

Atributos químicos de um Nitossolo Vermelho e rendimento de culturas após uma única aplicação de doses de calcário na superfície

Chemical characteristics of an Oxisol and crop production after a unique application of lime doses on the surface

Carla Maria Pandolfo¹*, Milton da Veiga¹

Recebido em 11/12/2009; aprovado em 08/09/2010.

RESUMO

Nas lavouras com cultivo de grãos sob sistemas de manejo com pouco revolvimento de solo, como o sistema plantio direto, os corretivos de acidez têm sido aplicados sobre a superfície do mesmo, sem incorporação. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da aplicação superficial de doses de calcário sobre os atributos químicos do solo e o rendimento de grãos de milho, triticale e soja. O experimento foi conduzido em um Nitossolo Vermelho, em Campos Novos, SC. Os tratamentos consistiram da aplicação, em dose única, de 0,0; 4,3; 5,8; 8,7; e 17,3 t ha⁻¹ de calcário dolomítico, ajustado para PRNT 100%, representando, respectivamente, as doses correspondentes a 0, 25, 33, 50 e 100% da dose estimada pelo índice SMP para elevar o pH em água do solo a 6,0 na camada de 0-20 cm. O experimento foi conduzido por um período de oito anos, utilizando uma rotação de culturas de dois anos, com a sequência: triticale, soja, ervilhaca e milho. Foram avaliados, nas camadas de 0,0-2,5, 2,5-5, 5-10 e 10-20 cm de profundidade, pH em água e Al trocável em oito épocas de coleta e saturação por Al, saturação por bases, Ca e Mg trocáveis em quatro épocas de coleta, assim como o rendimento relativo de grãos de triticale, soja e milho para cada safra. A aplicação de calcário na superfície do solo modificou os atributos químicos do solo ao longo do tempo de avaliação, com aumento do pH em água, dos teores trocáveis de Ca e de Mg e da saturação por bases e redução dos teores de Al trocável e de saturação por Al, inicialmente nas camadas superficiais e aprofundando com o tempo

de experimentação. A dose de 4,3 t ha⁻¹ (25% SMP), aplicada na superfície, proporcionou melhorias nos atributos de solo avaliados, resultando em rendimento relativo de grãos de 90% para a média de quatro cultivos de soja, e de 86 e 89% para o milho cultivado, respectivamente, no quinto e sétimo ano após a aplicação do calcário.

PALAVRAS-CHAVE: pH em água, acidez do solo, milho, soja, triticale.

SUMMARY

When the soil management does not include significant soil disturbance, like in no tillage system, the lime is applied on the surface, without incorporation. To study the effect, along the time, of a unique superficial application of lime doses on the soil chemical characteristics and on crop production, it was conducted a trial in an Oxisol in Campos Novos Council, Santa Catarina State, Brazil. The treatments were lime doses of 0.0, 4.3, 5.8, 8.7 and 17.3 t ha⁻¹, adjusted to 100% efficiency of a dolomite lime, which represents respectively doses of 0, 25, 33, 50 and 100% the need to increase soil pH in water to 6.0 at the 0-20 cm soil layer, calculated by the SMP index. The trial was performed along eight years, using a two years crop rotation including triticale (*X Triticosecale*, W.), soybean (*Glycyne Max*, L.), common vetch (*Vicia sativa*, L.) and corn (*Zea mays*, L.). It were evaluated, at the layers of 0.0-2.5, 2.5-5.0, 5.0-10.0 and 10.0-20.0 cm depth, the soil pH in water and exchangeable Al in eight sampling times, and

¹ Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - EPAGRI. Estação Experimental de Campos Novos, Campos Novos, SC. Email: pandolfo@epagri.sc.gov.br. *Autora para correspondência.

exchangeable Ca and Mg in four sampling times, as well as relative grain production of triticale, soybean and corn whitening each harvest. The superficial lime application changed soil characteristics along of evaluation time, with increasing in soil pH in water, exchangeable Ca and Mg and level saturation by bases, and decreasing of exchangeable and level saturation by Al, at the beginning until 2.5 cm deep and decreasing down with time. The dose of 4.3 t ha⁻¹ resulted in improvement of soil chemical characteristics, resulting in relative grain production of 90% to the soybean, in the medium of four harvests, and of 86 and 89% to the corn production, respectively in the fifth and seventh years after lime application.

KEY WORDS: pH, soil acidity, corn, soybean, triticale.

INTRODUÇÃO

No sistema plantio direto (SPD), o calcário normalmente é aplicado sobre a superfície do solo, sem incorporação. Apesar do calcário apresentar baixa solubilidade e mobilidade, os efeitos do mesmo nos atributos de solo em profundidade, no SPD, podem estar associados a mecanismos de ordem química, física e biológica. Segundo Amaral (2002), estes mecanismos incluem 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 diminuição da toxidez de Al por ação de ácidos orgânicos.

Os efeitos da aplicação superficial de calcário têm sido estudados para os atributos químicos do solo (PETRERE e ANGHINONI, 2001; CORREA et al., 2007), rendimento de plantas, crescimento de raízes e nutrição vegetal (CAIRES e FONSECA 2000; TISSI et al., 2004; CAIRES et al., 2008), comparação de sistemas com e sem revolvimento do solo (ERNANI et al., 2002; KAMINSKI et al., 2005; MIRANDA et al., 2005), e para solos e culturas diferentes (RHEINHEIMER et al., 2000; CAIRES e FONSECA, 2000; TISSI et al., 2004).

A aplicação superficial do calcário no solo geralmente aumenta os valores de pH em água, diminui

os teores de Al trocável e aumenta os teores de Ca e de Mg trocáveis em profundidade, com efeito mais pronunciado nas camadas superficiais, principalmente até 5 ou 10 cm (RHEINHEIMER et al., 2000; MIRANDA et al., 2005), cuja magnitude pode variar em função do tipo de solo, doses aplicadas, atributo avaliado e tempo transcorrido após a aplicação.

O efeito da calagem sobre o rendimento de grãos das culturas é variável, podendo não alterar o rendimento da soja (CAIRES et al., 2008) e do milho (TISSI et al., 2004). Por outro lado, Ernani et al. (2006), verificaram aumento da massa seca da parte aérea de plântulas de milho em casa de vegetação em um Latossolo Bruno com elevada acidez, obtendo efeito máximo a partir da menor dose de corretivo aplicada (1/8 SMP).

Até o momento poucos estudos para determinar o efeito de médio e longo prazo da aplicação de calcário na superfície sobre atributos do solo e de plantas foram conduzidos na região Meio Oeste Catarinense, caracterizada pela ocorrência de Nitossolos e de clima subtropical úmido com verões amenos (Cfb), razão pela qual foi realizado o presente trabalho. O objetivo foi avaliar, ao longo do tempo, o efeito de uma única aplicação superficial de doses de calcário sobre alguns atributos químicos, em quatro camadas de um Nitossolo Vermelho, e no rendimento de grãos de milho, triticale e soja.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido por oito anos em uma área localizada no município de Campos Novos, SC, região fisiográfica do Planalto Sul Catarinense, com coordenadas geográficas 27° 24' de latitude S e 51° 13' de longitude O, e 970 metros de altitude. O clima da região é do tipo subtropical úmido com verões amenos, "Cfb" de acordo com a classificação climática de Köppen (PANDOLFO et al., 2002) e o solo foi classificado como Nitossolo Vermelho (EMBRAPA, 1998). Anteriormente à condução do experimento a área, originalmente com vegetação arbustiva, havia sido destocada e cultivada uma safra de soja, sem aplicação de calcário. A análise química de solo, efetuada conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995), em amostra coletada na camada de 0-20 cm na área do experimento,

apresentava: 550 g kg⁻¹ de argila; 4,4 de pH em água; 4,5 de índice SMP; 1,3 mg dm⁻³ de fósforo (P) disponível; 132 mg dm⁻³ de potássio (K) trocável; 59 g dm⁻³ de matéria orgânica (MO); 3,2 cmol_c dm⁻³ de alumínio (Al) trocável; 2,9 cmol_c dm⁻³ de cálcio (Ca) trocável e; 1,7 cmol_c dm⁻³ de magnésio (Mg) trocável.

Os tratamentos consistiram na aplicação superficial, em parcela única, de quatro doses de calcário calculadas a partir do fracionamento da dose recomendada para elevar o pH em água a 6,0, estimada pelo índice SMP (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO- RS/SC, 2004). As doses de calcário utilizadas foram de 0,0; 4,3; 5,8; 8,7; e 17,3 t ha⁻¹, representando, respectivamente, 0, 25, 33, 50 e 100% da dose estimada pelo índice SMP para elevar o pH em água do solo a 6,0 na camada de 0-20 cm, sendo as mesmas corrigidas para o PRNT de 75,1% do calcário dolomítico utilizado.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e três repetições, em parcelas de 36 m². Ao longo do tempo de condução do experimento, foram cultivados quatro ciclos de uma rotação de dois anos, com a seqüência: triticales (*X Triticosecale*, W.), soja (*Glycine Max*, L.), ervilhaca (*Vicia sativa*, L.) e milho (*Zea mays*, L.). Em todos os cultivos de milho, soja e triticales, foram utilizadas doses de N, P e K de acordo com as recomendações da CFS (1995) para cada cultura, aplicada por ocasião da semeadura das culturas, e N em cobertura quando recomendado. A área útil das parcelas de milho, soja e triticales foram de, respectivamente, 14,4 m², 4,5 m² e 2,0 m². As culturas foram semeadas com semeadora de plantio direto, sendo para as de verão com sulcador e as de inverno com sistema de discos duplos desencontrados. Foram semeadas as cultivares recomendadas para a região e os produtos fitossanitários aplicados quando necessários. Durante a fase de cultivo das culturas de soja e milho (primavera-verão), a precipitação foi sempre próxima da média climatológica no período de condução do experimento.

Foram determinados os rendimentos de grãos das culturas de soja e milho e os atributos químicos do solo nas camadas de 0-2,5; 2,5-5; 5-10; e 10-20 cm, sendo os valores de pH em água e de Al trocável

determinados em amostras coletadas aos 12, 25, 37, 47, 60, 73, 83 e 93 meses e os teores trocáveis de Ca e o Mg, avaliados em amostras coletadas aos 12, 25, 37, 47 e 93 meses após a aplicação superficial do calcário. Para essas mesmas camadas e épocas de amostragem, foram calculadas a saturação por bases (V) e por alumínio. As amostragens de solo foram realizadas anualmente, no final do ciclo das culturas de verão. Os atributos químicos foram analisados conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). O rendimento relativo de grãos foi calculado tomando-se o rendimento máximo em uma parcela como referencial de 100% dentro de cada ano e cultura.

Os dados de pH em água e Al, Ca e Mg trocáveis do solo, saturação por Al e saturação por bases e o rendimento relativo de grãos de milho, soja e triticales foram submetidos à análise de variância. Quando a análise de variância apresentou significância, foram ajustadas equações de regressão para os rendimentos relativos de grãos que melhor descrevessem o fenômeno observado, aceitando-se, no mínimo, um coeficiente de determinação significativo a 5%. Em cada camada de solo, as médias dos atributos químicos foram comparadas entre os tratamentos pela diferença mínima significativa (DMS), com probabilidade de erro menor do que 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atributos químicos de solo

Os valores de pH em água do solo aumentaram ao longo do tempo nas camadas amostradas com a aplicação única de doses de calcário na superfície, com exceção das camadas de 5-10 cm aos 12 meses e 10-20 cm aos 25 e 93 meses após a aplicação (Figura 1). Observou-se que, de modo geral, os valores de pH aumentaram com as doses de calcário aplicadas. Após 12 meses da aplicação de calcário houve aumento do pH nas camadas de 0-2,5 e 2,5-5 cm e, aos 25 meses, também na camada de 5-10 cm. De modo geral, os efeitos do calcário sobre o pH foram verificados nas quatro camadas estudadas a partir da coleta realizada aos 37 meses. Na última coleta, realizada aos 93 meses após a aplicação, os efeitos das doses de calcário sobre o pH do solo são observados até a profundidade de 10 cm. No entanto,

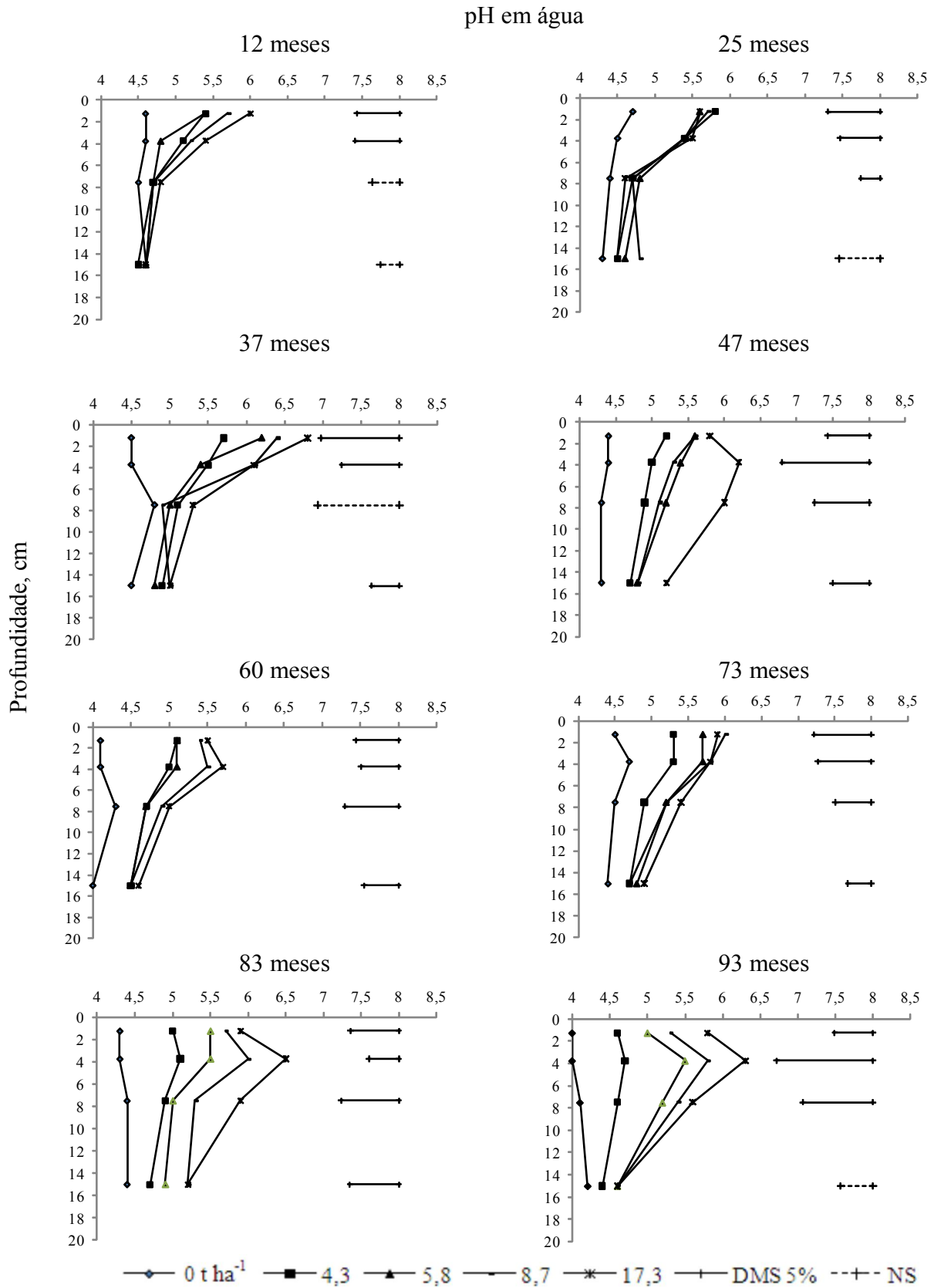


Figura 1 - Valores de pH em água em oito épocas de amostragem após aplicação única de doses de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho (média de três repetições). As médias de pH estão plotadas no ponto médio de cada camada de solo.

em algumas épocas e camadas amostradas, o aumento nos valores de pH do solo obtidos não são expressivos sob o ponto de vista agrônomo, situando-se algumas vezes abaixo de 5,0, embora tenha havido efeito significativo das doses de calcário em aumentar esse pH. Esse aspecto foi discutido por Kaminski et al. (2005), que avaliaram a eficiência da calagem considerando como critérios os valores de pH iguais ou superiores a 5,5, saturação por bases igual ou superior a 65% e saturação por Al inferior a 10%.

Verifica-se que em nenhuma das avaliações efetuadas no período de estudo o pH em água atingiu 5,5 na camada de 10-20 cm. Nesse valor de pH o Al se encontra precipitado em formas não tóxicas às plantas, sendo utilizado como um dos critérios para a indicação da necessidade de corretivos de acidez do solo no cultivo de plantas (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004). Valores de pH acima de 5,0 na camada de 10-20 cm foram obtidos aos 37, 47 e 83 meses após a aplicação superficial de calcário. Variações sazonais de pH, como o verificado na testemunha, podem ser devidos às variações na concentração de sais na solução do solo, associado à ocorrência de precipitações nos dias que antecederam as coletas.

Houve redução nos teores de Al trocável pela aplicação de doses de calcário na superfície do solo em todas as doses e épocas de amostragem (Figura 2), o que se refletiu na redução da saturação por esse elemento no complexo de troca a pH do solo (Figura 3). A redução nos teores de Al trocável foi observada aos 12, 25 e 93 meses após a aplicação do calcário nas três primeiras camadas amostradas (0,0-2,5; 2,5-5,0; e 5-10 cm). Por outro lado, nas coletas realizadas entre os 25 e 93 meses da aplicação, o efeito geralmente foi observado nas quatro camadas amostradas. A partir dos 37 meses após a aplicação do calcário até a última coleta, as doses mais altas (8,7 e 17,3 t ha⁻¹) mantiveram os teores de Al trocável próximo a zero, principalmente até 10 cm de profundidade, ao passo que a dose mais baixa (4,3 t ha⁻¹) apresentou aumento nos teores de Al trocável, indicando uma possível perda do efeito residual nesta dose. Em todas as épocas de coleta e em cada camada estudada, houve diferença entre os teores de Al trocável apenas entre a testemunha, sem aplicação

de calcário, e as demais doses. Com relação à saturação por Al, observou-se valores menores do que 10%, interpretadas como baixo e muito baixo (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC), até 5 cm de profundidade na maioria das épocas amostradas e doses aplicadas. Observou-se esse efeito até 10 cm para as três maiores doses aplicadas na última coleta efetuada, o que está relacionado com o aprofundamento do efeito do calcário aplicado na superfície, associado ao efeito residual do mesmo.

Os efeitos das doses de calcário sobre os teores de Ca e de Mg trocáveis no solo são semelhantes aos verificados para o pH em água e para o Al trocável (Figuras 4 e 5), refletindo-se, também, na saturação por bases (Figura 6). Aos 12 meses não houve efeito das doses sobre os teores destes nas camadas de 5-10 e 10-20 cm. Aos 93 meses, os efeitos das doses em aumentar os teores de Ca e de Mg trocáveis ainda são observados até a profundidade de 10 cm para Ca e 20 cm para Mg. Moreira et al. (2001) também verificaram aumento dos teores de Ca e de Mg trocáveis na camada de 0-5 cm em todos os tempos de amostragem (3, 6 e 9 anos) quando aplicada a dose total recomendada ou o equivalente a 2/3 da dose na superfície do solo. Os teores de Ca trocável do solo se situaram acima dos 4,0 cmol_c dm⁻³, classificados como altos para a nutrição das plantas (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004), nas coletas realizadas aos 12 meses na camada de 0-2,5 cm, aos 25 meses na camada de 2,5-5 cm e aos 47 meses na camada de 5-10 cm, com exceção da testemunha, sem aplicação de calcário. Por outro lado, teores acima de 1,0 cmol_c dm⁻³ de Mg trocável no solo e diferentes significativamente da testemunha são encontrados nas profundidades até 5 cm aos 12 meses, 10 cm aos 25 meses e até 20 cm aos 37, 47 e 93 meses após a aplicação dos tratamentos. Esse aumento nos teores de Mg em profundidade em relação ao Ca pode estar relacionado ao fato do Mg ser menos fortemente retido no complexo de troca do solo (BARBER, 1984), devido ao seu maior raio hidratado e, conseqüentemente, ocorrer em concentração mais alta na solução do solo (OLIVEIRA et al., 2002), tornando possível uma maior movimentação no perfil.

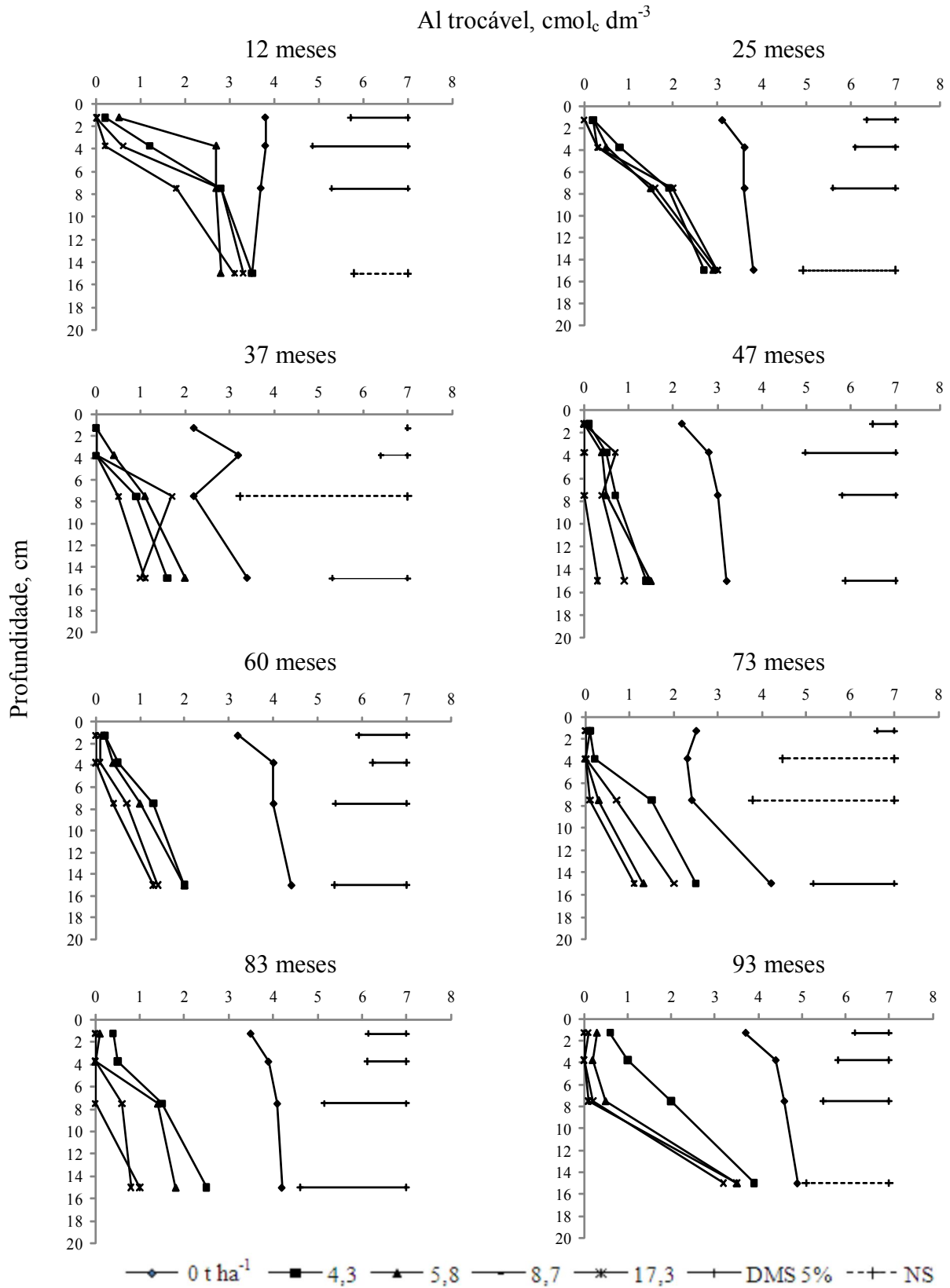


Figura 2 - Alumínio trocável no solo em oito épocas de amostragem após aplicação única de doses de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho (média de três repetições). As médias de Al trocável estão plotadas no ponto médio de cada camada de solo.

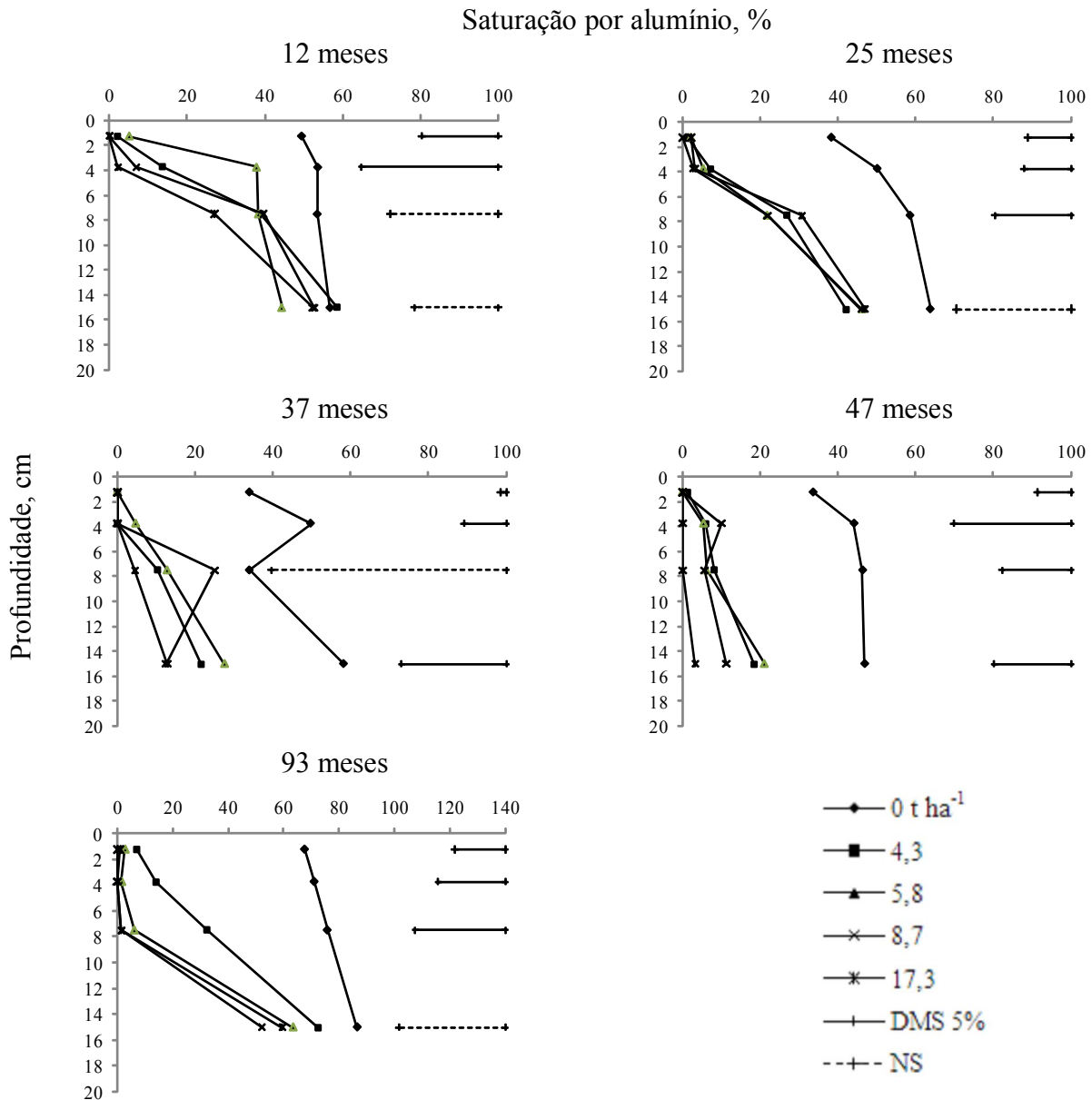


Figura 3 - Saturação por alumínio no solo em cinco épocas de amostragem após aplicação única de doses de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho (média de três repetições). As médias de saturação por alumínio estão plotadas no ponto médio de cada camada de solo.

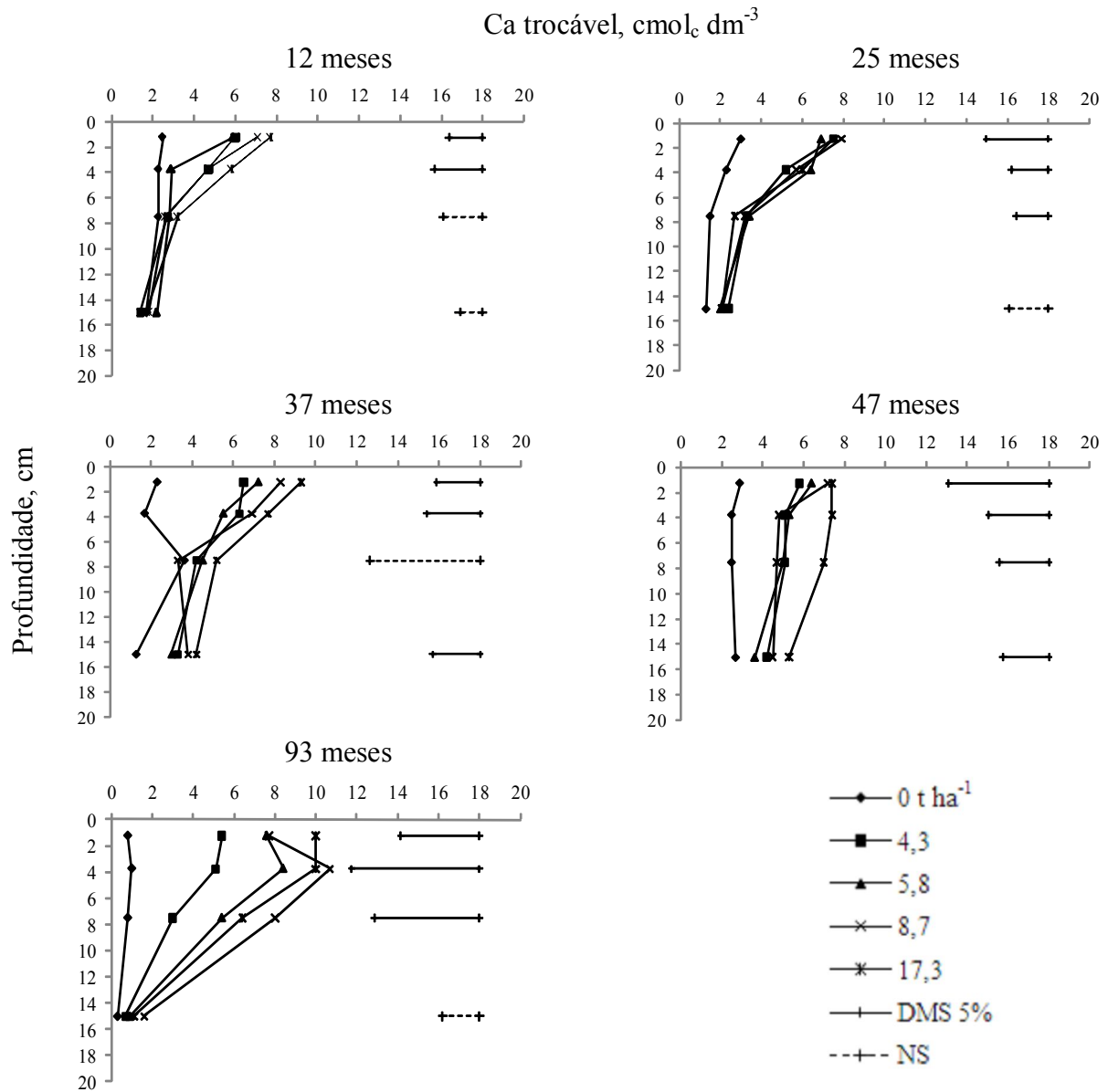


Figura 4 - Cálcio trocável no solo em cinco épocas de amostragem após aplicação única de doses de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho (média de três repetições). As médias de Ca trocável estão plotadas no ponto médio de cada camada de solo.

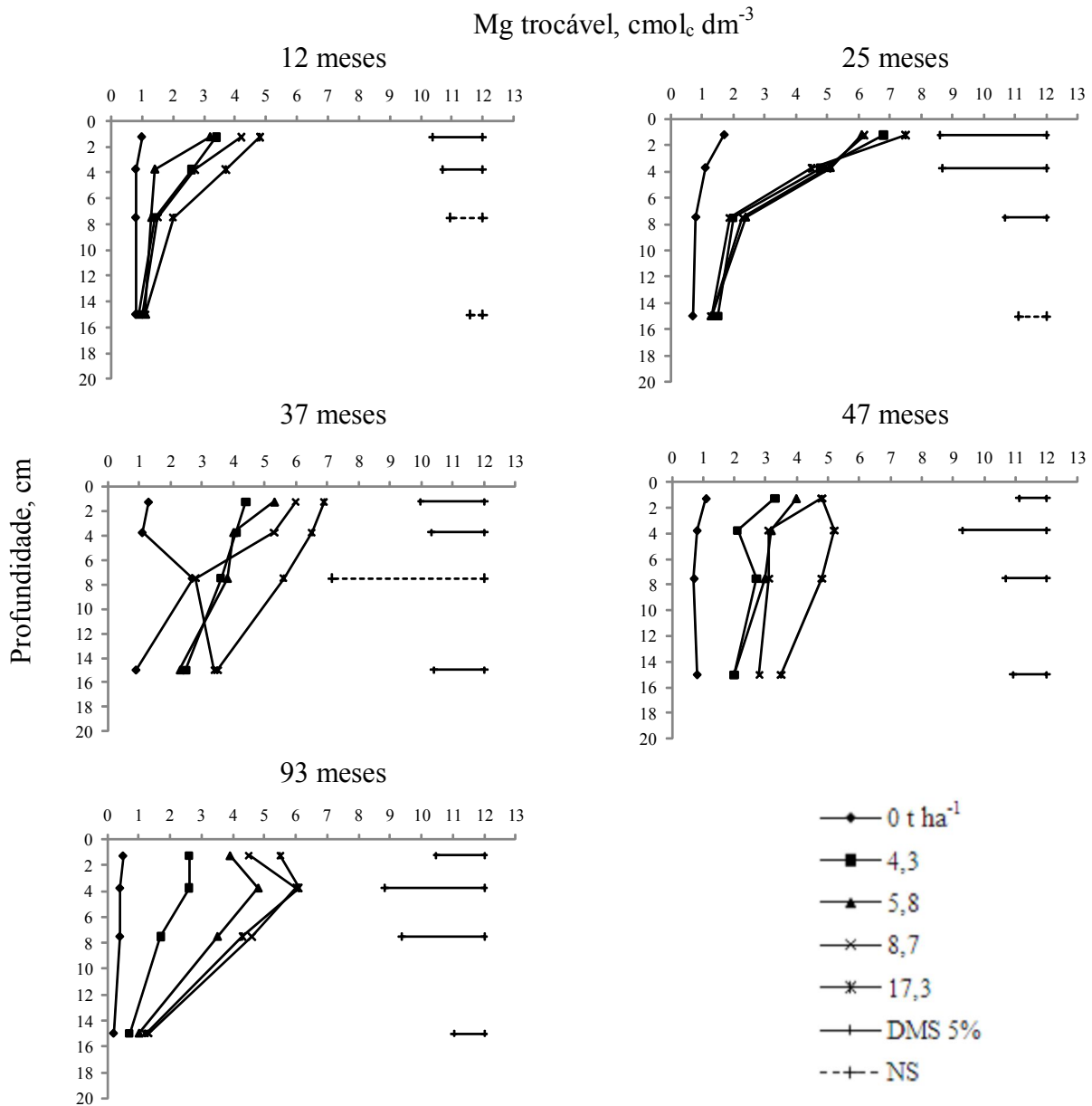


Figura 5 - Magnésio trocável no solo em cinco épocas de amostragem após aplicação única de doses de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho (média de três repetições). As médias de Mg trocável estão plotadas no ponto médio de cada camada de solo.

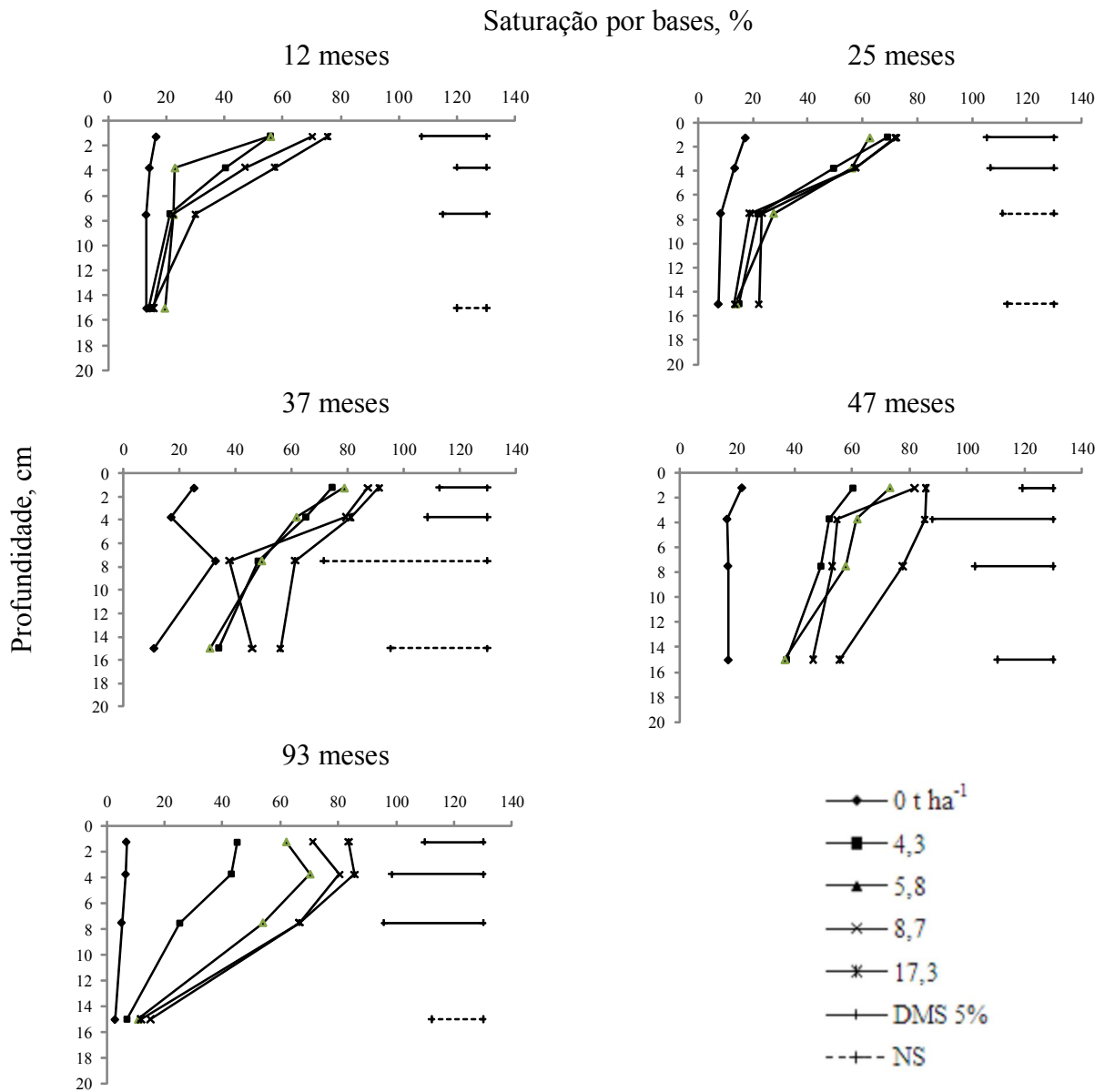


Figura 6 - Saturação por bases no solo em cinco épocas de amostragem após aplicação única de doses de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho (média de três repetições). As médias de saturação por bases estão plotadas no ponto médio de cada camada de solo.

A saturação por bases aumentou com as doses de calcário até 5 cm de profundidade em todas as épocas amostradas. De forma geral, os maiores valores de V foram encontrados nas maiores doses de calcário (8,7 e 17,3 t ha⁻¹) e menor na dose de 4,3 t ha⁻¹.

Valores de $V \geq 65\%$, definido como um dos critérios de decisão para a aplicação ou não de calcário no SPD (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO -RS/SC), foram encontrados, nas duas maiores doses aplicadas, até 2,5 cm a partir dos 12 meses; até 5 cm a partir dos 37 meses; e até 10 cm aos 93 meses após a aplicação superficial do calcário.

Alterações de pH em água ou em solução salina, Al trocável e outros atributos químicos como Ca e Mg trocáveis em diferentes camadas de solo pela aplicação superficial de calcário também foram constatadas em trabalhos realizados em outras condições edafoclimáticas (MOREIRA et al., 2001; TISSI et al., 2004; CAIRES et al., 2008).

Rendimento relativo de grãos

Não houve efeito significativo das doses de calcário no rendimento relativo de grãos de triticales cultivado no segundo, quarto e sexto ano após a aplicação do corretivo, mas houve aumento no rendimento relativo de soja (Figura 7), onde 72%

desse aumento são explicados pelos tratamentos de doses de calcário. Observa-se que, com a aplicação de 25% da dose recomendada para elevar o pH a 6,0 no início do experimento (4,3 t ha⁻¹ de calcário), foi possível alcançar 90% do rendimento de grãos de soja em relação ao rendimento máximo, na média dos quatro cultivos. O alto rendimento relativo dos grãos de soja obtido com a menor dose, aplicada em solo originalmente ácido, é devido à melhoria dos atributos químicos do solo em níveis suficientes para a produção das culturas estudada. Isso concorda com os resultados obtidos por Caires et al. (2008) que, em solo Latossolo Vermelho distrófico, não verificaram influência da aplicação superficial de calcário na produção de soja, e com Caires e Fonseca (2000), que verificaram elevada produção de soja em Latossolo Vermelho ácido. Esses autores relacionaram a resposta da soja, respectivamente, à baixa toxicidade do Al e estímulo ao crescimento radicular pelas condições de menor stress de acidez no sistema plantio direto, ou à adequada absorção de água e nutrientes pela cultura, que é favorecida nesse sistema de manejo do solo.

Na figura 8 são mostrados os rendimentos relativos de grãos de milho produzidos no primeiro, terceiro, quinto e sétimo anos após a aplicação do calcário, onde são observados efeitos significativos dos tratamentos sobre o rendimento nas duas últimas

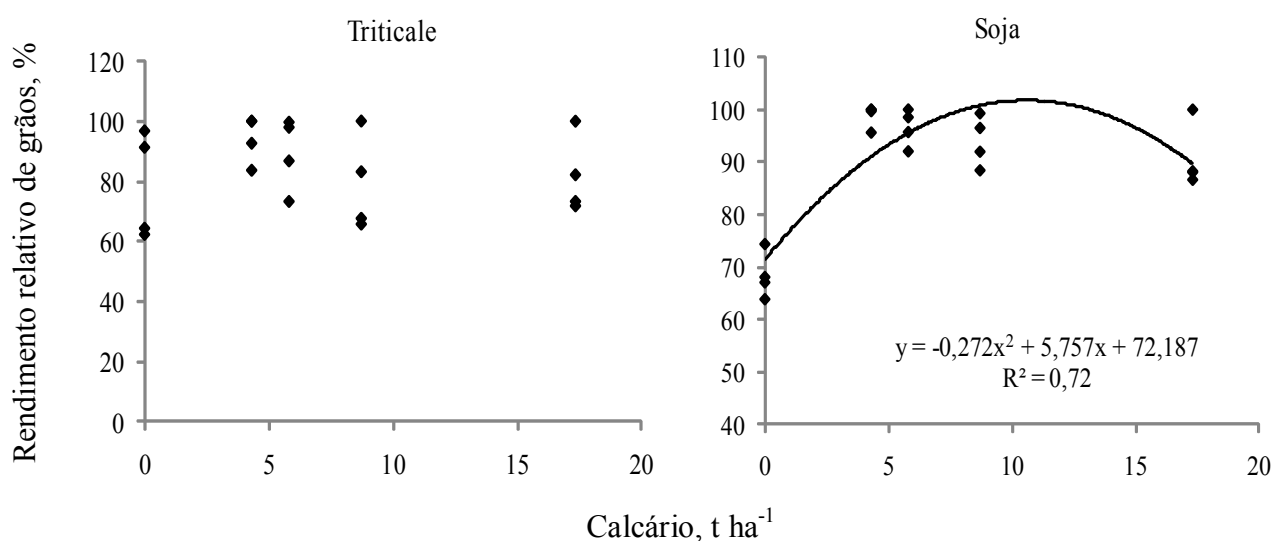


Figura 7 - Rendimento relativo de grãos de triticales e de soja após aplicação única de doses de calcário na superfície do solo (Média de três repetições e quatro cultivos: 2º, 4º, 6º e 8º ano do experimento). R²: P<0,01

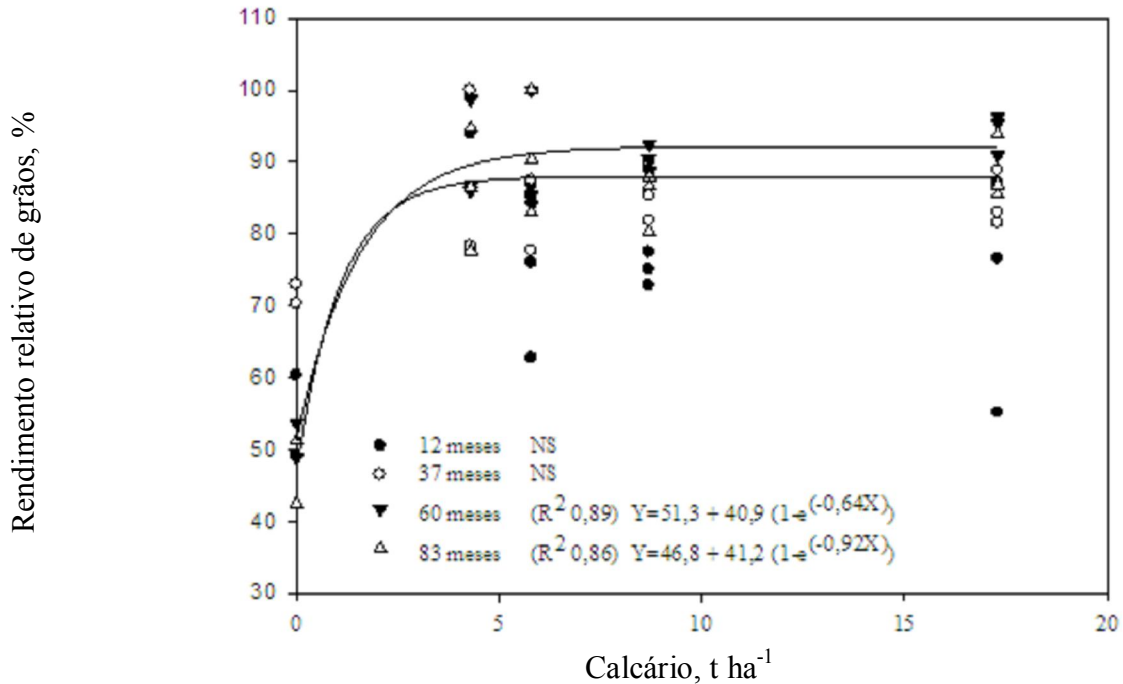


Figura 8 - Rendimento relativo de grãos de milho após aplicação única de doses de calcário na superfície do solo (Média de três repetições e quatro cultivos: 1º, 3º, 5º e 7º ano do experimento). R²: P<0,01.

safras. Com a dose de 4,3 t ha⁻¹ de calcário, foram obtidos respectivamente 86 e 89% do rendimento relativo de grãos de milho, percentual semelhante ao obtido para a cultura da soja cultivada em rotação com esta cultura. O rendimento médio de grãos dos quatro cultivos de milho foi de 6.630 kg ha⁻¹. Tisse et al. (2004), estudando os efeitos da calagem em SPD, verificaram que em Latossolo Vermelho Escuro, aos 22 meses após a aplicação de calcário, não houve aumento no rendimento de milho mas houve na absorção de P, Ca, Mg e enxofre (S) pelas plantas. Moreira et al. (2001) também não verificaram influência da calagem sobre a produção de milho e soja no SPD, em qualquer dos cultivos posteriores à aplicação.

Ao se observar os rendimentos relativos de grãos para ambas as culturas, verifica-se que o comportamento das mesmas à aplicação de calcário é semelhante e sugere uma resposta à aplicação de calcário, porém não às doses. Isso pode ser explicado pela melhoria do ambiente para o crescimento de raízes com a redução do Al trocável e aumento dos teores trocáveis de Ca e Mg a partir da menor dose de calcário aplicada. Além disso, a ausência ou a baixa resposta das plantas às doses de calcário aplicadas na superfície de solos ácidos pode estar relacionada

ao manejo do solo sob SPD, com baixo revolvimento do solo, resultando em menor toxidez do Al às plantas (CAIRES et al., 2008), maior retenção de água quando há presença de cobertura vegetal ou palha na superfície do solo (VEIGA, 2005) e, em função disso, maior absorção de água e de nutrientes pelas plantas cultivadas (CAIRES e FONSECA, 2000).

CONCLUSÕES

A aplicação de calcário na superfície de um Nitossolo Vermelho modificou os atributos químicos do solo ao longo do tempo de avaliação, com aumento do pH em água, dos teores trocáveis de Ca e de Mg e da saturação por bases e redução dos teores de Al trocável e de saturação por Al, inicialmente nas camadas superficiais e aprofundando com o tempo de experimentação.

A dose de 4,3 t ha⁻¹ (25% SMP), aplicada na superfície, proporcionou melhorias nos atributos de solo avaliados, resultando em rendimento relativo médio de grãos de 90% para a soja quando considerados as quatro safras, e de 86 e 89% para o milho cultivado, respectivamente, no quinto e sétimo anos após a aplicação do calcário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, A.S. **Mecanismos de correção da acidez do solo no sistema plantio direto com aplicação de calcário na superfície**, 2002. 107 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.
- BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability : a mechanistic approach**. Nova York : John Wiley & Sons, 1984. 398p.
- CAIRES, E.F. et al. Soil acidity, liming and soybean performance under no-till. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n.5, p.532-540, 2008.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A. F. da. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n.2, p.213-220, 2000.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO/CFS - RS/SC. **Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS/ Núcleo Regional Sul; EMBRAPA/CNPT, 1995. 224p.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed., Porto Alegre: SBCS/NRS/CQFS - RS/SC, 2004. 394p.
- CORREA, J.C. et al. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escoria, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.9, p.1307-1317, 2007.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Levantamento de reconhecimento de solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 1998. Disponível em: <http://www.cnps.embrapa.br/solosbr/pdfs/santa_catarina.zip> Acesso em 03 nov. 2009.
- ERNANI, P.R. et al. Corn Yield as affected by liming and tillage system on an acid Brazilian oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.94, n. 2, p. 305-309, 2002.
- ERNANI, P.R. et al. Alterações na composição química do solo e no desenvolvimento inicial de plântulas de milho ocasionadas pela aplicação superficial de calcário e fertilizantes fosfatados. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.2, p. 131-139, 2006.
- KAMINSKI, J. 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.
- MIRANDA, L.N. et al. Utilização de calcário em plantio direto e convencional de soja e milho em Latossolo Vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.6, p. 563-572, 2005.
- 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p.71-81, 2001.
- OLIVEIRA, H. J. de. et al. Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.1, n.2, p. 93-101, 2002.
- PANDOLFO, C. et al. **Atlas climáticos digital do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-Rom
- PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n. 4, p. 885-895, 2001.
- RHEINHEIMER, D. S. et al. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, 2000.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p.
- TISSI, J.A. et al. Efeitos da calagem em semeadura direta do milho. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n.3, p.405-413, 2004.
- VEIGA, M. da. **Propriedades de um Nitossolo Vermelho após nove anos de uso de sistemas de manejo e efeito sobre culturas**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 110p. (Tese de Doutorado). Santa Maria: UFSM, 2005.