

# SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## ALTERAÇÃO DE ATRIBUTOS QUÍMICOS NO PERFIL DO SOLO PELA CALAGEM SUPERFICIAL EM CAMPO NATIVO<sup>(1)</sup>

C. PETRERE<sup>(2)</sup> & I. ANGHINONI<sup>(3)</sup>

### RESUMO

Grande parte das áreas ocupadas por pastagens no estado do Rio Grande do Sul apresentam solos ácidos que, se convenientemente corrigidos, podem ser incorporados na produção de grãos. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a alteração de atributos químicos no perfil de um solo ácido de campo natural após receber a aplicação de calcário e ser cultivado sob diferentes manejos. Dois experimentos foram realizados: um no campo e outro em colunas de solo, em laboratório. O experimento de campo foi instalado em 1993 em área de pastagem natural nunca antes cultivada, em Latossolo Vermelho distrófico típico, no município de Cruz Alta (RS). Foram aplicadas quatro doses de calcário dolomítico (0, 2, 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>), sem incorporação ao solo (sistema plantio direto) e com incorporação (cultivo convencional). Após 42 meses de cultivo contínuo com espécies anuais (verão e inverno), amostras de solo foram coletadas em diferentes camadas no perfil do solo na área experimental e em área adjacente de campo nativo. Nesta ocasião, foram, também, coletadas colunas de PVC com amostras indeformadas de solo nas parcelas testemunhas (sem aplicação de calcário) de ambos os tratamentos de manejo de solo e na área de campo nativo, adjacente. Nelas, foram aplicadas, na superfície do solo, duas doses de calcário (0 e 6 t ha<sup>-1</sup>) e submetidas a uma chuva simulada de 32,5 mm por semana durante 25 semanas. O solo de ambos os experimentos foi analisado em diversas camadas. Enquanto os valores dos atributos químicos foram uniformes na camada de solo mobilizada para a incorporação do calcário no cultivo convencional, houve alteração em profundidade quando o calcário foi distribuído na superfície e cultivado no sistema plantio direto. A magnitude e a profundidade das camadas afetadas foram proporcionais às doses de calcário aplicadas. As alterações ocorreram em maior profundidade no campo nativo do que nos sistemas plantio direto e convencional pela aplicação superficial de calcário em colunas indeformadas de solo e submetidas à chuva simulada. A utilização do campo nativo para o cultivo de espécies anuais por 42 meses alterou substancialmente os atributos químicos originais, independentemente do manejo.

**Termos de indexação:** doses de calcário, plantio direto, preparo convencional.

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Executada com recursos da FAPERGS e FINEP/PRONEX. Recebido para publicação em junho de 1999 e aprovado em março de 2001.

<sup>(2)</sup> Pesquisador da Fundação Centro de Experimentação e Pesquisa – FUNDACEP. Caixa Postal 10, CEP 98100-970 Cruz Alta (RS).

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Caixa Postal 776, CEP 90001-970 Porto Alegre (RS). Bolsista do CNPq. E-mail: ibanghi@ufrgs.br

**SUMMARY:** *CHANGES IN CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE SOIL PROFILE BY SURFACE LIME APPLICATION UNDER NATURAL PASTURE*

*A considerable fraction of the area under natural pastures in the state of Rio Grande do Sul (RS) - Brazil, presents acid soils and, if correctly managed, can be used for grain production. The objective of this study was to evaluate the changes in the chemical characteristics of an acid natural pasture field soil after receiving lime and being cultivated under different managements. Two experiments were conducted: one in the field and the other in soil columns in the laboratory. The field experiment was installed in 1993 in a natural pasture area in a Rhodic Paleudult soil, located in Cruz Alta (RS). Four lime rates were applied (0, 2, 4 and 6 t ha<sup>-1</sup>), followed by no-tillage soil cultivation, without lime incorporation, and under conventional tillage, with incorporation into the soil. After 42 months of continuous cropping with annual species, soil samples were collected in different soil layers. At the same time, undeformed soil samples were collected in columns in the plots that had not received lime application, under both tillage systems, and at an adjacent area under natural conditions. Two lime rates (0 and 6 t ha<sup>-1</sup>) were surface-applied in the columns and submitted to weekly simulated rain for a 25 week period. The soil in both experiments was analyzed in different layers. While the chemical characteristics were uniform in the mobilized soil layer for lime incorporation in the conventional tillage, there were changes in the soil profile by applying lime on the surface under the no-tillage system. The intensity and depth of the affected layers were proportional to the applied rates. The changes were higher in the natural field than in the conventional and no-tillage soil by surface applying lime in undeformed soil columns submitted to simulated rain. Soil use for 42 months with annual crops substantially modified the original soil chemical characteristics of the natural field condition, regardless of the soil tillage system.*

*Index terms: lime rates, no-tillage, conventional tillage.*

## INTRODUÇÃO

A aplicação superficial de calcário, sem incorporação ao solo, é uma prática freqüentemente utilizada no Sul do Brasil para a correção da acidez do solo em lavouras cultivadas no sistema plantio direto. Essa prática tem sido utilizada, inobstante a recomendação tradicional de incorporar o calcário na camada "arável" do solo, devido à baixa solubilidade desse corretivo.

A não-mobilização do solo no plantio direto é uma condição desejada para a preservação de características físicas (agregação e infiltração de água) do solo. Resultados de pesquisas no Sul do Brasil (Cassol, 1995; Ruedell, 1995; Sá, 1996; Pöttker & Ben, 1998) revelam que a reaplicação de calcário na superfície do solo nesse sistema tem mantido a produtividade de trigo, soja e milho nos mesmos níveis em relação à sua incorporação ao solo.

Os efeitos do calcário aplicado na superfície são detectados na subsuperfície do solo após períodos relativamente curtos. Aumentos nos valores de pH, nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e na saturação por bases e diminuição no alumínio trocável foram observados até à profundidade de 10 cm, em períodos de até quatro anos em solos de

textura franca e argilosa (Cassol, 1995; Pöttker & Ben, 1998). Esses efeitos foram maiores em solo de textura arenosa, onde o incremento na percentagem de saturação por bases chegou até 20 cm, e no magnésio trocável até 30 cm (Sá, 1996). Os efeitos, em profundidade, da aplicação superficial de calcário decorrem, provavelmente, da ação conjunta dos seguintes mecanismos: deslocamento de partículas finas de calcário por meio da porosidade contínua no perfil, presença de canaliculos formados por raízes mortas (Pearson et al., 1962) e galerias da mesofauna (Gassen & Kochhann, 1998), formação de pares de cálcio e magnésio com nitrato e sulfato de fertilizantes ou liberados pela mineralização do material orgânico (McMahon & Thomas, 1976; Blevins et al., 1977) ou, ainda, por ligantes orgânicos produzidos na decomposição dos resíduos das culturas depositados na superfície do solo (Pavan, 1997).

Além do elevado aumento de áreas no plantio direto a partir do cultivo convencional (Farias & Ferreira, 1997), está, também, ocorrendo no RS a utilização de áreas de campo nativo, tradicionalmente utilizado na criação extensiva de gado de corte, para o cultivo de espécies de grãos no sistema plantio direto. Nessas áreas, ocorrem solos ácidos, que necessitam ser corrigidos para produzirem economicamente. A não-mobilização desses solos

preserva sua qualidade física e o seu equilíbrio natural. Isso envolve a aplicação superficial de calcário e de fertilizantes, o que, inicialmente, pode melhorar somente a camada superficial, dificultando a penetração das raízes, e deixar as culturas mais susceptíveis ao estresse hídrico.

Os objetivos deste trabalho foram: (a) avaliar a alteração de atributos químicos de um solo ácido após 42 meses de uso com culturas anuais nas condições: (1) aplicação de doses de calcário superficial sobre área de campo nativo e, então, submetido ao plantio direto; (2) incorporação de doses de calcário em área de campo nativo e, então, submetido ao sistema de cultivo convencional; (b) avaliar o efeito da aplicação de calcário em colunas indeformadas de solo, após usado no plantio direto ou convencional, e de campo natural sob pastoreio, submetido à chuva simulada.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados em seqüência: um no campo e outro, em colunas indeformadas de solo, em laboratório.

### Experimento de campo

Neste experimento, foram analisados os atributos químicos no perfil do solo após 42 meses da aplicação de doses de calcário em área de campo nativo, submetida ao cultivo de plantas anuais nos sistemas plantio direto e convencional. O experimento foi instalado pela FUNDACEP no município de Cruz Alta (RS), localizado na região fisiográfica do Planalto Médio, num Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999).

Até 1993, a área experimental era de campo nunca antes cultivada. Em agosto desse ano, a área do experimento foi amostrada na camada de 0-20 cm e as amostras submetidas a análises de laboratório, apresentando os seguintes resultados: argila, 330 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O), 4,9; fósforo disponível (Mehlich-1), 2,5 mg kg<sup>-1</sup>; potássio disponível (Mehlich-1), 38 mg kg<sup>-1</sup>; matéria orgânica (combustão úmida), 30 g kg<sup>-1</sup>; alumínio trocável, 1,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; cálcio trocável, 1,2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; magnésio trocável, 1,2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; H + Al, 3,14 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> e capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva; 5,64 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, conforme descrito por Tedesco et al., (1995). O experimento foi instalado nesse mesmo mês com dois sistemas de manejo (plantio direto e cultivo convencional), quatro doses de calcário (0, 2, 4 e 6 t ha<sup>-1</sup>) e seis tratamentos de fontes e tipos de adubos. O experimento foi arranjado em blocos com três repetições, com as doses de calcário em faixas (75,6 x 15,0 m), em uma direção, e os sistemas de manejo, incluindo fontes e tipos de adubos, também em faixas (60 x 12,6 m), em direção perpendicular à anterior. A dimensão das parcelas que combinam os

tratamentos mencionados era de 15 x 12,6 m. O calcário, com PRNT de 75%, foi distribuído uniformemente em toda área, em doses equivalentes ao PRNT de 100%, sendo mantido na superfície, sem incorporação, no plantio direto, e incorporado, no cultivo convencional, por meio de uma lavração na camada de 0-20 cm e duas gradagens na camada de 0-15 cm.

Em ambos os sistemas de cultivo (plantio direto e convencional), foi utilizada a mesma seqüência de culturas: soja-soja-milho-soja (*Glycine max-Glycine max-Zea mays-Glycine max*), no verão, e aveia preta-aveia preta-trigo (*Avena strigosa-Avena strigosa-Triticum aestivum*), no inverno, implantadas com semeadora. No sistema convencional de manejo, o solo foi mobilizado com o uso de arado e grade antes de cada cultivo.

A adubação das culturas foi baseada na análise de solo, de acordo com as recomendações da CFSRS/SC (1989). As mesmas constaram de 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para os dois primeiros cultivos de soja, e de 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o terceiro cultivo (de soja); de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o cultivo do milho, e de 45 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, para o cultivo do trigo. A cultura utilizada como cobertura de solo (aveia preta) não recebeu adubação.

O efeito da aplicação de calcário sobre os atributos químicos no perfil do solo foi avaliado em amostras de solo coletadas em fevereiro de 1997, na cultura da soja, nas parcelas de combinação de doses de calcário e sistemas de manejo (plantio direto, sem incorporação do calcário ao solo, e preparo convencional, com incorporação) que receberam adubos solúveis e, ainda, em uma área adjacente de campo natural, para avaliar o efeito do uso do solo. Esta área foi considerada como referência, representando a condição original predominante de vegetação (zonal), que é a pastagem natural, também denominada campo nativo.

As amostras de solo foram retiradas das subparcelas (formadas por cinco subamostras com 5 cm de espessura e 20 cm de largura, coletadas com pá de corte) em 12 camadas: 0-2,5; 2,5-5,0; 5,0-7,5; 7,5-10,0; 10,0-12,5; 12,5-15,0; 15,0-17,5; 17,5-20,0; 20,0-22,5; 22,5-25,0; 25,0-27,5 e 27,5-30,0 cm. As amostras foram secas, moídas e submetidas a análises químicas. Nessa mesma ocasião, efetuou-se um estudo de infiltração de água no solo, utilizando-se o método dos cilindros concêntricos, descrito por Cauduro & Dorfman (1996), em três pontos de cada repetição dos tratamentos de manejo e, ainda, na área adjacente de campo nativo (área de referência).

### Experimento de laboratório

Na mesma época da amostragem do solo (fevereiro de 1997), foram retiradas colunas

indeforçadas de solo das parcelas que não receberam calcário (dose zero) e cultivadas no plantio direto (sem revolvimento do solo) e convencional (com revolvimento do solo) e, ainda, na área de referência adjacente (campo nativo). As colunas de PVC rígido, com 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, foram introduzidas no solo com o auxílio de um macaco hidráulico acoplado a um trator. Após, foram transferidas para laboratório do Departamento de Solos da UFRGS, em Porto Alegre (RS), onde foram acomodadas em bancada de madeira, sobre funis com areia para permitir a posterior retirada do lixiviado. Os resíduos (pastagem nativa e aveia preta) permaneceram na superfície do solo nas colunas. O solo da superfície foi adensado junto às bordas das colunas para a aplicação de parafina derretida e, assim, impedir escoamento preferencial de água junto às paredes das colunas.

Aplicaram-se, a seguir, duas doses de calcário filler, com PRNT de 99%, equivalentes a 0 (zero) e 6,0 t ha<sup>-1</sup>, na superfície do solo das colunas. O experimento foi arranjado em blocos ao acaso, com três sistemas de manejo (área adjacente de campo nativo, plantio direto e cultivo convencional), duas doses de calcário e duas repetições. Com base nos dados médios dos últimos cinco anos de precipitação pluviométrica da região da área experimental, foi efetuada uma simulação de chuva de 32,5 mm por semana, num total de 25 semanas (março a setembro de 1997), totalizando 808 mm. Após a aplicação de cada chuva simulada, as colunas permaneceram cobertas por 24 h para a percolação da água. Após, foi aplicada uma sucção no fundo da coluna durante um minuto, tempo suficiente para a retirada do excesso de água. Após o período experimental, as colunas, previamente congeladas, foram desmontadas e separadas em seções transversais, por corte com lâmina, em camadas com espessura de 0-1,25; 1,25-2,5; 2,5-3,75; 3,75-5,0; 5,0-7,5; 7,5-10,0; 10,0-12,5; 12,5-15,0; 15,0-17,5; 17,5-20,0; 20,0-22,5; 22,5-25,0; 25,0-27,5 e 27,5-30,0 cm, e, após secas e moídas, foram submetidas às análises e determinações.

### Análises e determinações

**Atributos químicos:** os atributos químicos nas camadas de solo: pH-H<sub>2</sub>O, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, potássio disponível (Mehlich-1) e matéria orgânica (digestão úmida), foram analisados, conforme descrito por Tedesco et al. (1995).

**Infiltração de água no solo:** as taxas de infiltração instantânea e final de água no solo da área experimental, no campo, foram determinadas por meio da variação da taxa de infiltração no tempo, conforme descrito por Cauduro & Dorfman (1996).

**Difratometria de raios X:** análises mineralógicas por difratometria de raios X (DRX) foram realizadas em amostras de solos nas colunas para detectar a

presença dos minerais calcita e dolomita. Após secas, as amostras foram homogeneizadas e passadas por conjunto de peneiras de aberturas de 1,00; 0,50, 0,250, 0,105 e 0,0053 mm. Utilizou-se equipamento Philips, com goniômetro vertical, radiação FeK $\alpha$  e monocromador de grafite. As amostras foram orientadas e passadas a 2<sup>o</sup> 20 por minuto, de 4 a 55<sup>o</sup>, e as condições de operação do aparelho foram de 30 kv e 30 mA.

**Análise estatística:** procedeu-se a 4 análise da variância, com a aplicação do teste de médias (P < 0,05) para a diferenciação dos tratamentos dos atributos químicos avaliados. O modelo estatístico utilizado para a análise da variância do experimento de campo foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + \text{erro a}(i,j) + D_k + \text{erro b}(i,k) + SD_{j,k} + \text{erro c}(i,j,k) + C_l + SC_{j,l} + DC_{k,l} + SDC_{j,k,l} + \text{erro d}(i,j,k,l)$$

em que B = blocos (i = 1,2,3); S = sistemas de manejo (j = 1,2); D = doses de calcário (k = 1,2,3,4); C = camadas de solo (l = 1, 2,...,12).

O modelo estatístico para análise do experimento em colunas no laboratório foi:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_i + S_j + D_k + \text{erro a}(i,j,k) + C_l + SC_{j,l} + DC_{k,l} + \text{erro b}(i,j,k,l)$$

em que B = blocos (i = 1,2); S = sistemas de manejo (j = 1,2,3); D = doses de calcário (k = 1,2); C = camadas de solo (l = 1,2,..., 14).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

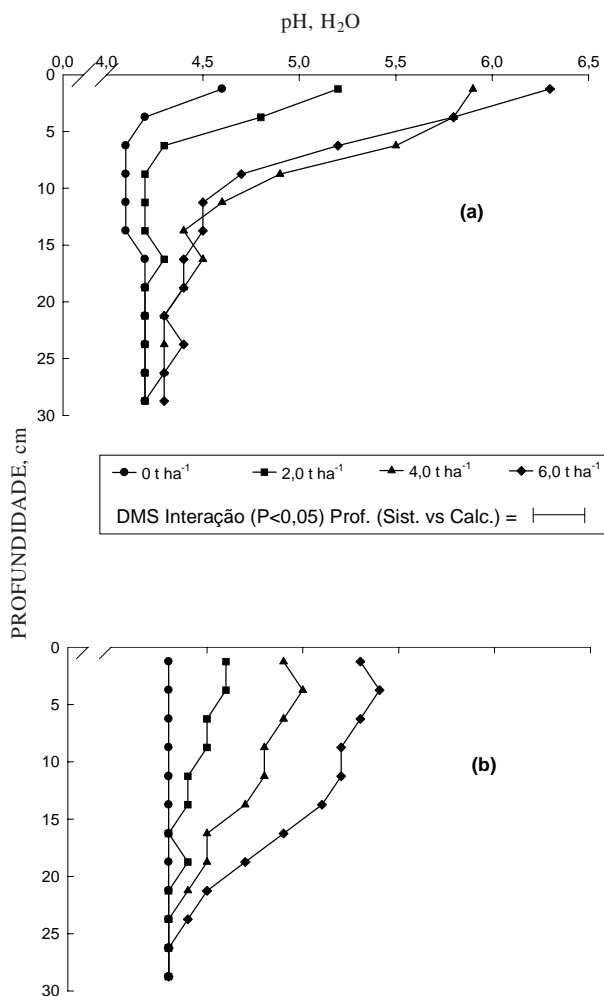
### Atributos químicos no perfil do solo no campo

A aplicação do calcário na superfície (Figuras 1a a 5a) ou incorporado ao solo (Figuras 1b a 5b) determinou aumento dos valores de pH, cálcio e magnésio trocáveis e CTC efetiva e diminuição do teor de alumínio trocável, em relação aos tratamentos testemunhas (sem calcário). Os efeitos foram proporcionais às doses aplicadas.

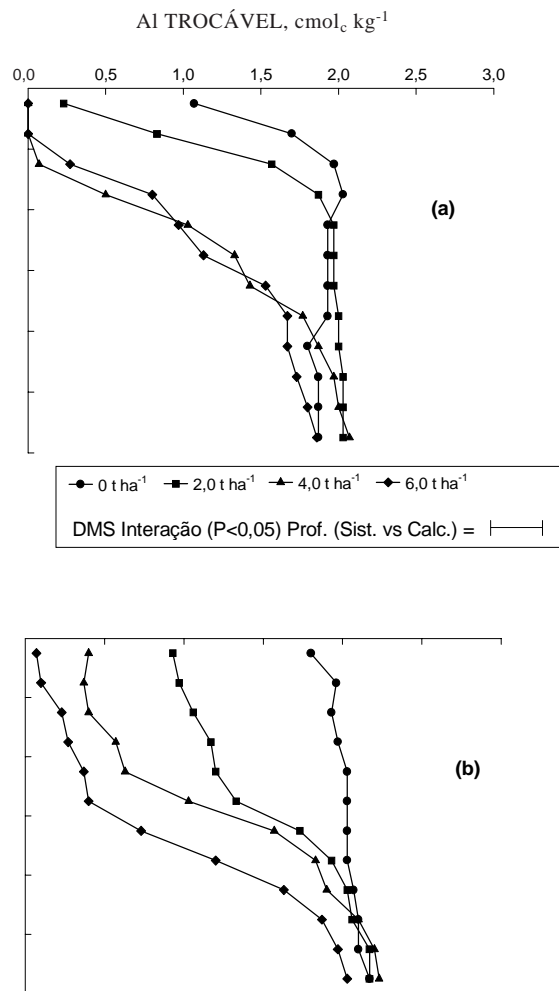
Os valores dos atributos químicos foram, em geral, uniformes na camada de incorporação do calcário (Figuras 1b a 5b). Os pequenos gradientes verificados podem, ao menos em parte, resultar da ação diferenciada de mistura do calcário com o solo promovida pelos implementos utilizados no preparo (arado e grade).

A ação do calcário, sem incorporação ao solo, como esperado, resultou na formação de gradientes nos atributos químicos a partir da superfície do solo (Figuras 1a a 5a). A magnitude dos gradientes e a profundidade da camada afetada foram, também, proporcionais às doses de calcário aplicadas. Assim, na maior dose (6 t ha<sup>-1</sup>), os efeitos na CTC efetiva





**Figura 1.** Valores de pH no perfil do solo após 42 meses da aplicação de doses de calcário no campo nativo e cultivado no: (a) plantio direto sem incorporação ao solo e (b) preparo convencional com incorporação ao solo.



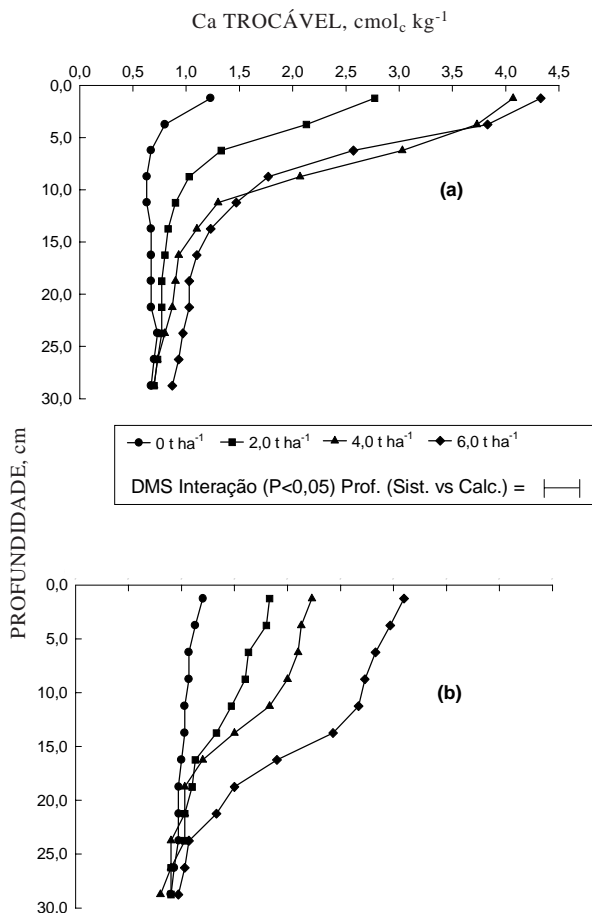
**Figura 2.** Valores de alumínio trocável no perfil do solo após 42 meses da aplicação de doses de calcário no campo nativo e cultivado no: (a) plantio direto sem incorporação ao solo e (b) preparo convencional com incorporação ao solo.

atingiram até à camada de 10,0-12,5 cm de profundidade, no pH em água até 12,5-15,0 cm, no alumínio e cálcio trocáveis até 15,0-17,5 cm e no magnésio trocável até 20,0-22,5 cm. As profundidades afetadas são maiores do que as relatadas para solos com textura, doses de calcário e tempo decorrido da aplicação similares à deste trabalho (Sá, 1996; Pöttker & Ben, 1998), em aplicações superficiais de calcário no plantio direto instalado em lavouras previamente cultivadas no preparo convencional de solo. Nesses trabalhos, as camadas afetadas foram de 0-5,0 cm, para CTC efetiva, e até 5,0-10,0 cm, para pH em água e cálcio, alumínio e magnésio trocáveis.

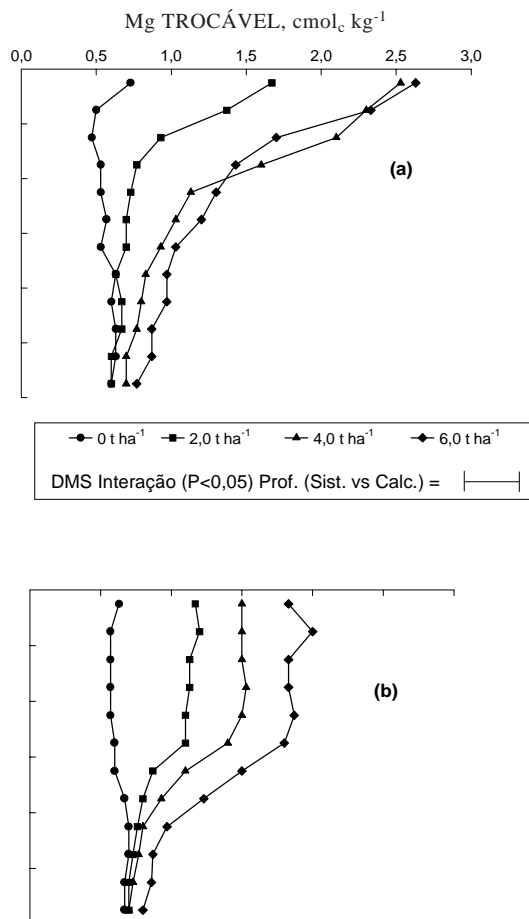
A ação do calcário em profundidade no perfil, a partir da superfície do solo, é restringida porque os ânions resultantes da sua dissolução, responsáveis

pela neutralização da acidez, são, também, consumidos nas reações com outros cátions ácidos ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ ) na camada de deposição do calcário (Miyasawa et al., 1996). Assim, a ação em profundidade somente deve ocorrer após neutralização dos cátions ácidos, o que acontece em pH acima de 5,6 (Pavan & Roth, 1992). Além disto, o aumento da CTC, pela elevação do pH, aumenta a retenção de cátions.

Neste trabalho, o efeito em profundidade deve ter ocorrido pelo deslocamento vertical de partículas de calcário, por meio de canalículos e espaços deixados por raízes, e, ou, pela formação de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  e, ou, ainda, pela formação de compostos orgânicos de baixo peso molecular, liberados pela decomposição dos resíduos das culturas. Esses compostos orgânicos atuam como ligantes complexando o alumínio (Oliveira et al., 1996)



**Figura 3.** Valores de cálcio trocável no perfil do solo após 42 meses da aplicação de doses de calcário no campo nativo e cultivado no: (a) plantio direto sem incorporação ao solo (b) preparo convencional com incorporação ao solo.



**Figura 4.** Valores de magnésio trocável no perfil do solo após 42 meses da aplicação de doses de calcário no campo nativo e cultivado no: (a) plantio direto sem incorporação ao solo e (b) preparo convencional com incorporação ao solo.

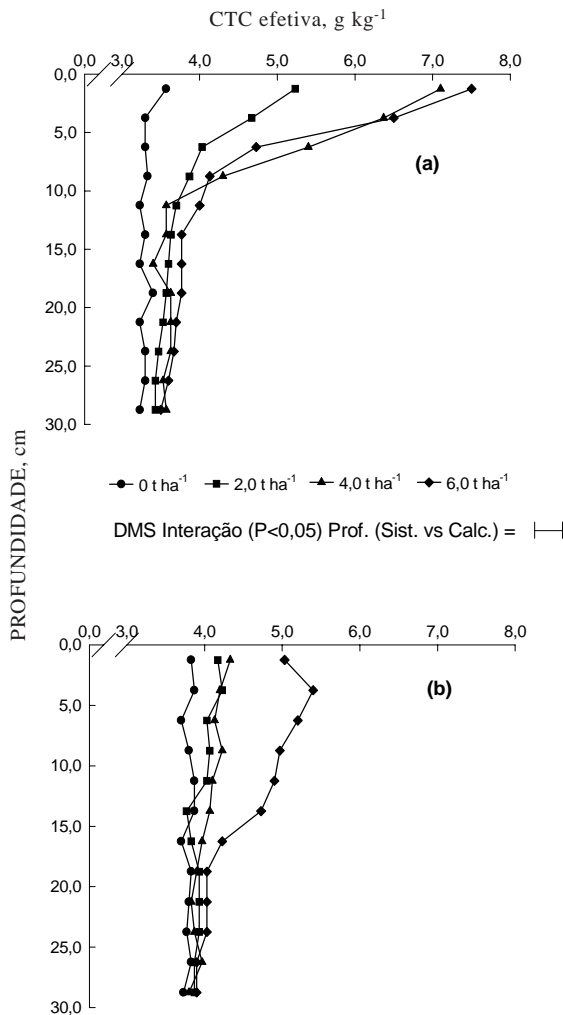
ou lixiviando cálcio e magnésio preferencialmente ao potássio (Leal et al., 1993; Pavan, 1997). O deslocamento de cálcio e magnésio ocorre, segundo os autores, pela alteração da carga líquida dos complexos, com predomínio das cargas negativas ( $\text{CaL}^-$  ou  $\text{MgL}^-$ , em que L = ligante orgânico). A aveia forrageira, utilizada nos dois primeiros anos como cobertura de inverno no experimento em estudo, mostrou-se, de acordo com Miyazawa et al. (1996) e Pavan (1997), mais eficiente nesse processo do que outras culturas de cobertura, como centeio, mucuna, leucena e trigo.

#### Atributos químicos no perfil do solo em colunas

Nas colunas indeformadas de solo, nos tratamentos onde não foi aplicado calcário, observou-se uma diferenciação dos atributos químicos resultantes do uso do solo nos diferentes sistemas de manejo: os valores de pH em água e de cálcio e magnésio trocáveis foram mais elevados e

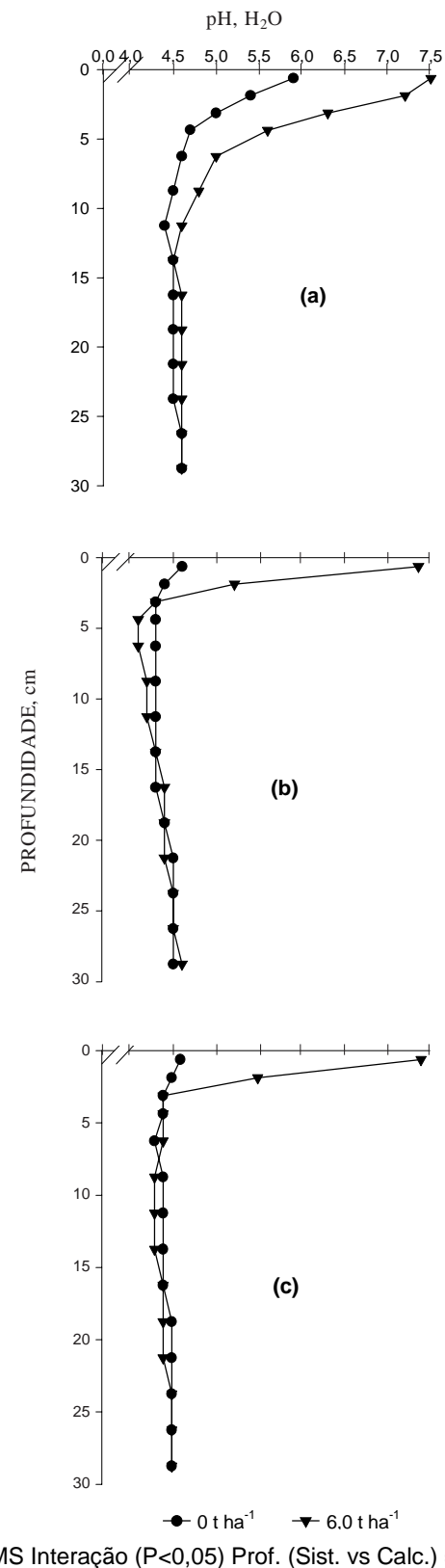
apresentaram gradientes decrescentes no campo nativo (Figuras 6, 8 e 9) e os teores de alumínio trocável mais baixos, com gradientes crescentes mais acentuados em relação aos sistemas de manejo (Figura 7). No sistema plantio direto, observaram-se pequenos gradientes no perfil do solo, especialmente para cálcio e magnésio trocáveis na camada de 0-5,0 cm (Figuras 8b e 9b).

A aplicação do calcário na superfície do solo nas colunas provocou a formação de gradientes acentuados nas três condições de manejo anterior do solo. Na camada superficial (0-1,25 cm), o pH em água se elevou até aproximadamente 7,5 (Figura 6) e o alumínio trocável foi neutralizado (Figura 7), havendo incrementos no teor de cálcio trocável (Figura 8) em relação às respectivas testemunhas. No caso do magnésio trocável, isso ocorreu com menor intensidade nos sistemas plantio direto e convencional, e pouco alterada no campo nativo (Figura 9).

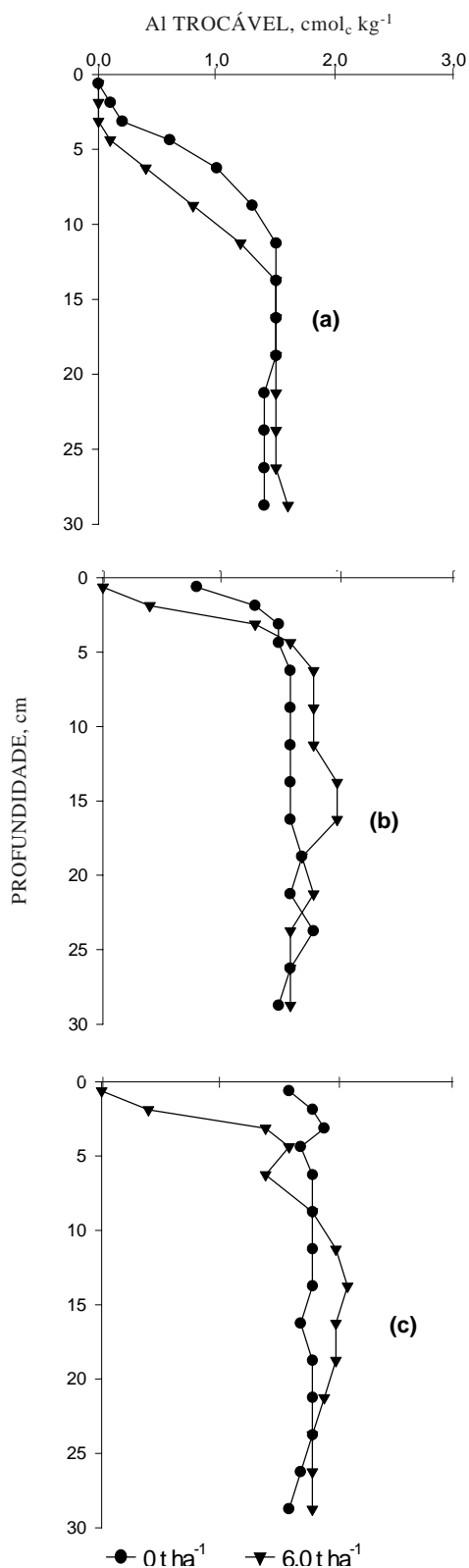


**Figura 5.** Valores de capacidade de troca efetiva no perfil do solo após 42 meses da aplicação de doses de calcário no campo nativo e cultivado no: (a) plantio direto sem incorporação ao solo e (b) preparo convencional com incorporação ao solo.

A aplicação superficial do calcário provocou, também, diferenças nos efeitos em profundidade, entre os tipos de manejo, quando comparados às testemunhas sem aplicação de calcário. Os maiores efeitos ocorreram na condição de campo nativo, onde os valores de pH em água aumentaram (Figura 6a) e os teores de alumínio trocável diminuíram (Figura 7a) até à camada de 5,0-7,5 cm de profundidade e os de magnésio trocável (Figura 9a) aumentaram até à camada de 7,5-10,0 cm. Esses efeitos ocorreram em menores profundidades no plantio direto (pH em água - Figura 6b, alumínio - Figura 7b e magnésio trocáveis - Figura 9b, até à camada de 1,25-2,5 cm) e preparo convencional (pH em água - Figura 7c e magnésio trocável - Figura 9c, até à camada de 1,25-2,5 cm e alumínio trocável - Figura 7c, até à camada de 2,5-3,75 cm).



**Figura 6.** Valores de pH do solo após 25 semanas da aplicação superficial de doses de calcário em colunas indeformadas coletadas em área de: (a) campo nativo, (b) plantio direto e (c) preparo convencional.



**Figura 7. Valores de alumínio trocável do solo após 25 semanas da aplicação superficial de doses de calcário em colunas indeformadas coletadas em área de: (a) campo nativo, (b) plantio direto e (c) preparo convencional.**

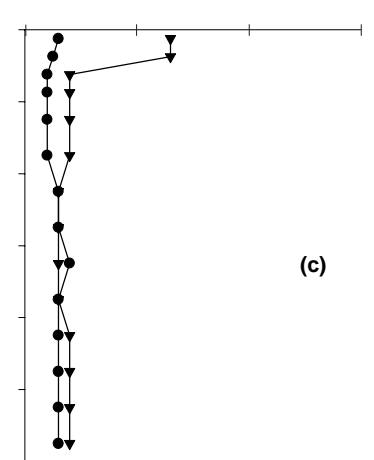
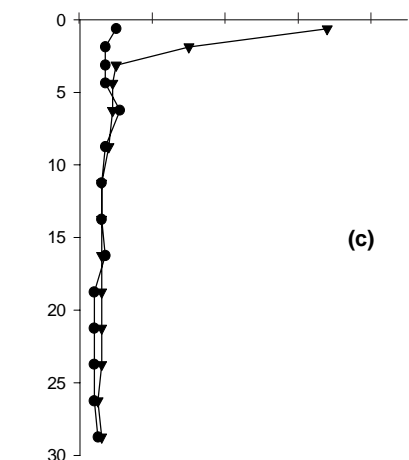
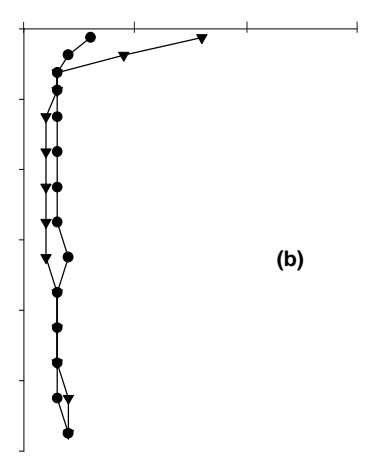
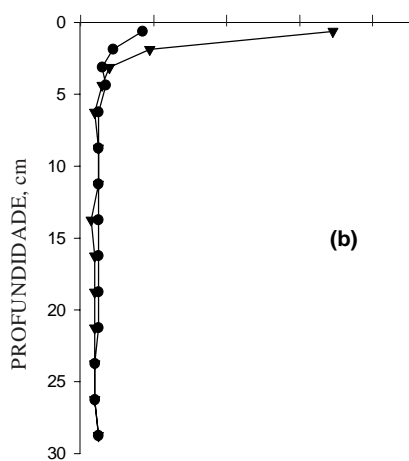
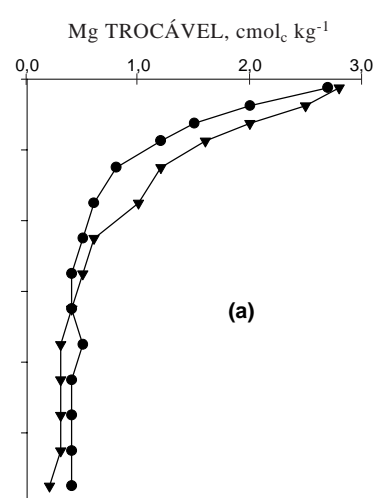
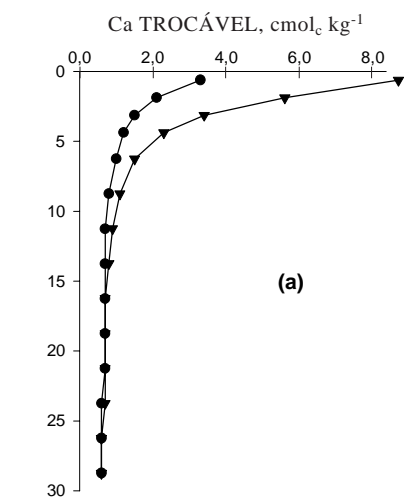
Com relação ao cálcio trocável (Figura 8), não houve efeito da interação (tripla) doses de calcário vs sistemas de manejo vs profundidade. Houve, no entanto, efeito de doses de calcário e de sistemas de manejo vs profundidade. Assim, os teores de cálcio trocável foram afetados até à camada de 3,75-5,0 cm pela aplicação de calcário no campo nativo, em e até à camada de 2,5-3,75 cm nos sistemas plantio direto e convencional.

As taxas de infiltração de água foram elevadas e iguais no campo nativo e plantio direto ( $19 \text{ cm h}^{-1}$ ), porém mais elevadas do que as do preparo convencional ( $16 \text{ cm h}^{-1}$ ). As taxas de infiltração final foram, também, iguais no campo nativo e plantio direto ( $13 \text{ cm h}^{-1}$ ), mas superiores às do preparo convencional ( $8 \text{ cm h}^{-1}$ ), ocorrendo em período de tempo menor naqueles (103 e 104 min) do que no preparo convencional (109 min). Assim, o deslocamento vertical de partículas finas de calcário, provocado pela maior infiltração de água, poderia explicar a sua ação em profundidade somente nas colunas de campo nativo, até à camada de 2,5-3,75 cm, onde foi detectada a presença de dolomita. A presença de ambas, calcita e dolomita, minerais constituintes do calcário, somente foi detectada na camada superficial (0-1,25 cm) de todos os tratamentos, quando o calcário foi depositado nas colunas.

Considerando que os efeitos da aplicação superficial de calcário nos atributos químicos analisados foram constatados em profundidades maiores (Figuras 6 a 9) do que a profundidade de detecção dos minerais constituintes do calcário, deve ter havido ação de compostos orgânicos no processo. Os compostos orgânicos hidrossolúveis, originados da decomposição dos resíduos das culturas, além de favorecerem a descida de cátions básicos divalentes no perfil do solo (Leal et al., 1993; Pavan, 1997), complexam cátions de reação ácida ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ ) na solução do solo, liberando ânions ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) que neutralizam o alumínio e aumentam o pH. Além disto, a presença de compostos orgânicos de alto poder ligante, como os ácidos fúlvicos, em maior proporção no campo nativo e no plantio direto consolidado, podem complexar o alumínio do solo, inclusive mais eficientemente do que os compostos orgânicos hidrossolúveis (Salet, 1998). A conjugação de tais efeitos poderia, então, explicar a diminuição de alumínio até à profundidade de 40 cm após 31 meses da aplicação superficial de calcário em um Latossolo Vermelho-Escuro de textura muito argilosa, como verificada por Oliveira et al. (1996).

O solo coletado em 1997 em área imediatamente adjacente ao experimento, com vegetação natural, representa a condição original da área experimental. Isto pode ser constatado pela similaridade dos resultados analíticos de atributos químicos do solo da camada de 0-20,0 cm: pH em água 4,9 e 4,5, alumínio trocável 1,5 e 1,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , cálcio trocável 1,2 e 1,1  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , magnésio trocável 1,2





● 0 t ha<sup>-1</sup> ▼ 6.0 t ha<sup>-1</sup>

DMS Interação (P<0,05) Prof. (Sist. vs Calc.) = |—|

**Figura 8. Valores de cálcio trocável do solo após 25 semanas da aplicação superficial de doses de calcário em colunas indeformadas coletadas em área de: (a) campo nativo, (b) plantio direto e (c) preparo convencional.**

● 0 t ha<sup>-1</sup> ▼ 6.0 t ha<sup>-1</sup>

DMS Interação (P<0,05) Prof. (Sist. vs Calc.) = |—|

**Figura 9. Valores de magnésio trocável do solo após 25 semanas da aplicação superficial de doses de calcário em colunas indeformadas coletadas em área de: (a) campo nativo, (b) plantio direto e (c) preparo convencional.**

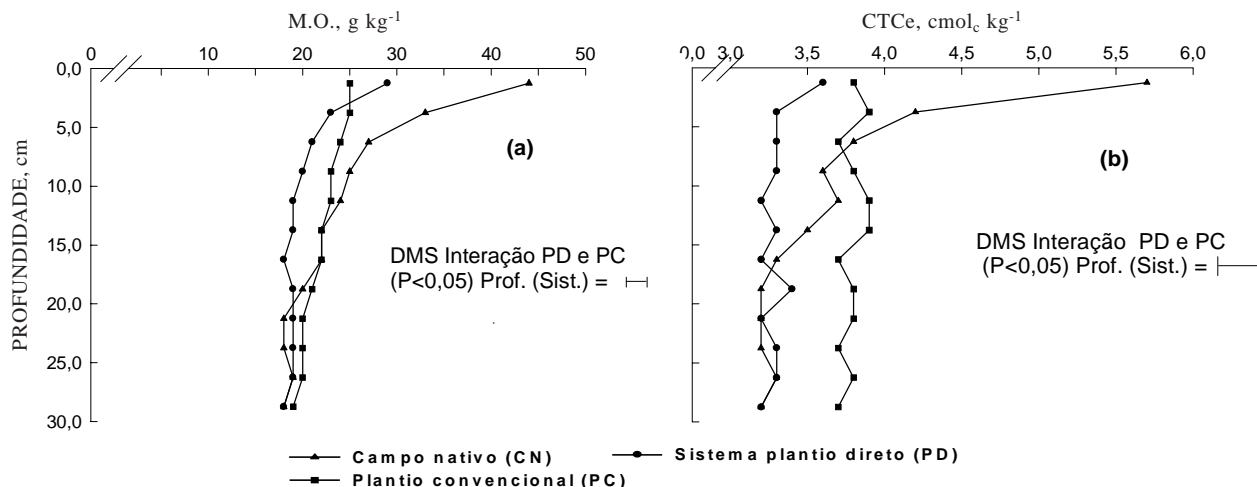


Figura 10. Valores de (a) da matéria orgânica e (b) da capacidade de troca efetiva no perfil do solo no campo nativo e após 42 meses de sua utilização em diferentes manejos de solo.

e 1,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e matéria orgânica 30 e 28 kg<sup>-1</sup>, respectivamente, em 1993 e 1997.

Desta forma, a utilização do solo de campo nativo por 42 meses, quer no plantio direto, quer no cultivo convencional, causou rápido decréscimo no teor de matéria orgânica (Figura 10a), independentemente da adição ou não de calcário (Petrere, 1998). Essa diminuição, em torno de 40% em 42 meses, foi similar à encontrada por Pöttker (1977), em diferentes solos sob preparo convencional, cultivados com culturas anuais (trigo/soja, em sucessão) a partir de mata natural ou campo nativo. O menor teor de matéria orgânica significa menor número de cargas negativas, que se reflete em menor CTC efetiva, conforme verificado no presente trabalho (Figura 10b). A diminuição do valor desses atributos nos tratamentos que não receberam calcário é acompanhada pela diminuição dos valores de pH (Figura 6), de cálcio trocável (Figura 8) e de magnésio trocável (Figura 9) e aumento nos valores de alumínio trocável (Figura 7) nos sistemas plantio direto e convencional em relação aos respectivos valores do campo nativo.

## CONCLUSÕES

1. Houve alteração em profundidade nos atributos químicos quando o calcário foi distribuído na superfície do campo nativo e cultivado no plantio direto por 42 meses; a magnitude e a profundidade da camada afetada foram proporcionais às doses aplicadas.

2. Os valores dos atributos químicos foram uniformes na camada mobilizada do solo para a incorporação do calcário no sistema convencional de cultivo.

3. Os efeitos nos atributos químicos da aplicação superficial de calcário em colunas indeformadas e submetidas a uma chuva simulada de 32,5 mm por semana durante 25 semanas ocorreram em maior profundidade no campo nativo do que nos sistemas plantio direto e convencional.

4. A ocupação agrícola do campo nativo com culturas anuais, independentemente do sistema de cultivo do solo, reduziu os valores originais de matéria orgânica, de pH em água, de CTC efetiva e dos teores de cálcio e de magnésio trocável e aumentou os valores de alumínio trocável.

## LITERATURA CITADA

- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W. & CORNELIUS, P.L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. *Agron. J.*, 69:383-386, 1977.
- CASSOL, L.C. Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 97p. (Tese de Mestrado)
- CAUDURO, F.A & DORFMAN, R. Manual de ensaios de laboratório e de irrigação e drenagem. Porto Alegre, PRONI:IPH - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1986. 216p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - CFSRS/SC. Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2.ed. Passo Fundo. SBCS/Núcleo Regional Sul - EMBRAPA/CNPQ, 1989. 128p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Rio de Janeiro, EMBRAPA-Solos, 1999. 412p. (EMBRAPA-Solos. Documentos, 15)

- FARIAS, A.D. & FERREIRA, T.M. Expansão do plantio direto no Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1997. 3p. (Informativo da EMATER-RS, 8)
- GASSEN, D.N. & KOCHHANN, R.A. Benefícios da fauna do solo de plantio direto. In: NUERNBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, SBCS/Núcleo Regional Sul, 1998. p.151-160
- LEAL, A.C.; PAVAN, M.A. & INQUE, M.T. Alterações na fertilidade das camadas superficiais do solo por resíduos de leucena. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1. Curitiba, 1993. Anais. Curitiba, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1993. p.220-222
- McMAHON, M.A. & THOMAS, G.W. Anion leaching in two Kentucky soils under conventional tillage and a killed-sood mulch. *Agron. J.*, 68:437-442, 1976.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. & SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crops residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte, 1996. Abstracts. Sete Lagoas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.142
- OLIVEIRA, E.L.; PAVAN, M.A. & SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crops residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., Belo Horizonte, 1996. Abstracts. Sete Lagoas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.142.
- PAVAN, M.A. & ROTH, C.H. Effect of lime and gypsum on chemical composition of runoff and leachate from samples of a brazilian Oxisol. *Ci.Cult.*, 44:391-394, 1992.
- PAVAN, M.A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo plantio direto. *R. Plantio Direto*, 41:8-12, 1997.
- PEARSON, R.W.; ABRUNA, F. & VICE-CHANCES, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movements of calcium and magnesium in two humid soils of Puerto Rico. *Soil Sci.*, 93:77-82, 1962.
- PETRERE, C. Calagem na superfície do solo no plantio direto em campo nativo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 108p. (Tese de Mestrado)
- PÖTTKER, D. Efeitos do tipo de solo, tempo de cultura e da calagem sobre a mineralização da matéria orgânica em solos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1977. 128p. (Tese de Mestrado)
- PÖTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem em solos sob plantio direto e em campo nativo do Rio Grande do Sul. In: NUERNBERG, N.J., ed. Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto. Lages, SBCS/Núcleo Regional Sul, 1998. p.77-110
- RUEDELL, J. Plantio direto na região de Cruz Alta. Cruz Alta, FUNDACEP/FECOTRIGO, 1995. 134p.
- SÁ, J.C.M. Calagem em solos sob plantio direto na região dos Campos Gerais, Centro-Sul do Paraná. In: SÁ, J.C.M. Manejo do Solo no Sistema Plantio Direto. Ponta-Grossa, Fundação ABC, 1996. p.73-107.
- SALET, R.L. Toxidez de alumínio no sistema plantio direto. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 109p. (Tese de Doutorado)
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C. & BISSANI, C. Análises de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5)

