

ARTIGO



AUTORES:

Carolina Tirloni¹

Antônio Carlos Tadeu
Vitorino¹

Marlene Estevão
Marchetti¹

Luiz Carlos Ferreira de
Souza¹

Munir Mauad¹

¹ Universidade Federal da Grande
Dourado, 79.825-900, Dourados,
MS, Brasil.

Recebido: 20/10/2010

Aprovado: 09/05/2011

AUTOR CORRESPONDENTE:

Antonio Carlos Tadeu Vitorino

E-mail:

antoniovitorino@ufgd.edu.br

PALAVRAS-CHAVE:

Acidez do solo

Ácidos orgânicos

Plantio direto

KEY WORDS:

Soil acidity

Organic acids

No-tillage

Disponibilidade e movimentação de cátions no solo, em função da calagem e da adição de ácido cítrico associado a um ativador enzimático

Availability and movement of cations in soil affected by liming and the addition of citric acid combined with an enzyme activator

RESUMO: A decomposição dos resíduos vegetais na superfície do solo promove a liberação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, capazes de formar complexos com alumínio, cálcio e magnésio, neutralizar o alumínio tóxico e aumentar a mobilidade de diversos íons, inclusive dos produtos da dissolução do calcário. O objetivo deste trabalho foi avaliar a disponibilidade e movimentação de cátions no solo, em função da calagem e da adição de ácido cítrico associado a um ativador enzimático. O experimento foi realizado em Dourados – MS, em casa-de-vegetação, em vasos com solo proveniente do horizonte A de dois latossolos, sendo um Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa e o outro Latossolo Vermelho distrófico de textura média. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições, num esquema fatorial 2 x 6 x 4, constituído por dois tipos de calagem (calagem superficial e calagem incorporada), seis doses de ácido cítrico associado a um ativador enzimático (0, 1, 2, 3, 4, e 5 kg ha⁻¹) e quatro profundidades de amostragem (0-50, 50-100, 100-150, 150-200 mm). As doses de ácido cítrico mais ativador enzimático influenciam a acidez potencial e o alumínio trocável, porém não acarretam alterações nos demais atributos químicos analisados no Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso, no sentido de favorecer a movimentação de cátions em profundidade. Por outro lado, no Latossolo Vermelho de textura média, embora não ocorra correção da acidez em profundidade, alterações na acidez potencial e teores de alumínio trocável indicam o favorecimento da movimentação de cátions em coluna de solo.

ABSTRACT: Decomposition of plant residues on the soil surface releases organic acids of low molecular weight, capable of forming complexes with aluminum, calcium and magnesium, neutralizing toxic aluminum and increasing the mobility of a number of ions, including products derived from the breakdown of lime. The aim of this study was to evaluate the availability and mobility of cations in soil affected by liming and citric acid combined with an enzyme activator. The experiment was conducted in Dourados-MS, Brazil, in a greenhouse, in pots filled with soil from the A horizon of a clayey Rhodic Hapludox soil and a Rhodic Ferralsol loam. The completely randomized design with three replications was applied as a 2 x 6 x 4 factorial (superficial and incorporated liming x 0, 1, 2, 3, 4 and 5 kg ha⁻¹ of citric acid combined with enzyme activator x 0-50, 50-100, 100-150 and 150-200 mm sampling depth). The levels of citric acid combined with the enzyme activator influenced the potential acidity and levels of exchangeable aluminum in the soil. However, doses did not affect the other chemical attributes and cation mobility was lower in the clayey Rhodic Hapludox. Conversely, the potential acidity and exchangeable aluminum levels in the Rhodic Ferralsol loam were influenced and cation mobility was favored although correction was not observed in deeper soil layers.

1 Introdução

A acidificação do solo consiste na remoção de cátions básicos (Ca, Mg e K) do complexo de troca do solo e sua substituição por cátions de natureza ácida, nas formas ionizadas (Al e H). A acidez natural dos solos pode ser devida ao material de origem do solo ou ao intenso processo de lixiviação de bases que esses solos sofreram ao longo de centenas e/ou milhares de anos de exposição aos agentes de intemperismo, situação típica dos Latossolos da região do Cerrado. Uma vez sob cultivo, o processo de acidificação intensifica-se, pelo uso de fertilizantes nitrogenados amoniacais e devido à absorção de Ca, Mg e K pelas plantas. Dessa forma, após algumas colheitas, a quantidade de bases diminui drasticamente, predominando Al^{+3} e H^+ no complexo de troca (ARAÚJO, 2003).

Lopes e Cox (1977) relatam que 98% dos solos sob vegetação de cerrado têm pH em água inferior a 6,0. Tal situação faz da calagem uma prática agrônômica de uso frequente em toda a região do Cerrado brasileiro, prática agrícola reconhecidamente necessária à manutenção de produtividades sustentáveis em sistemas de produção agropecuária em regiões sob estas condições.

Recentemente, as plantas de cobertura têm recebido atenção adicional no sistema de plantio direto, contribuindo para reduzir os efeitos negativos da acidez na subsuperfície do solo. Sugere-se que durante a decomposição dos resíduos vegetais ocorre liberação de compostos orgânicos hidrossolúveis que, em última análise, são ácidos orgânicos de baixo peso molecular (FRANCHINI et al., 2001). Esses compostos possuem radicais funcionais que os tornam capazes de formar complexos orgânicos com alumínio, cálcio e magnésio (PEARSON, 1966). Dessa forma, além de neutralizarem o alumínio tóxico, esses compostos podem aumentar a mobilidade de nutrientes no perfil do solo, daqueles produtos originados da dissolução do calcário aplicado na superfície.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adição de ácidos orgânicos + ativador enzimático e adoção de duas formas de calagem na disponibilidade e movimentação de cátions em um solo com textura muito argilosa e um solo de textura média.

2 Material e Métodos

O trabalho foi realizado em casa de vegeta-

ção na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), pertencente à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada no município de Dourados, MS, situado na latitude de $22^{\circ} 11' 45'' S$ e longitude $54^{\circ} 55' 18'' W$, com altitude de 446 m. O clima regional é classificado, pelo sistema internacional de Köppen, como CWa (MATO GROSSO DO SUL, 1990).

Para instalação do ensaio foram utilizadas amostras de terra colhida da camada superficial de 0-0,2 m de profundidade dos dois solos: Latossolo Vermelho distrófico textura média e Latossolo Vermelho distrófico textura muito argilosa, representativos dos solos da região produtora de grãos no Estado de Mato Grosso do Sul.

As amostras foram secas à sombra, destorroadas, passadas em peneira de 4 mm e enviadas ao laboratório para a caracterização química e física antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 1).

O trabalho foi realizado em vasos, sendo cada vaso montado por meio da união de quatro anéis de PVC (unidos por fita adesiva) com 100 mm de diâmetro, os três anéis inferiores mediam 50 mm de altura e o anel superior media 70 mm de altura, permitindo uma sobra (20 mm) para facilitar a adição de água aos vasos. Cada vaso foi preenchido com 1570 cm^3 de terra.

Tabela 1. Resultados das análises químicas e granulométricas de amostras superficiais (0 a 200 mm) dos dois solos, antes da aplicação dos tratamentos.

Atributos do solo	Solos		
	Extrator-determinação	Latossolo Vermelho distrófico	Latossolo Vermelho distrófico
pH (H_2O)	Água	5,1	5,0
pH ($CaCl_2$)	$CaCl_2, H_2O$	4,0	3,9
MO ($g \text{ kg}^{-1}$)	Walkley-Black	18,1	29,6
P Melich 1 ($mg \text{ dm}^{-3}$)	Melich 1	1,0	1,0
P remanescente ($mg \text{ L}^{-1}$)		21,2	9,2
K ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)	Melich 1	1,9	0,6
Ca ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)	KCl 1 mol L^{-1}	6,6	14,6
Mg ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)	KCl 1 mol L^{-1}	1,7	7,0
Al ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)	KCl 1 mol L^{-1}	11,2	17,5
H+Al ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)	Acetato de cálcio	62,0	111,0
SB ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)		10,2	22,2
T ($mmol_c \text{ dm}^{-3}$)		72,2	133,2
V (%)		14	16
Argila ($g \text{ kg}^{-1}$)	Pipeta	210	760
Areia ($g \text{ kg}^{-1}$)	Pipeta	660	91
Silte ($g \text{ kg}^{-1}$)	Pipeta	130	149

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos arran- jados em esquema fatorial $2 \times 6 \times 4$, com três

repetições. Os fatores estudados para cada solo foram: dois tipos de calagem (calagem superficial e calagem incorporada); seis doses de ácido cítrico associado a um ativador enzimático (0, 1, 2, 3, 4 e 5 kg ha⁻¹ do produto comercial Biotech® na formulação sólida) e quatro profundidades de amostragem (0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,15, 0,15-0,20 m).

A umidade do solo durante a fase experimental foi mantida em 80% da capacidade de campo mediante a reposição da água evapotranspirada, com base na pesagem diária dos vasos.

Para a calagem incorporada e superficial, foram aplicadas as doses de calcário dolomítico (PRNT 100%) calculadas (RAIJ, 1991) para atingir a saturação por bases de 60%, sendo o calcário misturado ao solo e incubado por 28 dias, com umidade mantida a 80% da capacidade de campo.

Todos os solos receberam adubação com solução nutritiva, seguindo recomendação de Novais, Neves e Barros (1991) para vasos em ambiente controlado. Logo em seguida foram aplicadas as diferentes doses de ácido cítrico associado a um ativador enzimático (Biotech®), na superfície do solo, seguida de uma nova incubação de seis dias. Após esse período, procedeu-se à semeadura do sorgo, cultivar BRS 800, que foi cultivado até o início do florescimento (49 dias). As plantas foram colhidas e o solo de cada uma foi coletado separadamente. Após secos ao ar foram submetidos à análise de rotina para determinação de P, K, Ca, Mg, Al, H+Al (EMBRAPA, 1997). A partir da determinação dos cátions foi calculada a soma de bases, a capacidade de troca dos cátions e a saturação por bases.

Os dados obtidos foram submetidos a análises de variância considerando cada tipo de solo. Optou-se por discutir apenas as interações duplas entre os tratamentos. Os valores do teste de significância (t) que foram significativos na análise de variância foram corrigidos e então foram ajustadas as equações de regressão.

3 Resultados e Discussão

Quando o calcário foi incorporado no Latossolo Vermelho distroférico não houve diferença de concentração do Al para as diferentes doses de ácido cítrico associado ao ativador enzimático, tendo sido esse procedimento suficiente para a neutralização total do Al, em todas as profundidades (Figura 1A). No caso da calagem superficial, o teor de Al aumentou com as doses de ácido cítrico + ativador enzimático.

De maneira semelhante, os valores de acidez potencial (H+Al) também não apresentaram diferença sob calcário incorporado. Por outro lado, quando a calagem foi feita superficialmente, o modelo que melhor se ajustou à distribuição dos valores de (H+Al), em função das doses de ácido cítrico + ativador enzimático, foi o quadrático, com maior valor para a acidez trocável obtida com a dose de 3,6 kg ha⁻¹ (Figura 1B).

No caso da calagem superficial, pode ocorrer movimentação de íons e isso pode ser potencializado pela presença de resíduos orgânicos (ácidos orgânicos de baixo peso molecular), segundo Rheinheimer et al. (2000). Nessa situação, ocorre complexação entre os cátions e composto orgânico, havendo alteração de carga do cátion e facilitando sua descida ao longo do perfil. O Ca, o Mg e o K dos complexos são deslocados pelo Al trocável, devido à maior estabilidade do complexo Al-orgânico em relação ao Ca, Mg ou K-orgânico, diminuindo a acidez trocável.

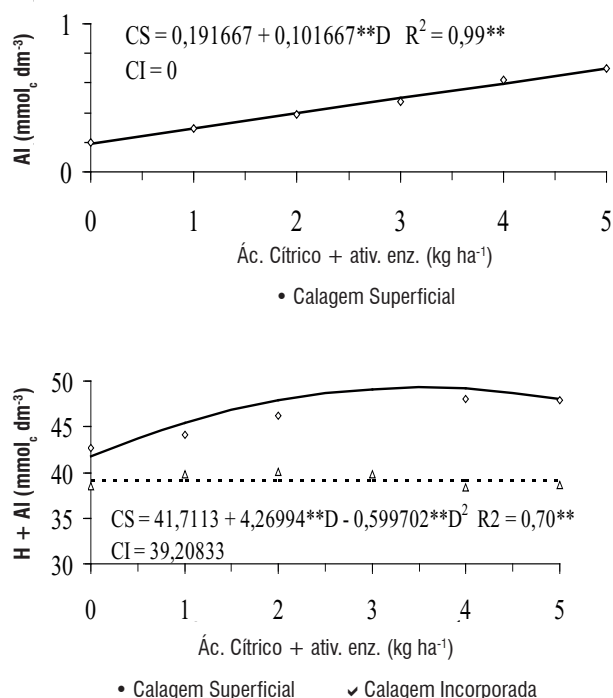


Figura 1. Valores médios de Al e H+Al em um Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso submetido a dois tipos de calagem e diferentes doses de ácido cítrico + ativador enzimático.

Para o Latossolo Vermelho distroférico muito argiloso a calagem superficial não foi suficiente para corrigir o pH na subsuperfície, que se manteve baixo, fato que ainda pode ter sido agravado pela

adição crescente do ácido cítrico + ativador enzimático, fazendo com que os teores de Al aumentassem (Figura 1A). Por se tratar de um solo com alto teor de argila a movimentação vertical de calcário nesse solo fica diminuída.

Da mesma forma que para o Al, esse comportamento está relacionado com o aumento da acidificação proporcionada pelas doses crescentes do ácido cítrico + ativador enzimático, promovendo dissolução da estrutura cristalina de minerais do solo. Os grupos carboxílicos desses ácidos podem dissociar-se, liberando seus prótons facilmente em ampla faixa de pH do solo, atacando os minerais do solo, promovendo sua dissolução; podendo os ânions orgânicos formar complexos solúveis com cátions metálicos (SPOSITO, 1989). Em estudo relacionado com a adição de ácidos orgânicos em Latossolos, Andrade et al. (2003) constataram aumento das concentrações de Fe e de Al em resposta às doses de ácidos orgânicos ou ácidos húmicos na solução do solo.

Os teores de K variaram nas diferentes profundidades, independente da calagem e das doses de ácido cítrico + ativador enzimático. Tendo seu teor diminuído da superfície do vaso até a camada intermediária que se encontra ao redor dos 130 mm de profundidade, passando a aumentar a partir daí (Figura 2 A).

Quando o calcário foi incorporado ao solo não foi observada diferença nos teores de Ca e de Mg nas diferentes profundidades. Entretanto, quando a calagem foi feita superficialmente, os teores de Ca e de Mg diminuíram com a profundidade (Figuras 2B e 2C). Tal fato ocorreu porque esses nutrientes têm baixa mobilidade no solo, fator agravado por se tratar de um solo de textura muito argilosa, em que a mobilidade desses íons é ainda mais diminuída. Portanto, Ca e Mg concentraram-se na camada em que foram aplicados.

Franchini et al. (1999) e Miyazawa, Pavan e Calegari (1996) relataram a importância da formação de compostos hidrossolúveis de Ca com produtos da decomposição de resíduos orgânicos no solo. Rheinheimer et al. (2000) relataram que a movimentação vertical de calcário varia com as doses utilizadas. Eles observaram que não ocorreu movimentação quando foram aplicadas doses menores que a necessária para neutralizar o Al trocável das camadas superiores. Enquanto existir Al a reação de neutralização da acidez ficará limitada à camada superficial, retardando o efeito de subsuperfície. Assim sendo, sob calagem incorporada o compor-

tamento esperado é que não haja movimentação de Ca e Mg em profundidade. O mesmo comportamento pode ser esperado com relação ao K que, por sua natureza química, deve formar complexos ainda menos estáveis que o Ca ou o Mg-orgânico.

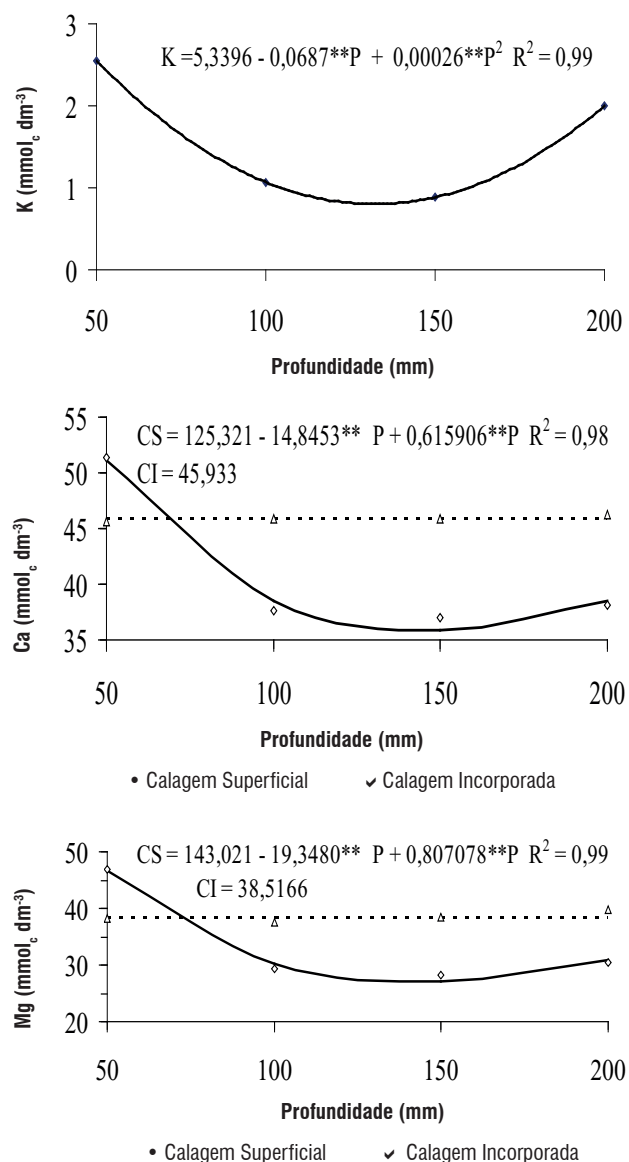


Figura 2. Valores médios de K, Ca e Mg em diferentes profundidades de um Latossolo Vermelho distroférrico muito argiloso.

Pavan, Bigham e Pratt (1984) avaliaram a movimentação de calcário no perfil do solo em condições de laboratório. Os resultados permitiram concluir que o calcário elevou o pH significativamente até 0,15 m e ligeiramente até 0,30 m, não tendo efeito além dessa profundidade. Incrementos de Ca ocorreram apenas até 0,15 m do solo e o Al trocável

diminuiu até a profundidade de 0,3 m. Para haver percolação do Ca^{++} , é necessário a movimentação conjunta de um ânion acompanhante. O CO_2^{-3} do calcário reage prontamente com a acidez (H^+) do solo, ficando assim impedido de movimentar-se verticalmente. Por essa razão, o efeito isolado do calcário no solo está restrito apenas à camada superficial. Experimentos realizados no campo não foram muito diferentes. Após a aplicação de calcário em superfície, Sá (1999) observou aumento do pH apenas a 0,05 m de profundidade. Mesmo após quatro anos, o calcário havia se movimentado até 0,10 m. Abaixo de 0,10 m não houve efeito da calagem superficial.

Quando o calcário foi incorporado o teor de H+Al não apresentou diferença nas diferentes profundidades, mantendo-se ao redor dos $40 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Já para a calagem superficial os teores de H+Al no solo aumentaram com a profundidade (Figura 3A). Isso demonstra que a calagem superficial promoveu uma diminuição do H+Al na superfície, mas não teve movimentação no perfil do solo, por se tratar de um solo de textura muito argilosa.

Na condição em que o calcário foi incorporado não houve diferença nos valores de SB em profundidade. Por outro lado, o modelo matemático que melhor se ajustou à distribuição dos dados de SB segue a mesma tendência que o utilizado para o K, Ca e Mg, apresentando teores mais elevados na camada mais superficial do vaso quando a calagem foi feita na superfície (Figura 3B).

Araújo (2003), estudando calagem e extratos vegetais hidrossolúveis na movimentação de íons em solo, concluiu que o efeito desses extratos na movimentação de calcário não é relevante em solos muito argilosos do Brasil Central, mesmo aplicando-se grandes quantidades dos mesmos. Outros mecanismos de movimentação vertical de calcário (fluxo preferencial em macroporos, pedoturbação) provavelmente têm papel preponderante na movimentação de calcário, tal como observada no campo por Lange et al. (2006), que verificaram nítida movimentação vertical de calcário em Latossolo muito argiloso do Cerrado. Parece claro, portanto, que, embora a movimentação de calcário ocorra em condições reais no campo, ela não pode ser atribuída exclusivamente a extratos vegetais hidrossolúveis oriundos da decomposição da palhada. Presumivelmente, tal movimentação deve ser atribuída também a processos físicos que ocorrem no campo, tais como fendas no solo, canais de raízes, animais e outros, que fazem com que as

partículas de calcário atinjam profundidades superiores a 0,2 m, mesmo quando somente aplicado na superfície.

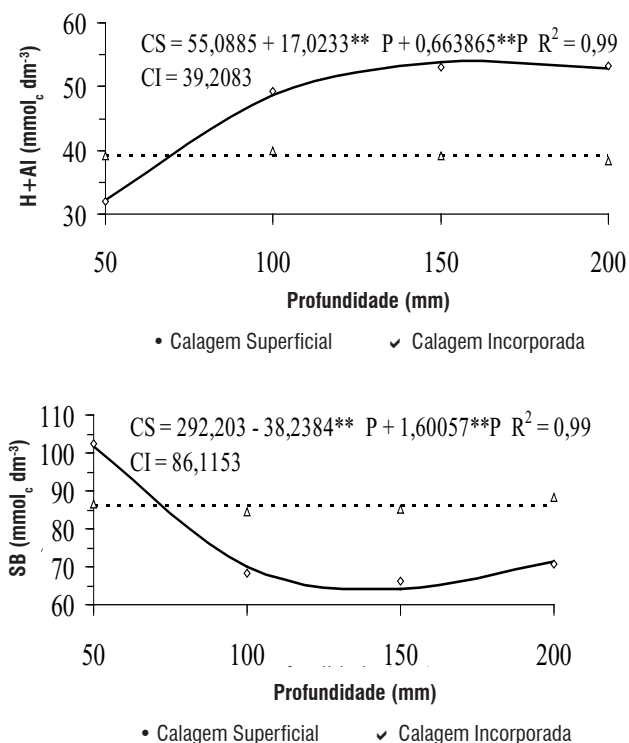


Figura 3. Valores médios de H+Al e SB em diferentes profundidades de um Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso submetido a dois tipos de calagem.

Adicionalmente, Rheinheimer et al. (2000) observaram que não ocorreu movimentação de calcário quando foram aplicadas doses menores que a necessária para neutralizar o Al trocável das camadas superiores. Obviamente, a utilização de doses de calcário acima do recomendado favorece a movimentação vertical do mesmo.

Os teores de K no Latossolo Vermelho distrófico aumentaram com as doses de ácido cítrico + ativador enzimático (Figura 4). A calagem associada aos resíduos vegetais favorece a mineralização da matéria orgânica, ativando a microbiota do solo, e então aumentam os teores de K, Ca e Mg; além disso, aumenta o pH em profundidade no solo (ZIGLIO; MIYAZAWA; PAVAN, 1999). Acredita-se, no entanto, que esse efeito é muito mais devido à degradação da matéria orgânica, disponibilizando o nutriente contido nos extratos vegetais.

No Latossolo Vermelho distrófico os teores de K decresceram até os 120 mm de profundidade aproximadamente, aumentando a partir dessa pro-

fundidade, independente do tipo de calagem e das doses de ácido cítrico + ativador enzimático (Figura 5 A).

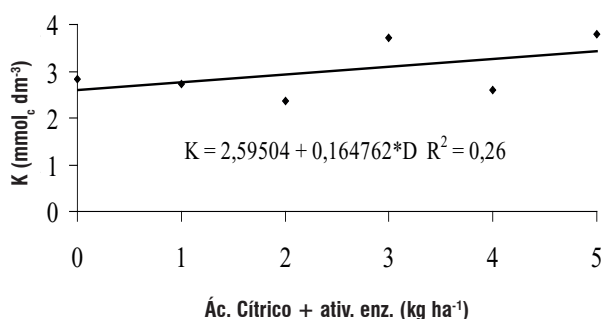


Figura 4. Valores médios de K em um Latossolo Vermelho distrófico - textura média submetido a diferentes doses de ácido cítrico + ativador enzimático.

No Latossolo Vermelho distrófico os teores de K decresceram até os 120 mm de profundidade aproximadamente, aumentando a partir dessa profundidade, independente do tipo de calagem e das doses de ácido cítrico + ativador enzimático (Figura 5A).

Os teores de Ca e Mg aumentaram com a profundidade com o calcário incorporado ao solo de textura média. Por outro lado, com o calcário aplicado na superfície os teores desses nutrientes foram mais elevados na superfície, diminuíram nas camadas intermediárias e tiveram um leve aumento na camada mais profunda (Figuras 5B e 5C). O aumento dos teores de Ca e Mg em profundidade quando a calagem foi incorporada pode ter ocorrido pela movimentação vertical de Ca nesse solo, facilitada pela textura.

Caires et al. (1999) estudaram a movimentação de calcário em Latossolo Vermelho distrófico textura média e observaram, em condições de campo, aumentos no pH e nos teores de Ca e Mg e diminuição da toxidez por Al após a aplicação de calcário em superfície. Em alguns casos esses efeitos foram observados até 0,6 m de profundidade, após 18 meses de aplicação de calcário em superfície. Rheinheimer et al. (2000) também observaram a movimentação vertical de calcário, embora muito menor do que a observada por Caires et al. (1999).

Pavan e Oliveira (1997) relatam que, em certos casos, ocorre o movimento de calcário e, em outros, não. A divergência entre os estudos é atribuída a condições experimentais, tipo e quantidade de car-

gas do solo, CTC dependente de pH, e teor e natureza dos grupos reativos da matéria orgânica. Eles consideram ainda que existem dois tipos de movimentação: a que eleva o pH, os teores de Ca e Mg, e a que não eleva o pH, só aumentando o Ca e o Mg.

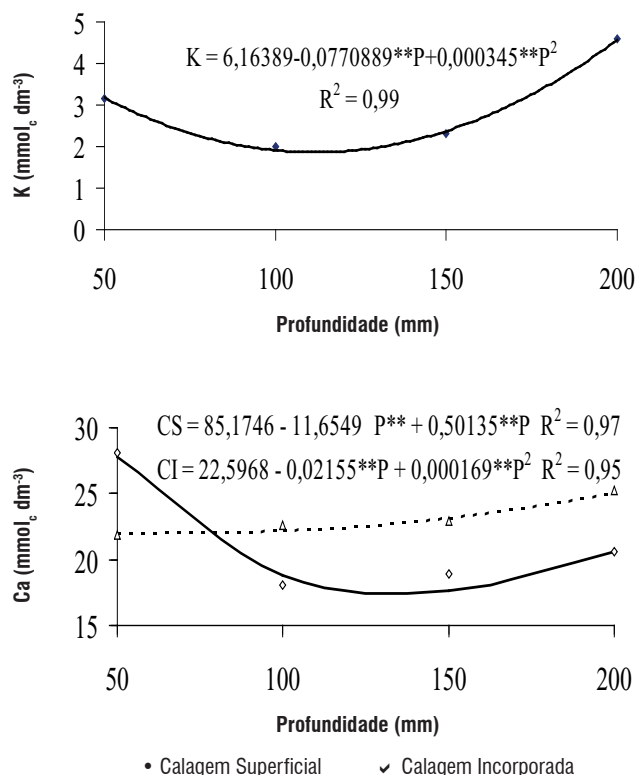


Figura 5. Valores médios de K, Ca e Mg em diferentes profundidades em Latossolo Vermelho distrófico - textura média, submetido a dois tipos de calagem.

Quando o calcário foi incorporado não houve diferença no teor de Al nas diferentes profundidades. Por outro lado, para a calagem superficial os teores de Al foram menores nas camadas mais superficiais do solo e aumentaram nas camadas intermediárias (Figura 6A). Isso mostra que a calagem incorporada corrigiu o solo em todo seu perfil, já a calagem superficial foi eficiente apenas para corrigir o Al na superfície.

Os valores de H+Al apresentaram tendência de ajuste linear para o calcário incorporado, aumentando com a profundidade. Já para a calagem superficial, o teor de H+Al na superfície do solo foi menor, aumentando na camada intermediária e decrescendo novamente (Figura 6 B), sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou aos dados.

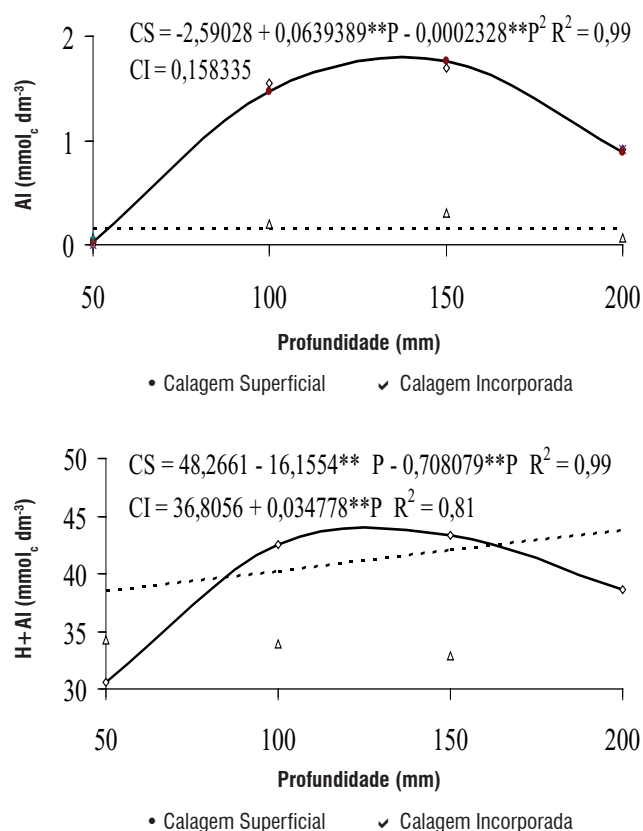


Figura 6. Valores médios de Al e H+Al em diferentes profundidades de um Latossolo Vermelho distrófico textura média submetido a dois tipos de calagem.

4 Conclusões

As doses de ácido cítrico + ativador enzimático influenciam a acidez potencial e o alumínio trocável, porém não provocam alterações nos demais atributos químicos analisados no Latossolo Vermelho distrófico muito argiloso, no sentido de favorecer a movimentação de cátions em profundidade.

Por outro lado, no Latossolo Vermelho de textura média, embora não ocorra correção da acidez em profundidade, alterações na acidez potencial e nos teores de alumínio trocável indicam o favorecimento da movimentação de cátions na coluna de solo.

Referências

- ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S.; ALVAREZ, V.H.; NOVAIS, R.F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolos e adsorção de fosfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.1003-1011, 2003.
- ARAÚJO, A.R. *Calagem e extratos vegetais hidrossolúveis na movimentação de íons em solo*. 2003.

84 f. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.A. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.2, p.315-327, 1999.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MALAVOLTA, E. Alterações químicas em solos ácidos após aplicação de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.2, p.533-542, 1999.

FRANCHINI, J.C.; GONZALEZ-VILLA, F.J.; CABRERA, F.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in a acid Oxisol. *Plant Soil*, v.231, p.55-63, 2001.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no Cerrado. *Revista Ceres*, v.53, p.171-178, 2006.

LOPES, A.S.; COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under cerrado vegetation in Brazil. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.41, n.4, p.742-746, 1977.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. *Atlas multireferencial*. Campo Grande, 1990. 28p.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisol. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH 4., 1996. Belo Horizonte. *Resumos...* Belo Horizonte:SBCS-Embrapa-CPAC, 1996. p.8.

NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A.J.; GARRIDO, W.E.; ARAÚJO, J.D.; LOURENÇO, S. *Método de pesquisa em fertilidade de solos*. Brasília: Embrapa-SEA, 1991. p.189-253.

PAVAN, M.A.; BIGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redis-

tribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v.48, n.1, p.33-38, 1984.

PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. *Manejo da acidez do solo*. Londrina: Iapar, 1997, 86p. (Iapar, Circular 95).

PEARSON, R. G. Acids and bases. *Science*, v.151, p.172-177, 1966.

RAIJ, B. van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, Ceres: Potafós, 1991. 334p.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem

superficial e incorporada a partir de pastagem natural. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.24, n.4, p.797-805, 2000.

SÁ, J.C.M. Manejo da fertilidade do solo no sistema Plantio Direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO (Eds.). *Interrelação fertilidade do solo, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: SBCS-Ufla, 1999. p.267-319.

SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York: Oxford University, 1989. 277p.

ZIGLIO, C.M.; MYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas de mobilização do cálcio no solo. *Brazilian Archives Biology Technology*, Curitiba, v.42, n.2, p.257-262, 1999.