segundo Vitti e Malavolta(1983), é : Umidade livre 15-17%; CaO 26-28%; S 15-16%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,6 - 0,75%, SiO<sub>2</sub> insolúveis 1,26%; Flúoretos 0,63% e óxidos de Al e Fe 0,37%.

O gesso é um sal pouco solúvel (2,0 a 2,5 g/L) e tem sido empregado na agricultura devido à retirada gradual do enxofre das formulações, concentrações mais elevadas de nutrientes nas formulações comerciais e excessiva produção e alta armazenagem industrial. Sob a ótica agrônômica, seu emprego tem sido justificado principalmente em duas situações; a) quando se requer fornecimento de cálcio e de enxofre; b) na diminuição de concentrações tóxicas do alumínio trocável nas camadas subsuperficiais, com conseqüente aumento de cálcio nessas camadas, visando "melhorar" o ambiente para o crescimento radicular.

Na primeira situação, a aplicação de uma tonelada de gesso, é adicionado 0,48 Cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> do elemento. Por outro lado, sabe-se que apenas 250 kg/ha são necessários par atender as necessidades de S das plantas, razão pela qual, ao usar alguns fertilizantes, está-se adicionando também enxofre, por exemplo: o superfosfato simples contem 12%, o sulfato de amônio 24%, o FosMag 11% e fontes menos solúveis, como o fosfato natural parcialmente acidulado, 6%.

Esses fatores devem ser considerados, pois as quantidades de enxofre aplicadas através desses produtos podem já ser suficientes para atender as necessidades da cultura.

Na segunda situação, o gesso em contato com o solo e com umidade suficiente, sofre inicialmente uma dissolução, segundo a equação:



Os íons cálcio e sulfato irão participar de reações de troca catiônica e aniônica na solução do solo. Dessa forma, os íons Ca deslocam outros cátions, como o Al, K, Mg e H, porquanto os íons sulfato formam complexos químicos solúveis neutros, como MgSO<sub>4</sub> o , K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o, como também AlSO<sub>4</sub> o. Esses complexos, por apresentarem grande mobilidade, favorecem a descida desses cátions no perfil. Sais que apresentam alta mobilidade, como os nitratos (exemplo, KNO<sub>3</sub>), que não interagem com a fase sólida, são facilmente arrastados no perfil, ocasionando acúmulo nas camadas mais profundas e, em alguns casos, levando a deficiência às plantas.

### **Critérios para recomendação de gesso**

A tomada de decisão sobre o uso do gesso agrícola deve sempre ser feita com base no conhecimento de algumas características químicas e na textura das camadas subsuperficiais do solo (20 a 40 cm e 30 a 60 cm). Haverá maior probabilidade de resposta ao gesso quando a saturação por Al<sup>3+</sup> for maior que 30 %, (m<sup>3</sup> 30%) ou o teor de Ca menor que 0,4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de solo .

Nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, os valores de m% são £ 20% e a saturação de Ca de 60% na CTC efetiva.

Uma vez estabelecidas aquelas características, as quantidades sugeridas são:

- a. solos de textura arenosa (< 15 % de argila) = 0 a 0,4 t/ha;
- b. solos de textura média (15 a 35 % de argila) = 0,4 a 0,8 t/ha;
- c. solos argilosos (36 a 60 % de argila) = 0,8 a 1,2 t/ha;
- d. solos muito argilosos (> 60 % de argila) = 1,2 a 1,6 t/ha. (Alvares et al., 1999).

A aplicação de gesso agrícola deve ser feita a lanço individual ou separadamente, com relação à aplicação do calcário (Alvares et al., 1999).

[Voltar](#)

## Informações Relacionadas

[Uso de Gesso Agrícola. Capítulo 10](#)

[Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais](#)

[Critérios para Recomendação de Calagem e Adubação, Circular Técnica No.25](#)

[Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos](#)

[Fosfogesso- uso agrícola. IN: Seminário sobre Corretivos Agrícolas. Capítulo 5](#)

