

# Alterações em atributos químicos do solo pela aplicação de calcário na superfície ou incorporado

André Costa Freiria<sup>1</sup>, José Ricardo Mantovani<sup>2</sup>, Manoel Evaristo Ferreira<sup>1\*</sup>, Mara Cristina Pessôa da Cruz<sup>1</sup> e Renato Yagi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Departamento de Solos e Adubos, Via de acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n., 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, Minas Gerais, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: evaristo@fcav.unesp.br

**RESUMO.** A aplicação de calcário, na superfície do solo, é necessária em algumas situações agrícolas. O objetivo desse trabalho foi verificar alterações em atributos químicos de um solo de textura média, em razão da aplicação de calcário na superfície ou incorporado. O experimento foi conduzido em condições de laboratório, em colunas de PVC, delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 e uma testemunha, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de duas doses de calcário (4 e 2 t ha<sup>-1</sup>) e 4 formas de aplicação do corretivo (aplicado na superfície, sem incorporação, e calcário incorporado nas profundidades de 0 a 5; 0 a 10 e 0 a 20 cm), além da testemunha em que não foi feita a calagem. Após 326 dias de incubação do solo com o calcário, houve efeito corretivo do calcário até 5 ou 10 cm abaixo da profundidade em que foi feita a sua aplicação ou incorporação. A aplicação de calcário, na superfície, resultou em aumento da saturação por bases do solo até 10 cm de profundidade, e até 40 cm de profundidade, quando o calcário foi incorporado nas camadas de 0 a 5, 0 a 10 ou 0 a 20 cm de profundidade.

**Palavras-chave:** calagem, acidez do solo, pH, saturação por bases, cálcio, magnésio.

**ABSTRACT. Changes in soil chemical attributes from lime application on the surface or soil amending.** The application of lime on the soil surface is necessary in some agricultural situations. The objective of this work was to verify changes in chemical attributes of a medium texture soil as a result of lime application with and without amending. The experiment was carried out in a laboratory setting, in PVC columns, in a completely randomized design, with a 2 x 4 factorial design and a control, with four replicates, totaling 36 columns. The treatments were the combination of two lime rates (4 and 2 t ha<sup>-1</sup>) and four types of lime application (on surface without amending, and amending in layers of 0 to 5; 0 to 10 and 0 to 20 cm depths), in addition to the control, to which lime was not applied. After 326 days of soil incubation with lime, there was a corrective effect from the lime until 5 cm or 10 cm below the depth in which there was the application or amending. The application of lime resulted in increases of soil base saturation until 10 cm of depth, and until 40 cm of depth when the lime was amended in the layers of 0 to 5, 0 to 10 or 0 to 20 cm depth.

**Key words:** liming, soil acidity, pH, base saturation, calcium, magnesium.

## Introdução

A correção da acidez do solo, por meio da calagem, contribui de forma relevante para o aumento da produtividade agrícola, em virtude de melhoria nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Entretanto, como os corretivos de acidez possuem baixa solubilidade, a eficiência da calagem está relacionada a uma distribuição uniforme do corretivo e à sua incorporação o mais profundamente possível, para que haja um contato íntimo com as partículas do solo (Rajj *et al.*, 1997; Kaminski *et al.*, 2005; Miranda *et al.*, 2005).

Em áreas de culturas perenes já implantadas, como as de frutíferas em geral, visto que não há a possibilidade da incorporação profunda do corretivo, o procedimento atualmente recomendado, para o Estado de São Paulo, é a incorporação do calcário nas entrelinhas, com o uso de grade (Quaggio, 1985; Rajj *et al.*, 1997). Todavia, o uso de grade, em pomares já instalados, pode trazer uma série de problemas para a cultura, tais como limitação do crescimento radicular, ferimento nas raízes e conseqüente risco de infecções, disseminação de doenças no pomar, favorecimento do

desenvolvimento de pragas e destruição dos agregados do solo (Magalhães, 1988; Gravena, 1993; Corrêa, 2004).

É crescente, na literatura, o número de relatos, que abordam a redução da acidez e a melhora das condições de fertilidade na subsuperfície, em consequência da aplicação de calcário sem incorporação, seja em sistema de plantio direto (Caires et al., 2000; Ciotta et al., 2004; Kaminski et al., 2005) ou em culturas perenes, como as de cafeeiro (Chaves et al., 1984), macieira (Pavan, 1994), citros (Silva, 2002; Fidalski e Tormenta, 2005) e a goiabeira (Corrêa, 2004).

A correção da acidez, em profundidade, com a aplicação de calcário na superfície depende de vários fatores, tais como dose do corretivo, granulometria e reatividade do calcário, frequência da calagem, tempo transcorrido após a calagem, poder tampão do solo e precipitação pluvial (Pöttker e Ben, 1998; Rheinheimer et al., 2000; Moreira et al., 2001; Corrêa, 2004; Miranda et al., 2005).

O objetivo desse trabalho foi avaliar as alterações em atributos químicos de um solo de textura média, em razão da aplicação de calcário na superfície ou incorporado.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de laboratório, em colunas de PVC, no período de setembro de 2003 a julho de 2004. Foram utilizadas amostras de um Latossolo Vermelho distrófico, textura média, coletadas em uma área de mata, nas profundidades de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15; 15 a 20; 20 a 30 e 30 a 40 cm. A caracterização química de rotina (Raij et al., 1987) e a análise granulométrica (Camargo et al., 1986) das amostras encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e granulométricos das amostras de solo.

Prof. cm	pH	MO g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	K mmol dm <sup>-3</sup>	Ca mmol dm <sup>-3</sup>	Mg mmol dm <sup>-3</sup>	H+Al mmol dm <sup>-3</sup>	Al <sup>3+</sup> mmol dm <sup>-3</sup>	V %	areia g kg <sup>-1</sup>	argila g kg <sup>-1</sup>
0 a 5	4,0	34	5	1,9	4	3	72	10	11	640	290
5 a 10	3,9	29	3	1,0	2	1	80	11	5	640	300
10 a 15	3,9	23	2	0,7	1	1	72	10	9	630	320
15 a 20	3,9	20	1	0,6	1	1	64	10	4	610	330
20 a 30	3,9	20	1	0,6	1	1	58	8	4	610	340
30 a 40	3,9	18	1	0,5	1	1	58	8	4	610	360

Empregou-se delineamento inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2 x 4 e uma testemunha, com quatro repetições, totalizando 36 colunas. Os tratamentos consistiram na combinação de duas doses de calcário dolomítico com 91% de poder relativo de neutralização total (PRNT) e quatro formas de aplicação do corretivo, além da testemunha, em que não foi feita a calagem. As doses de calcário foram

equivalentes a 4 t ha<sup>-1</sup> (calculada para elevar a saturação por bases da camada de 0 a 20 cm a 70%) e 2 t ha<sup>-1</sup> (metade da dose anterior). As formas de aplicação do corretivo foram: calcário aplicado na superfície, sem incorporação, e calcário incorporado nas profundidades de 0 a 5; 0 a 10 e 0 a 20 cm.

As colunas de PVC foram compostas por seis anéis de 7,2 cm de diâmetro interno, unidos por fita adesiva e um “cap” (tampão), acoplado ao anel inferior. O anel superior possuía 7 cm de altura (5 cm para receber solo, mais 2 cm para facilitar as irrigações), os três anéis intermediários, 5 cm, e os dois anéis inferiores, 10 cm de altura, totalizando 42 cm. As paredes internas dos anéis de PVC receberam uma camada de resina líquida, sobre a qual foi espalhada uma mistura de areia grossa (diâmetro acima de 1,5 mm) com areia fina (diâmetro de 1,5 a 0,5 mm) previamente lavadas, na proporção de 3:1 (v:v), com a finalidade de criar rugosidade e evitar o escoamento preferencial de água pelas paredes da coluna. Próximo à base de cada “cap”, foi feito um orifício lateral de 0,6 cm de diâmetro e nele foi introduzida uma mangueira de plástico de 2 cm de comprimento. Para facilitar a drenagem, o fundo de cada “cap” foi preenchido com a mesma mistura de areia grossa e areia fina, empregada no revestimento das paredes internas dos anéis de PVC.

Foram pesadas porções de 0,2 dm<sup>3</sup> de solo das camadas de 0 a 5; 5 a 10; 10 a 15 e 15 a 20 cm, e porções de 0,4 dm<sup>3</sup> de solo das camadas de 20 a 30 e de 30 a 40 cm de profundidade. O calcário foi aplicado nas quantidades e nas formas indicadas para cada tratamento, sendo que, naqueles em que houve a necessidade de incorporação, o calcário foi misturado, a seco, a porções de solo correspondentes aos volumes das respectivas camadas.

O preenchimento das colunas com solo foi feito com auxílio de funil, com haste longa, de modo que o solo da camada de 30 a 40 cm ocupou o anel inferior (último anel da coluna); o da camada de 20 a 30 cm, o penúltimo anel; e assim sucessivamente, até o solo da camada de 0 a 5 cm preencher o anel superior (primeiro anel). Em seguida, o solo de cada coluna foi umedecido a 70% da capacidade de retenção de água, e esta condição foi mantida durante todo o período de condução do experimento (326 dias), por meio de pesagens das colunas e reposição da água perdida por evaporação, duas vezes por semana.

Para simular uma condição de campo, em todas as colunas, foi feita adubação conforme a recomendação para a cultura de citros, para plantas em produção (Grupo Paulista de Adubação de Citros, 1997), tendo sido aplicadas as seguintes quantidades de nutrientes, em g m<sup>-2</sup>: 16,50 de N;

5,24 de P e 7,47 de K. Dessas quantidades citadas, aplicou-se 30% do N e do K e 100% do P, aos 30 dias de incubação, e as quantidades restantes dos adubos nitrogenados e potássicos foram parceladas em outras duas aplicações, realizadas aos 60 e aos 120 dias, após a primeira adubação, aplicando-se, em cada uma delas, 35% das doses de N e de K. Foram usadas soluções de uréia [(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>CO], de fosfato monoamônico (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) e de cloreto de potássio (KCl), preparadas a partir dos reagentes p.a.

Após 30 dias de cada adubação, com o solo na umidade adequada (70% da capacidade de retenção) foram realizadas irrigações adicionais em cada coluna, suficientes para elevar o teor de água do solo acima de 100% da capacidade de retenção e propiciar cerca de 100 mL de lixiviado por coluna. Nas semanas finais do período experimental, foram feitas outras três irrigações adicionais, perfazendo o total de seis.

Ao término do período de condução do experimento, as colunas foram desmontadas e, de cada anel, foi coletada amostra de solo para análise química de rotina (Rajj *et al.*, 1987). Os resultados obtidos para cada forma de aplicação de calcário foram submetidos à análise de variância, em parcelas subdivididas, tendo, nos tratamentos principais, as doses de calcário (0; 2 e 4 t ha<sup>-1</sup>) e, nos tratamentos secundários, as profundidades (0 a 5; 5 a 10; 10 a 15; 15 a 20; 20 a 30 e 30 a 40 cm).

## Resultados e discussão

O efeito da calagem, na correção da acidez em profundidade, está apresentado na Figura 1. Verifica-se que o calcário corrigiu a acidez da camada na qual ele foi aplicado ou incorporado e a da camada subsequente. Quando o calcário foi aplicado na superfície, independentemente da dose utilizada, houve aumento do valor de pH somente na camada de 0 a 5 cm. Com a incorporação do corretivo nos primeiros 5 cm, houve aumento do valor de pH nas camadas de 0 a 5 e de 5 a 10 cm. Quando o calcário foi incorporado na camada de 0 a 10 cm, ocorreu correção da acidez até 15 cm de profundidade e, com a incorporação do corretivo na camada de 0 a 20 cm, o acréscimo no valor de pH se deu até os 30 cm de profundidade. O aumento no valor de pH, em relação à testemunha, variou de 0,1 a 2,3 unidades, em função das doses de calcário utilizadas e da aplicação ou incorporação do corretivo (Tabela 2). Grillo *et al.* (2000) também obtiveram efeito mais intenso da aplicação de calcário nos primeiros 5 cm abaixo das camadas corrigidas, em experimento em colunas preenchidas com solo areno-argiloso.

Em áreas de culturas perenes, Chaves *et al.* (1984), em caféiro, e Pavan (1994), em pomar de macieiras,

observaram que o calcário dolomítico, aplicado na superfície do solo, sem incorporação, proporcionou aumento no valor de pH até a profundidade de 30 cm, no primeiro caso, e até 40 cm, no segundo. Silva (2002) verificou, em solo de textura média, cultivado com laranjeira Pêra em produção, que a aplicação de calcário calcinado na superfície, sem incorporação, aumentou o valor de pH do solo nas camadas de 0 a 10; 10 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade, dos seis aos 30 meses após a aplicação do corretivo. Corrêa (2004) constatou, em pomar adulto de goiabeiras, que a calagem superficial com calcário calcinado, em doses de até 3 t ha<sup>-1</sup>, ou com calcário comum, em doses de até 4,8 t ha<sup>-1</sup>, promoveu elevação do pH de um Argissolo de textura média até 20 cm de profundidade, 12 meses após a aplicação do calcário calcinado e 24 meses após a aplicação do calcário comum.

**Tabela 2.** Variação nos valores de pH em relação à testemunha, em unidades, em função das doses de calcário e da aplicação na superfície ou incorporação do corretivo a diferentes profundidades.

Doses de Calcário t ha <sup>-1</sup>	Profundidade (cm)					
	0 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 30	30 a 40
Calcário aplicado na superfície						
2	1,3	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
4	1,7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0
Calcário incorporado na profundidade de 0 a 5 cm						
2	1,7	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1
4	2,3	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1
Calcário incorporado na profundidade de 0 a 10 cm						
2	1,1	1,5	0,5	0,3	0,1	0,1
4	1,4	1,9	0,4	0,2	0,1	0,1
Calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm						
2	0,5	0,7	1,0	1,1	0,3	0,2
4	0,7	1,2	1,5	1,7	0,3	0,2

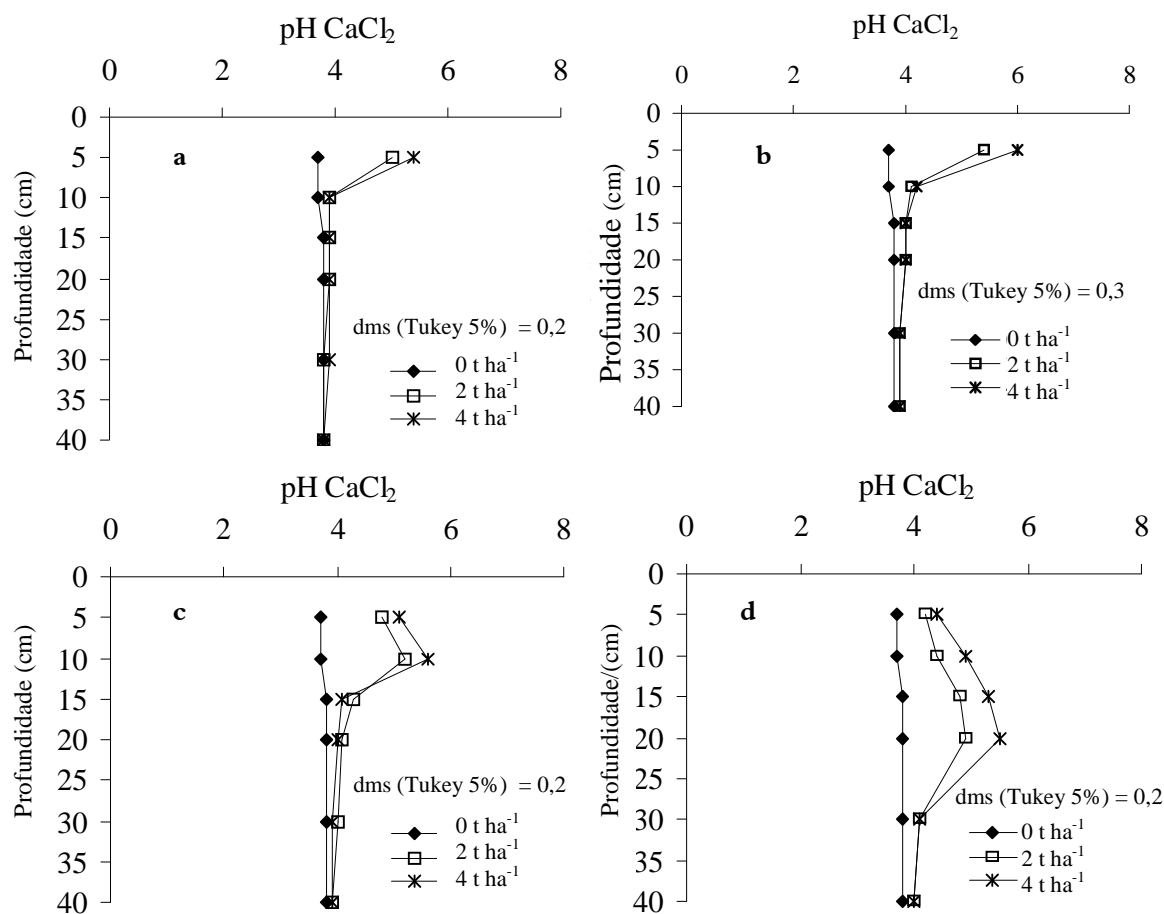
Em área de plantio direto, Caires *et al.* (2000) verificaram que a calagem na superfície, em doses de até 6 t ha<sup>-1</sup>, provocou elevação do pH de um Latossolo Vermelho-Escuro, textura média, até a profundidade de 60 cm, dos 12 aos 58 meses após a aplicação do corretivo. Caires *et al.* (2000) citam os seguintes mecanismos para explicar o efeito de neutralização da acidez em profundidade, pela aplicação de calcário na superfície: a formação e a migração de Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> para camadas mais profundas do solo, e o deslocamento de partículas de calcário por meio de canais formados por raízes mortas mantidos intactos em razão da ausência de preparo de solo. Outro mecanismo envolvido na ação subsuperficial do calcário é a formação de uma frente alcalinizante, descrita por Rheinheimer *et al.* (2000). Segundo esses autores, os efeitos da calagem só avançam em profundidade, após o pH em água da zona de dissolução do calcário ter atingido valores de 5,2 a 5,5. A explicação para esse fato, de acordo com os autores, é que a dissolução do calcário, em solos

ácidos, promove a liberação de ânions  $\text{OH}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ , os quais reagem com os cátions de reação ácida da solução do solo ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$ ) e essa reação ocorre até pH em água, em torno de 5,5. Enquanto existirem os cátions ácidos, a reação de neutralização da acidez ficará limitada à camada superficial, retardando o efeito na subsuperfície. Para que a neutralização da acidez ocorra em profundidade, os produtos da dissolução do calcário têm de ser arrastados para as camadas inferiores.

Conforme era esperado, nas camadas em que houve variação significativa no pH por causa da calagem, a dose de corretivo equivalente a  $4 \text{ t ha}^{-1}$  propiciou valores maiores de pH do que a dose de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  (Figura 1). Entretanto, a incorporação de  $4 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário, na profundidade de 0 a 5 cm, deveria, teoricamente, proporcionar valores de pH em  $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  próximos ou acima de 7,0, porém o maior valor obtido para pH em  $\text{CaCl}_2$  foi 6,0. A explicação para esse fato tanto pode ser em virtude do tempo de contato ter sido insuficiente para a completa solubilização do calcário quanto da acidificação promovida por causa do uso de uréia como fonte de

nitrogênio. Em apoio à primeira explicação, Rajj *et al.* (1982) verificaram que, um ano após a incorporação de 3; 6 e  $9 \text{ t ha}^{-1}$  de calcário dolomítico, com PRNT de 59%, respectivamente, 62, 61 e 75% do cálcio+magnésio ainda se encontravam na fração não dissolvida do corretivo e, em apoio à segunda, de acordo com Rajj *et al.* (1997), a uréia tem um poder acidificante equivalente ao consumo de  $1,8 \text{ kg}$  de  $\text{CaCO}_3$  por  $\text{kg}$  de N.

O calcário aplicado na superfície, independentemente da dose utilizada, propiciou aumento nos teores de Ca+Mg apenas na camada de 0 a 5 cm, enquanto a sua incorporação, na camada de 0 a 5 cm, provocou aumento nos teores desses nutrientes até a camada de 5 a 10 cm de profundidade. Com a incorporação mais profunda do corretivo (0 a 10 e 0 a 20 cm), os aumentos nos teores de Ca+Mg foram verificados até a camada de 20 a 30 cm de profundidade (Figura 2). O aumento nos teores de Ca+Mg, em relação à testemunha, variou de 1,7 a  $96,6 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$  em função das doses de calcário utilizadas e da aplicação ou incorporação do corretivo (Tabela 3).



**Figura 1.** Efeitos de doses de calcário, aplicadas na superfície (a) ou incorporadas nas profundidades de 0 a 5 cm (b), 0 a 10 cm (c) e 0 a 20 cm (d), nos valores de pH em profundidade.

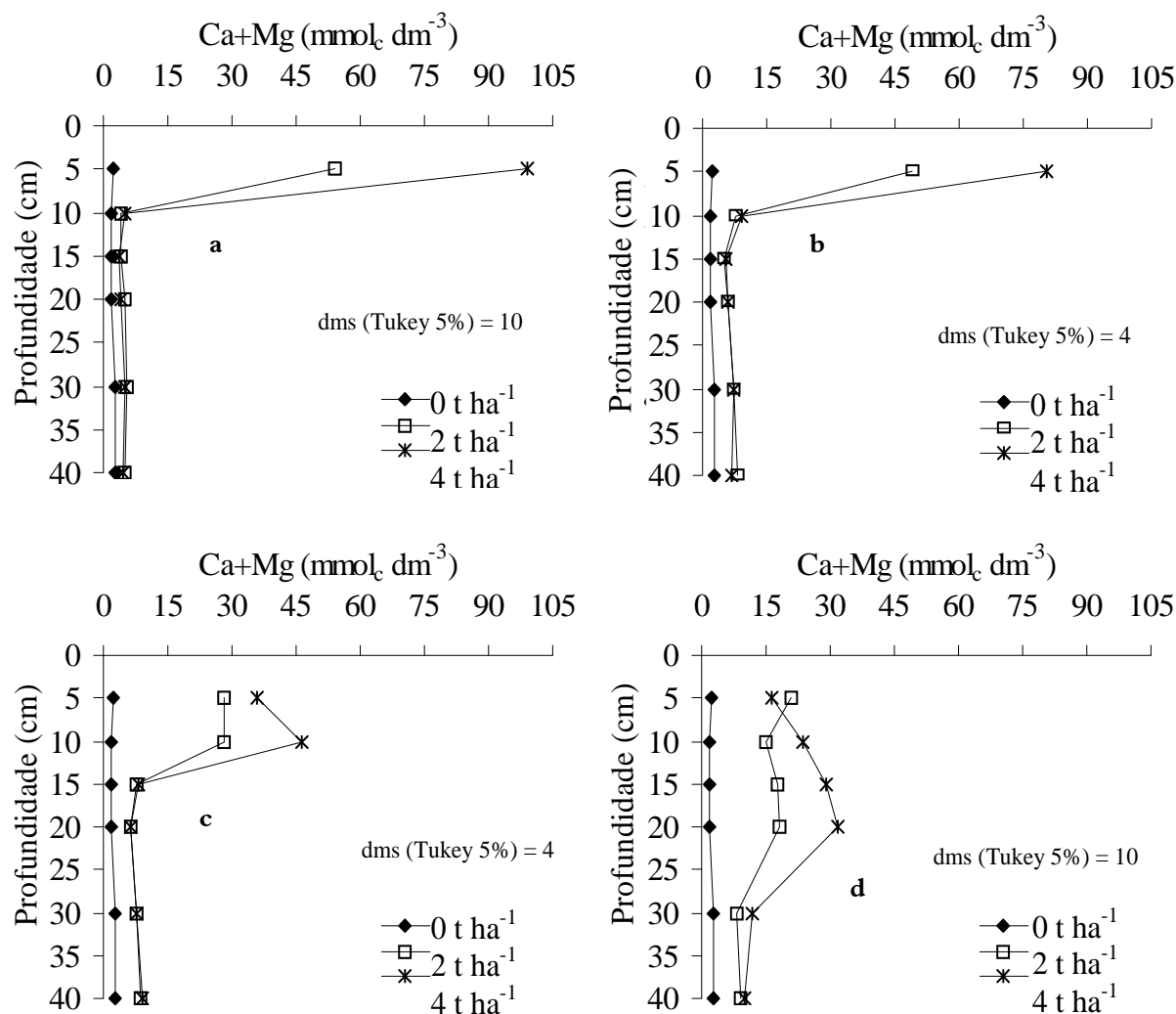


Figura 2. Efeitos de doses de calcário, aplicadas na superfície (a) ou incorporadas nas profundidades de 0 a 5 cm (b), 0 a 10 cm (c) e 0 a 20 cm (d), nos teores de Ca+Mg do solo em profundidade.

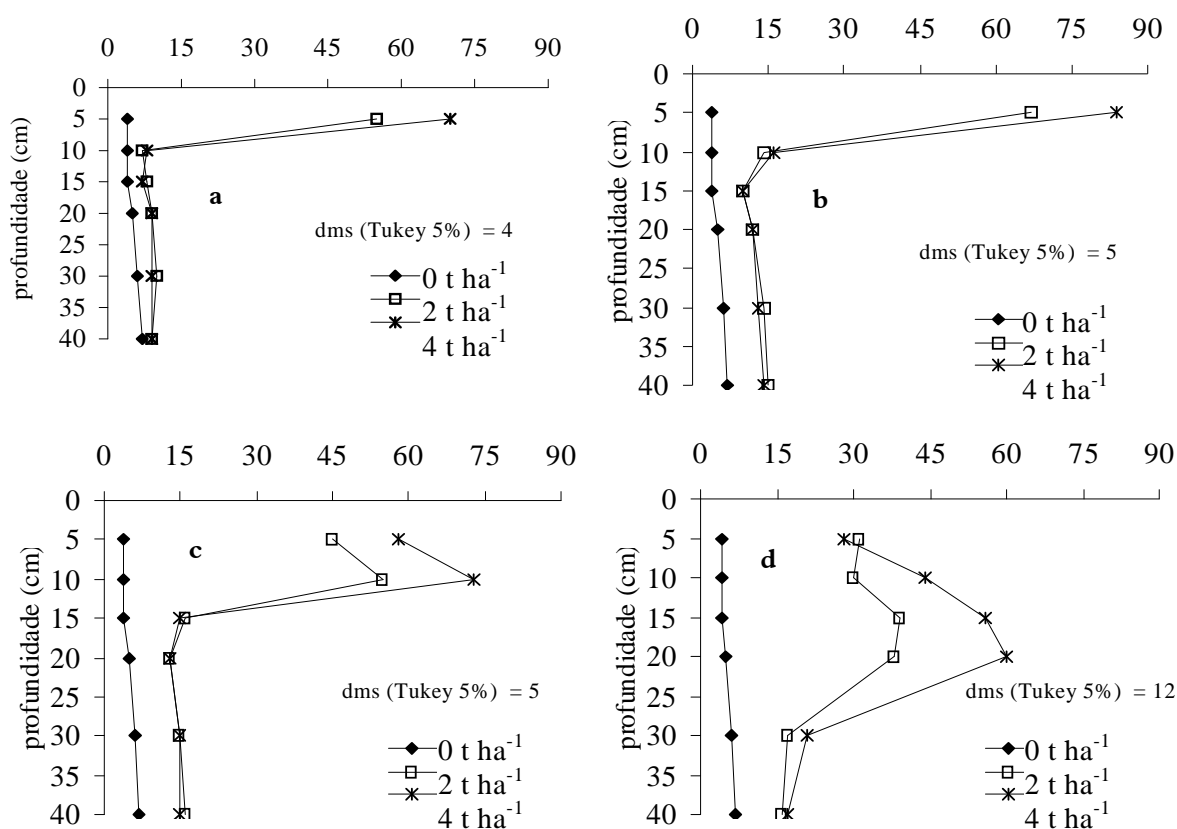
Tabela 3. Variação nos valores de Ca+Mg, em relação à testemunha, em mmolc dm<sup>-3</sup>, em função das doses de calcário e da aplicação na superfície ou incorporação do corretivo a diferentes profundidades.

Doses de Calcário t ha <sup>-1</sup>	Profundidade (cm)					
	0 a 5	5 a 10	10 a 15	15 a 20	20 a 30	30 a 40
Calcário aplicado na superfície						
2	51,6	2,3	2,2	3,3	3,0	2,1
4	96,6	3,3	2,0	2,4	2,4	1,7
Calcário incorporado na profundidade de 0 a 5 cm						
2	46,8	6,0	3,4	4,0	4,8	4,9
4	78,1	7,4	3,8	4,2	4,6	4,1
Calcário incorporado na profundidade de 0 a 10 cm						
2	25,7	26,4	6,1	4,6	5,1	4,7
4	33,7	44,8	6,4	4,4	5,4	4,5
Calcário incorporado na profundidade de 0 a 20 cm						
2	18,7	13,3	16,2	16,5	5,9	6,2
4	14,0	22,1	27,4	30,2	9,5	7,2

A movimentação de Ca e de Mg em profundidade pode ser explicada pela complexação orgânica desses cátions (Miyazawa *et al.*, 1996). Segundo esses autores, ligantes orgânicos (L)

formam complexos CaL<sup>o</sup>, MgL<sup>o</sup> ou CaL<sup>-</sup>, MgL<sup>-</sup>, o que facilita a mobilidade desses cátions no solo. Na camada subsuperficial, esses cátions divalentes são deslocados dos complexos orgânicos pelo Al<sup>3+</sup> que formam complexos mais estáveis, aumentando, assim, os teores de Ca e de Mg trocáveis em profundidade (Caires *et al.*, 2000).

Em relação ao efeito da calagem na saturação por bases, verificou-se que, quando o calcário foi aplicado na superfície, houve aumento do V% até a camada de 5 a 10 cm de profundidade, e com a incorporação do corretivo a 0 a 5, 0 a 10 ou 0 a 20 cm, o V% aumentou até a camada de 30 a 40 cm de profundidade (Figura 3). Fidalski e Tormenta (2005) verificaram que a calagem superficial, em pomar de laranjeiras em formação, proporcionou aumentos na saturação por bases nas camadas de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade.



**Figura 3.** Efeitos de doses de calcário, aplicadas na superfície (a) ou incorporadas nas profundidades de 0 a 5 cm (b), 0 a 10 cm (c) e 0 a 20 cm (d), na saturação por bases a diferentes profundidades.

A dose de calcário equivalente a  $4 \text{ t ha}^{-1}$  foi calculada para elevar o V% da camada de 0 a 20 cm a 70%. Entretanto, os valores obtidos quando o corretivo foi incorporado a essa profundidade, atingiram no máximo 60% (Figura 3). A explicação para esse fato é a dada anteriormente para o efeito no pH, ou seja, o tempo de 326 dias pode não ter sido suficiente para a completa reação do calcário, e houve, simultaneamente, acidificação provocada pela aplicação de adubo nitrogenado, no caso, uréia. Pintro e Tesaro (1999) não obtiveram valores de V% maiores do que 60%, com doses de carbonatos de cálcio e de magnésio aplicadas para atingir V% de 80 e 100%, em solo com CTC a pH 7,0 de  $198 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , entretanto, neste caso, os autores atribuíram o resultado, em parte, ao elevado poder de tamponamento do solo.

Comparando os efeitos da calagem nos valores de V% e de pH, observam-se aumentos proporcionais para esses atributos nas camadas em que houve aplicação ou incorporação do corretivo. Entretanto, nas camadas subsequentes, o aumento na saturação por bases não foi acompanhado de aumento no pH, indicando que a lixiviação das bases foi, pelo menos em parte, provocada por ânions como  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{Cl}^-$ ,

abundantes no sistema por causa da adubação feita, mas que não são corretivos da acidez.

### Conclusão

Houve aumento no valor de pH até 5 ou 10 cm abaixo da profundidade em que foi feita a aplicação ou incorporação do calcário.

A calagem aumentou a saturação por bases do solo até 10 cm de profundidade, quando o calcário foi aplicado na superfície, e até 40 cm de profundidade, quando o calcário foi incorporado às camadas de 0 a 5, 0 a 10 ou 0 a 20 cm de profundidade.

### Referências

- CAIRES, E.F. et al. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 161-169, 2000.
- CAMARGO, O.A. et al. *Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Campinas: IAC, 1986. (Boletim técnico, 106).
- CHAVES, J.C.D. et al. Resposta do cafeeiro à calagem. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 19, p. 573-582, 1984.
- CIOTTA, M.N. et al. Manejo da calagem e os componentes da acidez em Latossolo Bruno em plantio

- direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 28, p. 317-326, 2004.
- CORRÊA, M.C.M. *Calagem em pomar de goiabeiras em produção e em colunas de solo*. 2004. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.
- FIDALSKI, J.; TORMENTA, C.A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 29, p. 235-247, 2005.
- GRAVENA, S. Manejo integrado de pragas do citros: adequação para manejo de solo. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 14, p. 401-419, 1993.
- GRILLO, J.F. *et al.* Efeitos de doses de corretivo e de camadas de correção da acidez do solo sobre a produção de matéria seca de *Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 22, p. 1069-1074, 2000.
- GRUPO PAULISTA DE ADUBAÇÃO DE CITROS. Citros: laranja, limão, tangerina e murcote. In: RAIJ, B. Van *et al.* (Ed.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 133-136. (Boletim técnico, 100).
- KAMINSKI, J. *et al.* Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um argissolo sob pastagem natural. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 29, p. 573-580, 2005.
- MAGALHÃES, A.C. Considerações sobre a fisiologia do sistema radicular: o caso das plantas cítricas. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 9, p. 401-404, 1988.
- MIRANDA, L.N. *et al.* Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 40, p. 563-572, 2005.
- MIYAZAWA, M. *et al.* Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in oxysols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. *Abstracts...* Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Embrapa-CPAC, 1996. p. 8.
- MOREIRA, S.G. *et al.* Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 25, p. 71-81, 2001.
- PAVAN, M.A. Movimentação de calcário no solo através de técnicas de manejo da cobertura vegetal em pomares de macieira. *Rev. Bras. Frutic.*, Cruz das Almas, v. 16, p. 86-91, 1994.
- PINTRO, J.C.; TESCARO, M.D. Correction of an acid soil using the base saturation method and influence on chemical parameters. *Acta Sci. Agron.*, Maringá, v. 21, p. 479-482, 1999.
- PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, p. 675-684, 1998.
- QUAGGIO, J.A. Calagem para citros. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 6, p. 167-178, 1985.
- RAIJ, B. Van *et al.* Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 6, p. 33-37, 1982.
- RAIJ, B. Van *et al.* *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas: Fundação Cargill, 1987.
- RAIJ, B. Van *et al.* *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2. ed. rev. atual. Campinas: IAC, 1997. (Boletim técnico, 100).
- RHEINHEIMER, D.S. *et al.* Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 24, p. 797-805, 2000.
- SILVA, M.A.C. *Aplicação superficial de calcário no solo cultivado com laranjeira Pêra em produção*. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

Received on July 31, 2006.  
Accepted on August 28, 2007.