



# Alterações em atributos químicos no perfil do solo após 93 meses da aplicação superficial de calcário, em sistema plantio direto

Carla Maria Pandolfo<sup>1</sup> e Milton da Veiga<sup>2</sup>

**Resumo** – No sistema plantio direto (SPD), a aplicação de calcário é feita sobre a superfície do solo e o tempo transcorrido desde a aplicação é importante para que as reações se processem. O objetivo deste trabalho foi avaliar, a longo prazo, os efeitos da aplicação superficial de calcário sobre alguns atributos químicos, ao longo do perfil de um solo originalmente ácido. Para isto, foram coletadas amostras de solo em sete camadas, até a profundidade de 60cm, 93 meses após a aplicação de doses de calcário dolomítico correspondentes a zero, 1/4, 1/3, 1/2 e 1 vez a necessidade para elevar o pH-H<sub>2</sub>O do solo a 6,0. O experimento foi conduzido sobre um Nitossolo Vermelho, sob SPD, em Campos Novos, SC. Os atributos avaliados foram pH-H<sub>2</sub>O, pH-KCl, H+Al, Al, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe. A aplicação superficial de calcário aumentou, após 93 meses, o pH-H<sub>2</sub>O, pH-KCl, Ca e Mg trocáveis do solo e diminuiu os teores de H+Al, Al e Mn nas camadas superficiais. Não houve efeito do calcário nos teores de Zn, Cu e Fe. Os efeitos mais significativos das doses de calcário foram observados até 10cm para o pH-KCl, Ca e Mn; até 15cm para o pH-H<sub>2</sub>O e H+Al; até 20cm para o Al e até 40cm para o Mg.

**Termos para indexação:** calagem superficial, acidez, micronutrientes.

## Changes on chemical properties in the soil profile after 93 months of surface lime application, in no-till system

**Abstract** – Liming in no-till system is made on the soil surface, which requires long term for its reaction. The objective of this study was to evaluate the effect of superficial application of lime on some chemical properties in the profile of an acid soil, after long term, in no-till system. Soil was analyzed at seven layers up to 60cm deep, 93 months after the application of dolomitic lime doses, corresponding to zero, 1/4, 1/3, 1/2, and 1 time the necessity to rise the soil pH to 6,0. The experiment was carried out on an Hapludox soil, in Campos Novos, Santa Catarina State, Brazil. Liming increased pH in water and reduced the content of H+Al, Al and Mn, but did not affect the availability of the micronutrients Cu, Zn and Mn. Regarding to the effects of lime doses along the soil profile, pH in KCl, Ca and Mn were affected until 10cm; pH in water and H+Al until 15 cm; Al until 20cm and Mg until 40cm.

**Index terms:** surface liming, soil acidity, micronutrients.

## Introdução

A calagem é uma prática comum nos solos ácidos, sendo efetuada com o objetivo de elevar o pH, diminuir ou neutralizar o efeito de elementos tóxicos como o alumínio (Al) e o manganês (Mn) trocáveis e aumentar os teores de cálcio (Ca) e

de magnésio (Mg) no solo. A aplicação de corretivos da acidez do solo em sistema plantio direto (SPD) é feita sobre a superfície, sem incorporação, já que este sistema não prevê o revolvimento do solo, diferentemente do solo manejado sob preparo convencional. Assim, calcário, fertilizantes e resíduos

vegetais permanecem nas camadas superficiais e, com a não-incorporação dos mesmos, forma-se um gradiente de fertilidade ao longo do perfil do solo. Apesar de o calcário apresentar baixa solubilidade e mobilidade, os efeitos do mesmo nos atributos de solo em profundidade no SPD podem estar

Aceito para publicação em 11/7/07.

<sup>1</sup>Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, C.P. 116, 89620-000 Campos Novos, SC, fone/fax: (49) 3541-0748, e-mail: pandolfo@epagri.sc.gov.br.

<sup>2</sup>Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Campos Novos, e-mail: milveiga@epagri.sc.gov.br.

associados a mecanismos de ordem química, física e biológica (Amaral, 2002). Os possíveis mecanismos, segundo este autor, são a descida de partículas de calcário por meio dos bioporos do solo, o transporte de Ca e Mg acompanhados por ânions solúveis, o transporte de cátions divalentes por ligantes orgânicos e a neutralização da acidez do solo e diminuição da toxidez de Al por ácidos orgânicos, resultantes da ação dos microrganismos na decomposição dos resíduos vegetais.

No SPD, os efeitos da calagem na acidez e em outros atributos químicos do solo têm sido verificados nas camadas mais superficiais do solo, até aproximadamente 15 a 20cm de profundidade (Caires et al., 2002; Amaral et al., 2004; Ciotta et al., 2004), cuja magnitude varia em função do tipo de solo, doses aplicadas, atributo avaliado e tempo transcorrido após a aplicação. Efeitos em maior profundidade também foram observados em um Latossolo Vermelho Distrófico, após longo tempo da aplicação (Caires et al., 2002). Estes autores observaram que, após 92 meses da aplicação de quatro doses de calcário dolomítico na superfície, com reaplicação de duas doses nas subparcelas 7 anos depois da primeira aplicação, houve aumento do pH, do Ca trocável e da saturação de bases e redução do Al trocável até a profundidade de 60cm. Kaminski et al. (2005), por sua vez, verificaram que a eficiência da calagem em um Argissolo se manteve por período superior a 7 anos após sua aplicação em SPD, independentemente de aplicação na superfície ou incorporada.

Em função da expansão do SPD no Planalto Sul Catarinense na década de 90 e da pouca disponibilidade de estudos locais sobre a aplicação de calcário neste sistema, foi desenvolvido o presente trabalho com o objetivo de avaliar o efeito, após 93 meses, da aplicação superficial de doses de calcário sobre alguns atributos químicos ao longo do perfil de um solo originalmente ácido, manejado sob SPD.

## Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Campos Novos, SC, em um Nitossolo Vermelho (Santos

et al., 2006). A área, originalmente com campo natural com vegetação arbustiva, havia sido recém-destocada e submetida a apenas um cultivo de soja sem aplicação de calcário, anteriormente à condução do experimento. Em março de 1995, o solo da área foi amostrado na profundidade de zero a 20cm e os resultados da análise foram: 550g/kg de argila; 4,4 de pH em água (H<sub>2</sub>O); 4,5 de índice SMP; 1,3mg/dm<sup>3</sup> de fósforo (P) disponível; 132mg/dm<sup>3</sup> de potássio (K) trocável; 59g/dm<sup>3</sup> de matéria orgânica (MO); 3,2 cmol/dm<sup>3</sup> de Al trocável; 2,9cmol/dm<sup>3</sup> de Ca trocável e 1,7cmol/dm<sup>3</sup> de Mg trocável. Em junho do mesmo ano, o experimento foi instalado com a aplicação dos tratamentos, com condução do experimento sob SPD.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e três repetições, em parcelas de 36m<sup>2</sup>. Os tratamentos consistiram na aplicação superficial, em parcela única, de doses de calcário calculadas a partir do fracionamento da dose recomendada para elevar o pH em H<sub>2</sub>O a 6,0, estimada pelo índice SMP (Sociedade ..., 1995). As doses de calcário foram de zero; 4,3; 5,8; 8,7 e 17,3t/ha (PRNT 100%), representando, respectivamente, zero, um quarto, um terço, meia e uma vez a dose, sendo as mesmas corrigidas pelo PRNT do calcário dolomítico utilizado (75,1%). Ao longo do tempo de condução do experimento, foram cultivados quatro ciclos de uma rotação com a seqüência bianual das seguintes culturas: triticale/soja/ervilhaca/milho. Em todos os cultivos de milho, soja e triticale foi utilizada adubação de acordo com as recomendações (Sociedade ..., 1995), aplicada por ocasião da semeadura das culturas. As culturas de verão foram semeadas com semeadora de plantio direto dotada de sulcador, e as de inverno, com sistema duplo disco.

Em março de 2003, 93 meses após a instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo nas camadas de zero a 2,5, 2,5 a 5,0, 5 a 10, 10 a 15 e 15 a 20cm com pá e nas camadas de 20 a 40 e 40 a 60cm de profundidade com trado tipo holandês. Nestas amostras de solo foram determinados o pH em

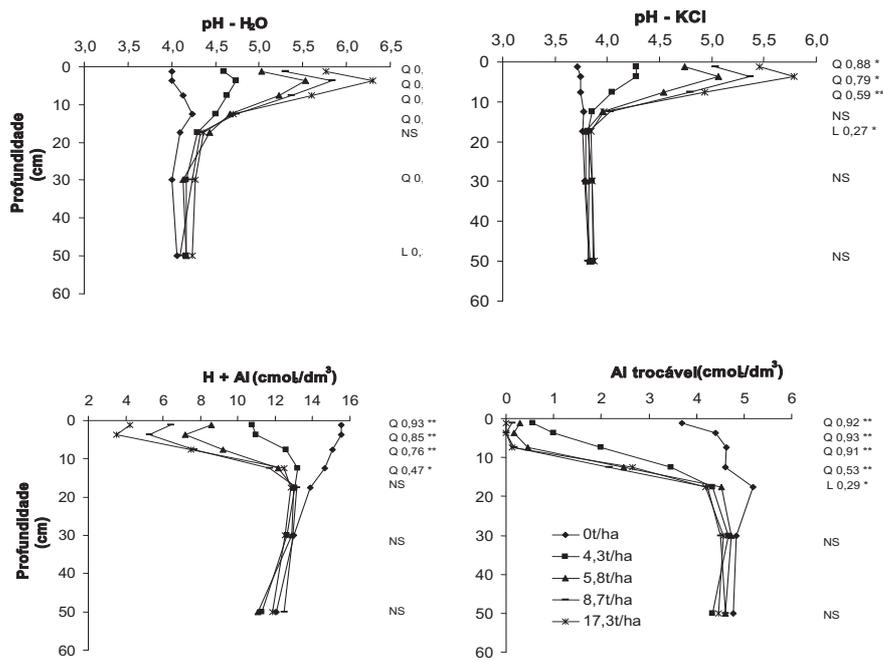
H<sub>2</sub>O, Ca, Mg, Al, Mn, Zn, Cu e Fe pela metodologia descrita em Tedesco et al. (1995) e pH em KCl 1N e H+Al de acordo com Embrapa (1979).

O efeito das doses de calcário nos atributos químicos do solo foi avaliado por meio da análise de variância, com restrição para camadas amostradas, as quais foram consideradas como parcela subdividida. Essa restrição foi utilizada porque, para algumas determinações, é esperado haver diferenças estatísticas entre camadas mesmo na testemunha, refletindo a variação de características do solo ao longo do perfil em condições naturais. O efeito das doses em cada camada foi avaliado por regressões entre os atributos e as doses aplicadas, aceitando-se coeficientes de determinação significativos a 5% (P < 0,05).

## Resultados e discussão

As doses de calcário, aplicadas na superfície, tiveram efeito significativo sobre a maioria dos atributos 93 meses após sua aplicação, não apresentando efeito apenas sobre os teores de Zn, Cu e Fe. Houve aumento do pH em H<sub>2</sub>O, do pH em KCl, do Ca e do Mg trocáveis e redução do H+Al, do Al e do Mn trocáveis nas camadas superficiais (Figuras 1 e 2), como indicam os ajustes significativos das equações de regressão. Estes resultados concordam com os obtidos por Leite et al. (2006), que observaram aumento nos valores de pH, Ca e Mg e redução nos teores de Al nas camadas superficiais anos após a aplicação superficial de doses de calcário em um Argissolo Vermelho Distrófico arênico. Estes autores também observaram que, quanto maior a dose de calcário aplicada na superfície, maior o efeito em profundidade. Teores de Al menores do que 1cmol/dm<sup>3</sup> são encontrados até a profundidade de 10cm nas três doses mais altas de calcário, que representam um terço, meio e um SMP da recomendação.

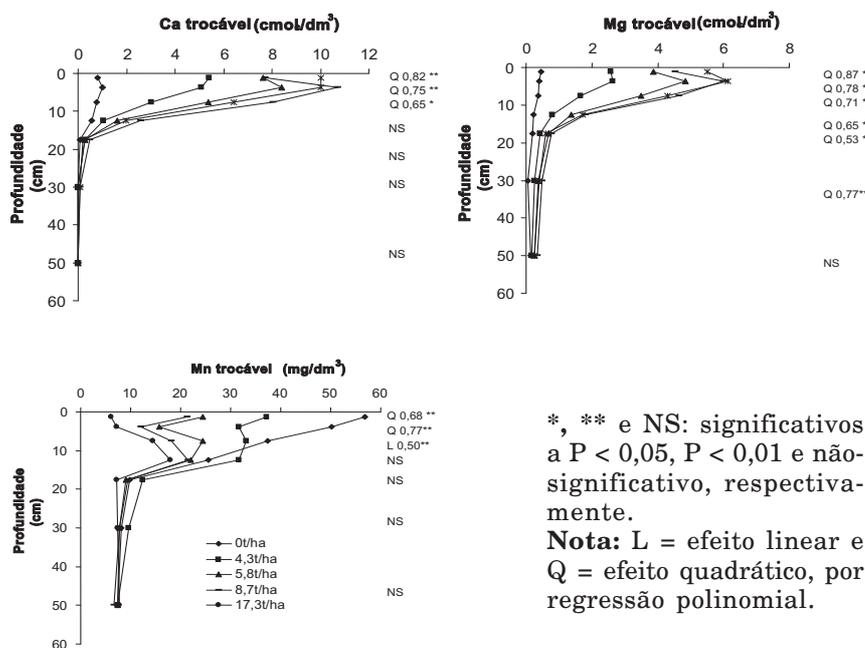
Verificou-se que os valores de pH em H<sub>2</sub>O e em KCl encontrados na camada de 2,5 a 5,0cm, nas três doses mais altas de calcário, são ►



\*, \*\* e NS: significativos a  $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$  e não significativo, respectivamente.

Nota: L = efeito linear e Q = efeito quadrático, por regressão polinomial

Figura 1. Atributos relacionados à acidez do solo ao longo de 60cm de profundidade, 93 meses após a aplicação superficial de doses de calcário, e coeficiente de determinação das regressões significativas entre as doses de calcário e o atributo em cada camada analisada



\*, \*\* e NS: significativos a  $P < 0,05$ ,  $P < 0,01$  e não-significativo, respectivamente.

Nota: L = efeito linear e Q = efeito quadrático, por regressão polinomial.

Figura 2. Cálcio (Ca), magnésio (Mg) e manganês (Mn) trocáveis ao longo de 60cm de profundidade, 93 meses após a aplicação superficial de doses de calcário, e coeficiente de determinação das regressões significativas entre as doses de calcário e o atributo em cada camada analisada

maiores do que aqueles encontrados na camada de zero a 2,5cm (Figura 1), o que pode indicar a ocorrência de uma frente de acidificação a partir da superfície.

Embora as doses de calcário tenham aumentado o pH em água nas camadas de 20 a 40 e 40 a 60cm, isto não se verificou para o pH em KCl, pois os ajustes das regressões polinomiais testadas nessas camadas não foram significativos. Os valores de pH em KCl obtidos no experimento até a profundidade de 20cm ficaram, em média, 0,5 unidade abaixo do pH em  $H_2O$ , indicando haver carga líquida negativa nas condições de pH existentes no solo.

As doses de calcário aumentaram significativamente os teores de Ca e de Mg até as camadas de 5 a 10cm e 20 a 40cm, respectivamente, como indicam os ajustes das regressões (Figura 2). Os teores de Ca encontrados nas camadas de zero a 2,5, 2,5 a 5 e 5 a 10cm, a partir da dose de 4,3t/ha (um quarto SMP), são interpretados como médio a alto, segundo a Sociedade... (2004). Por outro lado, embora as doses de calcário tenham aumentado os teores de Mg até 40cm de profundidade, os teores deste elemento na camada de 20 a 40cm ficaram abaixo de  $0,6\text{cmol/dm}^3$  em qualquer dose aplicada, sendo interpretados como baixos pela Sociedade... (2004). O maior aumento dos teores de Mg em profundidade em relação ao Ca pode estar relacionado ao fato de o Mg ser menos fortemente retido no complexo de troca (Barber, 1984) devido ao seu maior raio hidratado e, conseqüentemente, por estar presente em concentração mais alta na solução do solo (Oliveira et al., 2002), possibilitando maior movimentação no perfil.

As doses de calcário diminuíram significativamente os teores de Mn trocável no solo nas três camadas superficiais, ou seja, até 10cm de profundidade (Figura 2). Na camada de zero a 2,5cm, o teor de Mn reduziu de  $56,8\text{mg/dm}^3$  na testemunha (0t/ha) para  $6,1\text{mg/dm}^3$  na dose de 17,3t/ha. A redução do Mn trocável com o aumento do pH do solo é demonstrada pela equação de regressão exponencial entre as duas variáveis, considerando os pares de

dados obtidos nas camadas de zero a 2,5; 2,5 a 5 e 5 a 10cm ( $Y = 4384e^{-1,0688x}$ , sendo Y o teor de Mn trocável e x o pH em  $H_2O$ ), com coeficiente de determinação de 0,81 ( $P < 0,01$ ). O aumento do pH do solo nas camadas de zero a 5 e 5 a 10cm, devido à calagem superficial, pode resultar na redução de disponibilidade e absorção de Mn pela soja, como determinado por Caíres & Fonseca (2000) em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. Estes autores alertaram para a necessidade de se estabelecerem critérios adequados para a estimativa da dose de calcário a ser aplicada no SPD para evitar esse problema.

## Conclusões

Após 93 meses da aplicação superficial de calcário dolomítico há aumento do pH em KCl e cálcio trocável até 10cm, do pH em  $H_2O$  até 15cm e do Mg trocável até 40cm. Por outro lado, há redução do manganês trocável até 10cm, do H+Al até 15cm e do Al trocável até 20cm. Não há efeito das doses nos teores de Cu, Zn e Fé.

## Literatura citada

1. AMARAL, A.S. *Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície*. 2002. 107f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre,

RS, 2202.

2. AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICH, R. et al. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.2, p.359-367, 2004.
3. BARBER, S.A. *Soil Nutrient Bioavailability – A Mechanistic Approach*. New York: John Wiley & Sons, 1984. 398p.
4. CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema plantio direto em função da calagem na superfície. *Bragantia*, v.59, n.2, p.213-220, 2000.
5. CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. et al. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.26, n.4, p.1011-1022, 2002.
6. CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R. et al. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em Plantio Direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.2, p.317-326, 2004.
7. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, 1979. Não paginado.
8. KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C. et al. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.29, n. 4, p.573-580, 2005.

9. LEITE, G.H.M.N.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C. et al. Atributos químicos e perfil de enraizamento de milho influenciados pela calagem em semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.30, n.4, p.685-693, 2006.
10. OLIVEIRA, H.J. de; ERNANI, P.R.; AMARANTE, C.V.T. do. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. *Revista de Ciências Agro-veterinárias*, Lages, v.1, n.2, p.93-101, 2002.
11. SANTOS, H.G. dos; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C. dos. (Ed.) et al. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 3006p.
12. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 3.ed., Passo Fundo, RS: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Fertilidade do Solo – RS/SC, 1995. 224p.
13. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. 10.ed. Porto Alegre/RS: SBCS/Núcleo Regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2004. 394p.
14. TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS – Departamento de Solos 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).



O programa da família rural

Terça-feira 11h30min  
Canais 13, 17 e 19 da parabólica

# SC AGRICULTURA