

Correção da acidez do solo

Carlos Alberto Costa Veloso

Sônia Maria Botelho

João Elias Lopes Fernandes Rodrigues

Arystides Resende Silva

Acidez do solo

Os solos tropicais são, normalmente, ácidos, seja pela ocorrência de precipitação elevada, causando lixiviação de quantidades apreciáveis de bases trocáveis do solo, seja pela ausência de minerais primários e secundários, responsáveis pela reposição das bases. O próprio cultivo tende a acentuar o problema, por causa da absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons hidrogênio. Adicionalmente, a atividade biológica, produzindo ácidos, e a aplicação de fertilizantes amoniacais e ureia, resultando na acidificação pela acumulação de ácido nítrico (HNO_3) ou ácido sulfúrico (H_2SO_4), presentes em sua constituição, contribuem para aumento da acidez dos solos.

A reação do solo depende do conteúdo de hidrogênio ionizável, do alumínio em diferentes formas dissociáveis e, em menor grau, dos íons de manganês e ferro, todos em equilíbrio com a solução do solo, em que ocorrem as várias reações de hidrólise. Nos solos situados em regiões sob clima tropical e subtropical, normalmente predominam os Latossolos (Oxisolos) que, em geral, apresentam elevada acidez (pH 3,2-5,5), altos teores de alumínio trocável ($> 1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), manganês ($> 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), ferro ($> 12 \text{ mg}/\text{dm}^3$), além de baixos teores de cálcio ($< 1,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e magnésio ($< 0,5 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$).

Diversos trabalhos como os de Dematte (1988) e Viera (1987), dentre outros relacionados ao tema, relatam que 75% dos solos da Amazônia são considerados de alta acidez, condicionando-os à necessidade de corretivos quando se deseja obter melhores produtividades.

Os nutrientes têm sua disponibilidade determinada por vários fatores, tais como o valor do pH, que é a medida da concentração de íons hidrogênio na solução do solo. Assim, em solos com pH excessivamente ácido, ocorre diminuição na disponibilidade de nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e molibdênio e aumento da solubilização de íons como zinco, cobre, ferro, manganês e alumínio que, dependendo do manejo do solo e da adubação utilizados, podem atingir níveis tóxicos para as plantas (Figura 1).

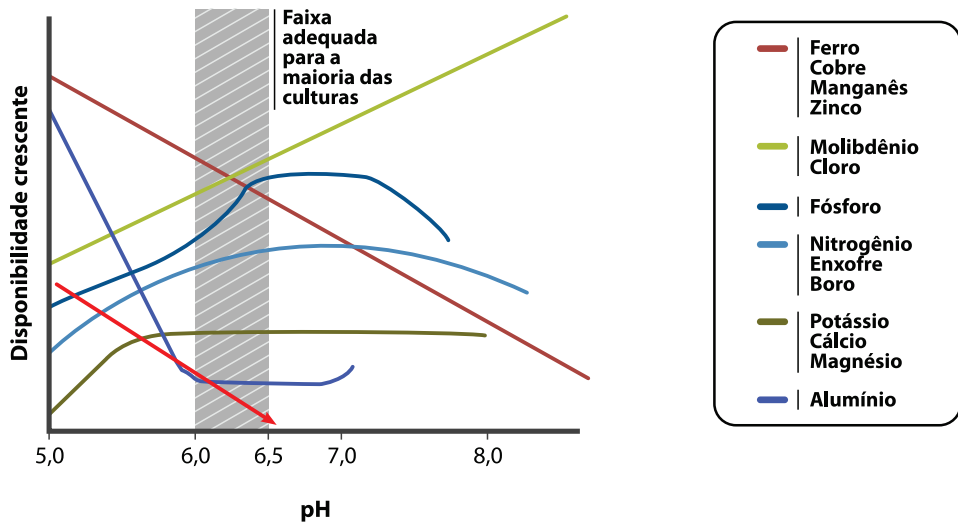


Figura 1. Influência do pH na dinâmica dos nutrientes.
Fonte: Malavolta (1989).

A acidez dos solos pode ser dividida em acidez ativa e acidez potencial. A acidez ativa é a fração ou parte do hidrogênio que está dissociada na forma de H^+ , na solução do solo, e é expressa em valores de pH, exercendo grande influência na vida das plantas. A acidez potencial está relacionada ao hidrogênio e ao alumínio que permanecem na fase sólida, na forma não dissociada. Pode ser dividida em acidez trocável, referente ao alumínio trocável que está ligado por força eletrostática à superfície dos coloides, podendo ser extraído com solução de cloreto de potássio, e acidez não trocável, que se refere ao hidrogênio ligado aos coloides. O hidrogênio, nessa forma, não é trocável, sendo dissociado somente com a elevação do pH do meio (Raij, 1991) (Figura 2).

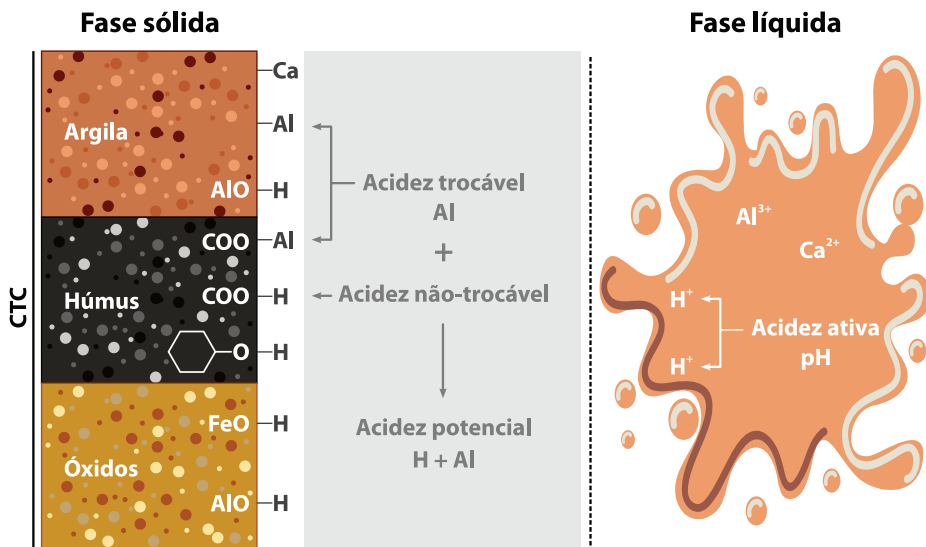


Figura 2. Tipos de acidez do solo.
Fonte: Lopes e Guilherme (1990) e Quaggio (2000).

Correção da acidez do solo

A correção da acidez dos solos por meio da calagem é considerada uma prática fundamental para o uso eficiente dos fertilizantes pelas plantas, especialmente para as culturas sensíveis às condições de solos ácidos. Tem como objetivo elevar o pH do solo até determinado valor (pH 5,5–6,5), visando neutralizar ou reduzir os efeitos tóxicos do alumínio e/ou do manganês do solo, bem como melhorar o ambiente radicular para as plantas absorverem os nutrientes essenciais disponíveis. Em geral, os solos com maior teor de alumínio, matéria orgânica e argila requerem maiores quantidades de calcário, por representarem as principais fontes de acidez no solo e de tamponamento do pH.

A calagem deve promover condições benéficas para um ótimo desempenho da fauna e da flora, particularmente na rizosfera. No caso de leguminosas, essas condições de ambiente promovem infecção e nodulação nas raízes com rizóbio e facilitam a absorção dos nutrientes requeridos para produção ótima.

Embora seja uma prática comum, existe a necessidade de critério para definição das doses, devendo ser considerados os seguintes fatores:

- 1) Quantidade necessária de calcário para diminuir a porcentagem de saturação de alumínio a um nível adequado para crescimento das plantas.
- 2) Qualidade do calcário.
- 3) Método de aplicação.

Portanto, cuidados neste sentido devem ser tomados ao se formular um programa de exploração do solo. No Brasil, têm sido desenvolvidos trabalhos de pesquisa sobre calagem em vários solos, com resultados que demonstram melhoria de características químicas de grande importância, como pH, capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva, saturação por bases, saturação por alumínio, além de significativos aumentos da produção das culturas.

Na Amazônia, são poucos os estudos sobre calagem, destacando-se o de Bastos e Smyth (1984), que obtiveram resultados significativos do efeito do calcário em Latossolo Amarelo muito argiloso, na redução da saturação de alumínio de 42% para 16% e na produção de grãos de milho. Também Alfaia et al. (1988) encontraram resultados similares para saturação de alumínio, pesquisando o efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em Latossolo Amarelo da Amazônia, utilizando a soja como planta teste e observando que a calagem de forma isolada não foi satisfatória comparativamente à calagem associada a micronutrientes, que apresentou aumento significativo na produção de soja.

Em decorrência da elevada acidez e da baixa fertilidade natural dos solos da Amazônia, principalmente no estado do Pará, e também pelos benefícios que o uso do calcário promove, fica evidente que a calagem de solos propicia melhores produtividades das culturas, permitindo, assim, a exploração continuada dos solos.

Calagem

É o processo que consiste em incorporar cálcio e magnésio para neutralizar a acidez do solo, isto é, para que o pH atinja o nível ideal para o desenvolvimento normal das plantas. Essa prática também reduz o teor de alumínio e de manganês no solo.

O calcário no solo

Quando se aplica calcário ao solo, ele pode ter os seguintes destinos:

1) Transformação em bicarbonato de cálcio solúvel:



A rapidez do processo depende da solubilidade relativa (grau de moagem), umidade e concentração suficiente de gás carbônico.

2) Adsorção – após a transformação em bicarbonato, o cálcio é adsorvido aos colóides do solo, neutralizando sua acidez.

3) Absorção pelas plantas – o cálcio pode ser absorvido pelo sistema radicular das plantas tanto no estado solúvel como no adsorvido.

Efeitos benéficos da calagem

Efeitos químicos

Neutraliza a acidez do solo, aumenta os teores de cálcio e magnésio, eleva o pH e aumenta a disponibilidade do fósforo.

Efeitos físicos

Melhora as propriedades físicas do solo, tornando-o mais arejado, mais poroso e menos compactado, melhorando o desenvolvimento das plantas.

Efeitos biológicos

Aumenta a atividade microbiana, dando condições favoráveis aos microrganismos, como bactérias, permitindo maior fixação do nitrogênio.

Necessidade de calcário

A estimativa correta da quantidade de calcário a ser aplicado é fator básico para o sucesso de qualquer programa de correção dos solos, pois indica a necessidade de corretivo para elevar o pH dos solos ou neutralizar a acidez do solo, de uma condição inicial até outra desejada (Raij, 1991). A quantidade de calcário a usar é determinada por vários processos de laboratório, que se baseiam no calcário necessário para neutralizar a acidez na camada arável do solo.

A recomendação de corretivos é feita por diversos métodos, cuja escolha depende do comportamento do solo, e a quantidade requerida de corretivo depende da capacidade tampão do solo, que é a resistência à mudança de pH. Métodos recentes para recomendação da quantidade de calcário levam em consideração também a necessidade de cálcio e magnésio como nutrientes. Outros fatores que devem ser levados em consideração são a cultura, o sistema de produção a ser utilizado e o retorno econômico.

Cálculo da necessidade de calcário

Comparando alguns métodos rápidos para determinação da necessidade de calcário em solos, consideram-se dois grupos: o primeiro baseia-se na utilização de calcário para elevar o pH até uma faixa pré-fixada (método SMP, saturação por bases); enquanto, no segundo grupo, o calcário é aplicado para neutralizar o alumínio trocável e assegurar um suprimento adequado de cálcio e magnésio, não importando o pH final alcançado (método do alumínio trocável).

No Brasil, em uso nos laboratórios de rotina de análise de solo, existem três métodos e algumas variações locais destes, sendo os mais adotados os da saturação por bases, do alumínio trocável e do SMP.

Método da saturação por bases

O método da saturação por bases é baseado na correlação entre o pH e a saturação por bases (Rajj; Sacchetto, 1968; Sousa et al., 1989). Para o uso desse método, existe a necessidade da determinação da soma de bases (K, Ca, Mg, Na), da acidez potencial (H + Al) e da CTC.

Uma condição importante para a utilização da metodologia é a determinação da relação entre pH e saturação por bases para cada região. Contudo, a limitação é a necessidade de determinar H + Al, com acetato de cálcio, um processo bastante oneroso.

A necessidade de calcário por esse método pode ser estimada pela fórmula:

$$NC = CTC (V2 - V1) / 100 \times f$$

Sendo:

NC = necessidade de calcário, expressa em t/ha.

CTC = capacidade de troca de cátions (cmol_c/dm³).

f = 100/PRNT.

V1 = saturação por bases atual do solo.

V2 = saturação por bases que se pretende alcançar para a cultura a ser implantada
V=100 SB/CTC.

SB = soma de base = (Ca + Mg+ K + Na) = cmol_c/dm³.

Na Tabela 1, são apresentadas as faixas de saturação por bases consideradas adequadas para algumas culturas.

Tabela 1. Faixas de valores de saturação por bases consideradas adequadas para algumas culturas.

Tipo de cultura	Cultura	Faixa de V%
Cereais	Arroz	40- 50
	Milho	50- 60
	Sorgo	50- 60
Frutíferas	Abacateiro	50- 60
	Abacaxizeiro	40- 50
	Bananeira	50- 60
	Citrus	60- 70
	Goiabeira	60- 70
	Mangueira	50- 60
	Maracujazeiro	60- 70
Leguminosas	Feijão	60- 70
	Soja	60- 70
Hortaliças	Folhosas	60- 70
	Tuberosas	50- 60
	Solanáceas	60- 70
	Bulbos	60- 70
Estimulantes	Cacaueiro	60- 70
	Cafeeiro	60- 70
Fibrosas	Algodoeiro	60- 70
Sacarinas e Amido	Cana-de-açúcar	50- 60
	Mandioca	30- 40
Industriais	Coqueiro	40- 50
	Dendezeiro	40- 50
	Pimenteira-do-reino	40- 50
	Seringueira	30- 40
Ornamentais	Herbáceas	50- 60
Essências florestais	Pinus	40- 50
	Eucalipto	40- 50

Fontes: Malavolta (1989) e Rajj (1991).

Método SMP

O método SMP, cuja sigla se refere aos seus criadores, Shoemaker, MacLean e Pratt, é o mais comum em uso nos laboratórios de análise de solos em rotina dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, por sua rapidez e simplicidade, apresentando um diagnóstico para recomendação de calcário (Tabela 2). As vantagens do método são a facilidade de execução no laboratório e o bom fundamento teórico.

Tabela 2. Necessidade de calagem (NC) de solos de acordo com o pH_{SMP} (relação 10:10:5, solo, água, solução-tampão).

pH_{SMP}	NC para $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$		
	5,5	6,0	6,5
	t/ha de CaCO_3		
4,5	12,5	17,3	24,0
5,0	6,6	9,9	13,3
5,5	3,7	6,1	8,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,5	0,4	1,1	2,1

Fonte: Tedesco et al. (1995).

No Rio Grande do Sul, Kaminski e Bohnen (1976), trabalhando com amostras de solos, verificaram alta correlação entre o pH_{SMP} e a necessidade de corretivo da acidez. A mesma correlação foi obtida por outras pesquisas realizadas com solos de Santa Catarina (Ernani; Almeida, 1986) e solos dos cerrados (Sousa et al., 1989). No Pará, ainda não se dispõe de resultados de pesquisa com esse método e, para sua adoção, existe a necessidade de se fazer estudos de correlação e calibração para os solos do estado.

Método do alumínio trocável

O método do alumínio trocável e da elevação dos teores de cálcio e magnésio objetiva a neutralização do alumínio trocável. Nesse método, é utilizado o alumínio trocável como um critério para recomendação de calagem, e a dose de calcário é calculada multiplicando-se o teor de alumínio pelo fator 1,5 ou 2,0, de acordo com a sensibilidade da cultura (Kamprath, 1970).

Uma variação deste método utiliza, além da neutralização do alumínio trocável, a elevação dos teores de cálcio e magnésio a um mínimo de $2 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, sendo calculado da seguinte forma:

$$\text{NC} = 2 \times \text{Al}^3 + [2 - (\text{Ca}^2 + \text{Mg}^2)] \times \text{fator}$$

$$\text{Fator} = \text{PRNT}/100$$

Para determinar a quantidade de calcário que deve ser recomendada para os solos do Pará, podem ser usados dois métodos bastante difundidos e aceitos em outros estados do Brasil, sendo utilizados por técnicos e especialistas em fertilidade do solo, os quais são:

- 1) Neutralização do alumínio trocável e elevação de cálcio e magnésio.
- 2) Saturação por bases.

Tipos de corretivos de acidez do solo

Os materiais que podem ser usados na correção da acidez dos solos são aqueles que contêm como “constituente neutralizante” ou “princípio ativo” os óxidos, hidróxidos, carbonatos e silicatos de cálcio e/ou de magnésio. Os calcários representam quase a totalidade dos corretivos de acidez utilizados no Pará.

Segundo Malavolta (1989), os corretivos de acidez passaram a ser comercializados de acordo com as suas características e com os valores mínimos constantes na Tabela 3.

Tabela 3. Características químicas dos corretivos de acidez.

Materiais corretivos de acidez	Poder de neutralização (% em CaCO ₃)	% CaO + % MgO
Calcários	67	38
Cal virgem agrícola	125	68
Cal hidratada agrícola	94	50
Escórias	60	30
Calcário calcinado agrícola	80	43
Outros	67	38

Fonte: Malavolta (1989).

Critérios para a escolha do calcário

Na escolha do calcário ou corretivo, devem ser levados em consideração critérios técnicos (qualidade do calcário) e econômicos, procurando maximizar os benefícios e minimizar os custos em relação ao transporte do material a ser colocado na propriedade.

Quanto às características dos corretivos de acidez dos solos relacionadas com a qualidade do calcário, as mais importantes para a neutralização da acidez do solo são o poder de neutralização (PN), a reatividade (RE) do material, que considera sua natureza geológica, a granulometria e os teores de cálcio e magnésio.

A eficiência neutralizante do corretivo é dada pelo conteúdo de óxido de cálcio (CaO) e óxido de magnésio (MgO) e pela granulometria, determinada pelas peneiras ABNT nº 10 (2 mm), nº 20 (0,84 mm) e nº 50 (0,30 mm). Esses dois parâmetros podem ser englobados num valor único, que define a qualidade do corretivo denominado poder relativo de neutralização total (PRNT), representado pela seguinte expressão:

$$\text{PRNT} = \frac{\text{Equivalente CaCO}_3 \times (A \times 0,0 + B \times 0,2 + C \times 0,6 + D \times 1,0)}{100}$$

Sendo:

Eq. CaCO₃ = Poder de Neutralização (PN) = % CaO x 1,79 + % MgO x 2,48.

A = % de calcário que fica retido na peneira 10.

B = % de calcário que fica retido entre as peneiras 10 e 20.

C = % de calcário que fica retido entre as peneiras 20 e 50.

D = % de calcário que passa pela peneira 50.

Os calcários agrícolas apresentam classificações de acordo com as concentrações de MgO, em:

- 1) Calcítico - menos de 5%.
- 2) Magnesiano - de 5% a 12%.
- 3) Dolomítico - acima de 12%.

As faixas de PRNT podem apresentar a seguinte classificação:

- A - PRNT entre 45% e 60%
- B - PRNT entre 60,1% e 75%
- C - PRNT entre 75,1% e 90%

O PRNT pode ser calculado da seguinte forma:

$$\text{PRNT (\%)} = (\text{PN}) \times \text{RE} / 100.$$

O PN é determinado em laboratório por método analítico da legislação em vigor. A RE corresponde ao percentual do corretivo que reage no solo dentro de um período de 3 meses e é avaliada pela granulometria das partículas do corretivo: a reatividade é zero para a fração retida na peneira ABNT nº10, reatividade 20% para a fração que passa na peneira nº 10 e fica retida na peneira nº 20, reatividade 60% para a fração que passa na peneira nº 20 e fica retida na peneira nº 50 e reatividade 100% para a fração que passa na peneira nº 50.

Assim, para entendimento do cálculo da RE, apresentamos o seguinte exemplo: de uma amostra de 500 g de calcário, ficaram retidos 5% na peneira nº 10, 10% na peneira 20, 20% na peneira 50 e o restante (65%) passou na peneira nº 50. O cálculo de RE é:

$$\text{RE} = \frac{(5 \times 0) + (10 \times 20) + (20 \times 60) + (65 \times 100)}{100} = 79\%$$

Tendo os valores de RE e PN, calcula-se o PRNT do corretivo, por meio da equação:

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

Segundo a legislação brasileira de corretivos em vigor, o valor mínimo para PN é 67 e para PRNT é 45% para comercialização do calcário.

Considerando o Sistema Internacional de Unidades, a tendência atual é expressar os teores de Ca e de Mg, no calcário, na forma elementar. Assim, análises dos corretivos, realizadas no Laboratório de Solo da Embrapa Amazônia Oriental, apresentam os resultados de PN, RE e PRNT em porcentagem (%), e de Ca, Mg, CaO e MgO em dag/kg.

Época e modo de aplicação do calcário

Quando se deseja a neutralização da acidez do solo em curto prazo, é recomendável a incorporação de todo o calcário em uma só época, pois a maior parte da aplicação tem surtido efeito quando não se fraciona o material. O que pode ocorrer quando se fraciona o calcário é uma menor elevação do rendimento

nos primeiros anos, que onera a aplicação, em consequência da necessidade de maior número de operações. Nesse caso, sugere-se aplicar todo o calcário de uma só vez e gradear de forma cruzada.

Como o calcário não é muito solúvel, não tem reação imediata no solo, por isso sua aplicação, no estado do Pará, deve ser feita, pelo menos, 20 a 30 dias antes do plantio, para que possa reagir e proporcionar o efeito desejado. A reação do calcário depende da umidade do solo e das suas próprias características. Em períodos de muita chuva e calor, as reações se processam com mais rapidez. Para as leguminosas que, em geral, são muito sensíveis à acidez, é sugerido realizar a calagem pelo menos 60 dias antes do plantio. No caso de não ser possível aplicar o calcário com a antecedência necessária, podem ser utilizados produtos com maior PRNT.

O calcário, seja dolomítico (>12% MgO) ou calcítico (<5% MgO), deve ser distribuído uniformemente sobre o terreno e incorporado à maior profundidade possível (no mínimo 20 cm), para permitir melhor contato do corretivo com as partículas do solo. É necessário fazer uso de boas práticas de manejo do solo, adubações adequadas e cultivares selecionadas para cada tipo de solo, sem as quais o produtor não alcançará os resultados desejados. Portanto, a calagem de forma isolada não tem capacidade de promover altas produtividades para as culturas.

Na implantação de culturas perenes, além da calagem na área total durante o preparo do solo, recomenda-se adicionar, por ocasião do plantio, cerca de 100 g por cova de calcário, a quantidade deve ser misturada à terra de enchimento da cova e tem por objetivo condicionar melhor o solo no local de plantio. Nos cultivos já formados, o calcário pode ser distribuído a lanço ou em faixas, sendo a dose proporcional à área e à profundidade de incorporação.

Quando a dose de calcário a ser utilizada é relativamente alta, em geral acima de 4 t/ha, surge a preocupação de que, aplicando de uma só vez, poderá prejudicar a cultura. Isto ocorrerá somente se o calcário for aplicado sem a devida antecedência e sem incorporação. Portanto, a ausência de incorporação do calcário implica na redução da dosagem, exigindo correções posteriores para neutralizar a acidez do solo.

O efeito do calcário no solo é duradouro e persiste por vários anos, usualmente acima de 5 anos. Assim, as doses necessárias, nos anos seguintes, para mantê-lo corrigido são, geralmente, pequenas e devem ser monitoradas por meio da análise química do solo.

Referências

ALFAIA, S. S.; MAGALHÃES, F. F. M.; YUYAMA, K. Efeito da aplicação de calcário e micronutrientes em Latossolo Amarelo da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 18, n. 3/4, p. 13-25, 1988.

BASTOS, J. B.; SMYTH, T. J. **Efeito do calcário em Latossolo Amarelo muito argiloso na produção de culturas anuais**. Manaus: EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1984. 5 p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Pesquisa em andamento, 61).

DEMATTE, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmido da região amazônica**. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 215 p.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade dos solos de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 2, p. 143-150, 1986.

KAMINSKI, J.; BOHNEN, H. Métodos para indicação da quantidade de corretivos da acidez em solos do Rio Grande do Sul. **Revista da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, v. 1, n. 2, p. 85-98, 1976.

KAMPRATH, E. J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 34, p. 252-254, 1970.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Uso eficiente de fertilizantes**: aspectos agronômicos. São Paulo: ANDA, 1990. 60 p. (ANDA. Boletim técnico, 4).

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989. 292 p.

QUAGGIO, J. A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2000. 111 p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres; Piracicaba: Potafos, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; SACCHETTO, M. T. D. Correlações entre o pH e o grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. **Bragantia**, v. 27, n. 17, p. 193-200, 1968.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; LOBATO, E. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 2, p. 193-198, 1989.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEM, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (UFRGS. Boletim técnico, 5).

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. J. **Amazônia**: seus solos e outros recursos naturais. São Paulo: Agronômica Ceres, 1987. 416 p.

Literatura recomendada

POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato, 1989. 177 p.