

# EFEITO DE CALCÁRIO E GESSO NOS TEORES DE CÁLCIO E ALUMÍNIO DA CAMADA COMPACTADA EM LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO<sup>1</sup>

ELIAS NASCENTES BORGES<sup>2</sup>, GILMAR LAFORGA<sup>3</sup>, REGINA M. QUINTÃO LANA<sup>2</sup>,  
ELOÁ V. SILVA BORGES<sup>4</sup> e LIOVANDO MARCIANO DA COSTA<sup>5</sup>

**RESUMO** - Este trabalho foi desenvolvido no laboratório da Universidade Federal de Uberlândia para avaliar o efeito de níveis de compactação e de doses de gesso e de calcário nos teores de  $Al^{3+}$  e  $Ca^{2+}$  da camada compactada. Utilizaram-se colunas, formadas pela sobreposição de três anéis de PVC de 1 dm de diâmetro e 0,5 dm de altura, contendo nos extremos camadas de solo sem compactação e, no anel central, solo com diversos níveis de compactação. Os tratamentos, dispostos num fatorial  $3 \times 5 \times 5$  com quatro repetições, consistiram de três doses de calcário (equivalentes a 0,0; 2,031 e 4,062 t ha<sup>-1</sup>); cinco doses de gesso (equivalentes a 0,0; 0,508; 1,016; 1,524 e 2,032 t ha<sup>-1</sup>), aplicadas no anel superior da coluna, e cinco níveis de compactação aplicados no anel central (1,10; 1,25; 1,40; 1,55 e 1,70 kg dm<sup>-3</sup>). Durante 90 dias adicionou-se água semanalmente, de modo a elevar a umidade para próximo à capacidade de campo. Foi observado que tanto a compactação como as doses de gesso promoveram aumentos nos teores de cálcio e redução do  $Al^{3+}$  na camada compactada. Contudo, esses efeitos foram dependentes das doses de calcário utilizadas em mistura com o gesso.

Termos para indexação: compactação do solo, movimentação de bases, precipitação de alumínio.

## EFFECT OF LIME AND GYPSUM ON CALCIUM AND ALUMINUM AMOUNTS OF THE COMPACTED LAYER OF A DARK RED LATOSOL

**ABSTRACT** - This study was conducted at the laboratory of the Universidade Federal de Uberlândia, MG state, Brazil, to evaluate the influence of soil compaction and different gypsum + lime levels on some chemical properties of the compacted layer. Three overlapping PVC rings formed a column with external soil layers of 0.5 dm depth without compaction, and the central ring consisted of a layer with different compaction levels. Treatments were conducted in a factorial arrangement with three liming (0.0; 2.031 and 4.062 t ha<sup>-1</sup>), five gypsum (0.0; 0.508; 1.016; 1.524 and 2.032 t ha<sup>-1</sup>), and five compaction (1.10; 1.25; 1.40; 1.55 and 1.70 kg dm<sup>-3</sup>) levels. It was observed that both compaction and gypsum levels increased  $Ca^{2+}$  levels and reduced  $Al^{3+}$  levels. However, these effects depended on liming levels combined with gypsum.

Index terms: soil compaction, base lixiviation, aluminum precipitation.

## INTRODUÇÃO.

Os solos sob vegetação de cerrado do Brasil apresentam, em geral, condições climáticas, topográficas e físicas favoráveis a um nível de manejo mais tecnificado. A maioria das pesquisas sobre esses solos limitava-se ao estudo da fertilidade e correção da camada superficial, relegando a segundo plano, pesquisas sobre características físicas e químicas da subsuperfície (Lobato & Ritchey, 1980).

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 30 de junho de 1997.  
Apoio financeiro da FAPEMIG.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Dep. de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Caixa Postal 593, CEP 38400-902 Uberlândia, MG.

<sup>3</sup> Eng. Agr., UFU.

<sup>4</sup> Eng. Agríc., M.Sc., Dep. de Agronomia, Universidade do Estado de Minas Gerais, Campus de Ituiutaba, Caixa Postal 257, CEP 38300-000 Ituiutaba, MG.

<sup>5</sup> Eng. Agr., Ph.D., Dep. Solos, Universidade Federal de Viçosa, CEP 36571-000 Viçosa, MG.

A pesquisa sobre manejo das propriedades físicas desses solos, para evitar deterioração com o uso intensivo, não ocorreu com a mesma rapidez que para sua adequação química. Conseqüentemente, têm surgido diversos problemas de natureza física, como, por exemplo, a formação de camada compactada entre 2 e 3 dm de profundidade.

Alta saturação de alumínio, baixos teores de cálcio (Pavan et al., 1984) e presença de camadas compactadas subsuperficiais podem restringir o crescimento radicular em profundidade, tornando as plantas sujeitas à deficiência de água e nutrientes, com reflexo na produtividade.

Como alternativas para minimizar os efeitos da camada compactada podem ser citados o uso da adubação, irrigação suplementar e manejo da cultura e do solo. No manejo da cultura, Alvarenga et al. (1996) afirmam que o uso de leguminosas, como o guandu e o mata-pasto, pode constituir uma opção desejável, uma vez que a elas é atribuído papel na melhoria física do solo, pela capacidade de as raízes penetrarem em solos compactados. Trani et al. (1989) observaram que o feijão guandu, além de adubo verde, possui raiz profunda, considerada subsoladora.

Soprano (1986) afirma que tanto a correção da acidez como a adição de cálcio em profundidade são muito pequenas quando calcário é aplicado na superfície. O efeito pode ser observado somente a médio e longo prazos. Tais efeitos têm sido mais evidentes com aplicação de altas doses ou utilizando calcário com grânulos menores, geralmente mais solúveis. Alves (1984) observou maior movimentação física das partículas em profundidade, ao aplicar calcário micropulverizado à camada arável. Aplicação de calcário na camada arável em dose maior do que a recomendada pode ocasionar, além de sérios problemas de desbalanceamento de bases trocáveis (Ca, Mg, K) na camada de incorporação, deficiências de micronutrientes e fósforo (Lopes, 1983).

Uma possível melhoria química dessa camada poderia ocorrer mediante o uso de sais de reação neutra, como gesso, que iria promover a movimentação do cálcio e a diminuição da toxicidade do alumínio (Pavan et al., 1984; Soprano, 1986; Sumner, 1992).

Desse modo, constituiu objetivo desta pesquisa estudar as alterações químicas na camada compactada artificialmente em cálcio e alumínio trocáveis, mediante adição superficial de misturas de calcário e gesso em diversas proporções e doses.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em laboratório, na Universidade Federal de Uberlândia, MG, utilizando-se amostra de um Latossolo Vermelho-Escuro, coletada na camada de 0-4 dm. Após preparo, uma fração de TFSA foi utilizada para análises granulométrica e química conforme método preconizado pela Embrapa (1979), apresentando os seguintes resultados: areia grossa = 501,0 g kg<sup>-1</sup>; areia fina = 169,0 g kg<sup>-1</sup>; silte = 78,0 g kg<sup>-1</sup>; argila = 252,0 g kg<sup>-1</sup>; pH (H<sub>2</sub>O) = 5,2; P = 1,0 mg dm<sup>-3</sup>; K = 10,8 mg dm<sup>-3</sup>; Al = 8,5 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Ca = 0,4 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; Mg = 0,2 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; (H+Al) = 21,0 mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>; V = 4,10%; m = 90,4% e M.O. = 32,2 g kg<sup>-1</sup>.

A amostra foi dividida em subamostras para receber os tratamentos, dispostos num fatorial 3x5x5, com quatro repetições, consistindo de três doses de calcário em mistura estequiométrica de Ca:Mg de 4:1 e poder de neutralização do calcário (PNE) de 114%, equivalentes a 0xNC (necessidade de calagem para obter pH 6,5, determinada pela incubação de 0,5 kg de solo com doses crescentes de calcário); 1xNC = 2,031 t ha<sup>-1</sup> e 2xNC = 4,062 t ha<sup>-1</sup>; cinco doses de gesso, equivalentes a 0,0 (zero); 0,508; 1,016; 1,524 e 2,032 t ha<sup>-1</sup> aplicadas na camada superficial e cinco níveis de compactação: 1,10 (normal); 1,25; 1,40; 1,55 e 1,70 kg dm<sup>-3</sup> efetuados no anel central de uma coluna de 1,18 dm<sup>3</sup>, formada pela sobreposição de três anéis de PVC de 1 dm de diâmetro e 0,5 dm de altura unidos por fitas adesivas e vedados no fundo com isopor.

O gesso utilizado apresentou as seguintes características: umidade = 19,0%; CaO = 22,0%; S = 17,7%; MgO = 0,3%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total = 0,8%; SiO<sub>2</sub> = 2,0%.

Em todas as colunas, o anel inferior (1 - 1,5 dm de altura) recebeu solo sem tratamento químico e físico. O primeiro anel (0 - 0,5 dm de altura) recebeu, além dos tratamentos da calagem e gessagem, adubação na forma de solução nutritiva com as seguintes concentrações e fontes: P = 280,3 mg dm<sup>-3</sup>; fontes: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 17,0 g L<sup>-1</sup> e NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 20,1 g L<sup>-1</sup>; K = 147,70 mg dm<sup>-3</sup>; fonte: KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 17,0 g L<sup>-1</sup>; N = 100,00 mg dm<sup>-3</sup>; fontes: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 4,1 g L<sup>-1</sup> e NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 20,1 g L<sup>-1</sup>; S = 33,50 mg dm<sup>-3</sup>; fontes: (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 4,1 g L<sup>-1</sup>; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O = 116,4 mg L<sup>-1</sup> e ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O = 586,5 mg L<sup>-1</sup>;

Fe = 1,55 mg dm<sup>-3</sup>; fonte: FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O = 252,1 mg L<sup>-1</sup>; Mn = 3,66 mg dm<sup>-3</sup>; fonte: MnCl<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O = 439,5 mg L<sup>-1</sup>; Cu = 1,39 mg dm<sup>-3</sup>; fonte: CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O = 116,4 mg L<sup>-1</sup>; Zn = 0,20 mg dm<sup>-3</sup>; fonte: ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O = 16,8 mg L<sup>-1</sup>; B = 0,82 mg dm<sup>-3</sup>; fonte: H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> = 156,3 mg L<sup>-1</sup>. Para possibilitar uma adubação homogênea em toda a amostra de solo utilizada, foram aplicados 45 mL da solução para cada subamostra de 1,5 kg de solo.

A compactação do solo, efetuada somente no segundo anel (0,5 - 1 dm de altura) e com volume fixo em 0,392 dm<sup>3</sup>, foi obtida determinando-se previamente a quantidade de solo necessária para alcançarem os diferentes níveis de compactação. Em seguida, mediante queda livre de um êmbolo de 4,6 kg de uma altura de 8,5 dm sobre um disco de ferro de mesmo diâmetro do anel, aplicou-se, por meio de golpes, força necessária para obter as densidade do solo de: 1,10 (normal); 1,25; 1,40; 1,55 e 1,70 kg dm<sup>-3</sup>. O aparelho compactador utilizado obedeceu, em linhas gerais, ao descrito por Bruce (1955) e modificado por Borges (1986), para facilitar o manuseio.

Cada coluna, com os tratamentos assim constituídos, recebeu irrigação semanalmente, com água deionizada, para manter os tratamentos próximos à capacidade de campo, de 18,68%, determinada conforme Costa (1983). A quantidade de água destilada adicionada semanalmente foi obtida subtraindo-se o peso do vaso na capacidade de campo do peso instantâneo e acrescentando, com uso de recipiente de refrigerante descartável com tampa perfurada, a quantidade de água até o vaso adquirir o peso do solo na capacidade de campo.

Decorridos 90 dias do início da irrigação, as colunas foram desmontadas e o solo do anel central analisado em alumínio e cálcio, conforme Embrapa (1979). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão polinomial pelo SANEST (Zonta et al., 1984), adotando 5% de probabilidade como nível de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de alumínio e cálcio extraídos da camada compactada subsuperficial foram afetados, significativamente, pelos fatores calcário, compactação, gesso, calcário x compactação, calcário x gesso e compactação x gesso (Tabela 1).

### Alterações nos teores de alumínio trocável do solo na camada compactada

As equações ajustadas (Fig. 1) permitem verificar que os teores de Al<sup>3+</sup> apresentaram comportamento linear decrescentes com os níveis de

**TABELA 1.** Resumo da análise de variância dos teores de alumínio e de cálcio da camada compactada subsuperficial em Latossolo Vermelho-Escuro submetido a diferentes proporções da mistura calcário: gesso.

Fonte de variação	G.L.	QM do alumínio	QM do cálcio
Calcário	2	263,640*	322,333*
Compactação	4	208,761*	50,238*
Gesso	4	13,978*	96,588*
Blocos	3	7,514*	3,987*
Calcário x compactação	8	8,456*	2,983*
Calcário x gesso	8	18,111*	6,883*
Compactação x gesso	16	3,870*	1,980*
Erro médio	254	1,338	0,730
C.V. (%)		11,2	9,8

\* Significativo a 5% de probabilidade.

compactação do solo, em todos os níveis de calcário e gesso utilizados. Acredita-se que tal comportamento tenha ocorrido em virtude das reações do alumínio com compostos produzidos pelo ambiente redutor, que se estabelecem com a compactação ou mesmo com a diluição provocada pelo aumento no conteúdo volumétrico de água, que passou a ser retida pelo maior volume de microporos. Gavande (1972) constatou que reduções de determinados elementos em solos compactados são consequência do ambiente redutor, o qual favorece as transformações de compostos solúveis em outros de menor solubilidade.

Os pontos de interseção das retas foram menores quando doses de calcário foram misturadas ao gesso (Fig. 1). Tal fato indica que há grande interação entre níveis de compactação; doses de calcário e de gesso na redução do alumínio trocável do solo (Tabela 1). Conquanto aplicação isolada de gesso na superfície tenha reduzido significativamente os teores de alumínio do solo, foi na presença de maiores níveis de compactação que ocorreram maiores reduções (Fig. 2).

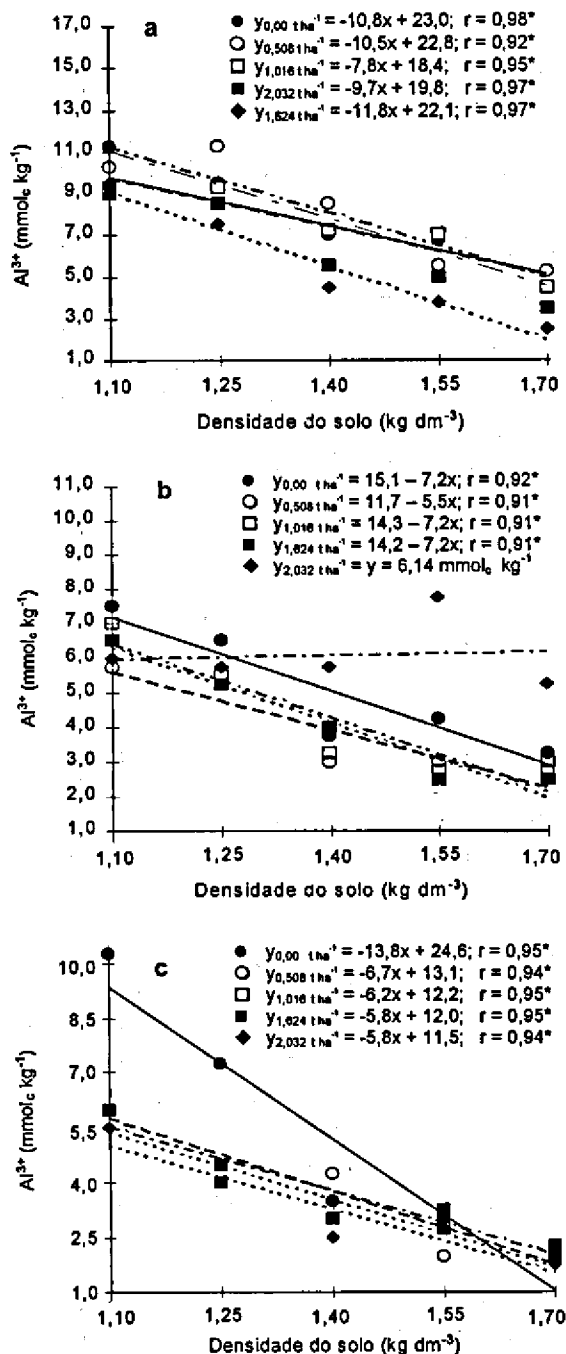


FIG. 1. Teores de alumínio do solo, no anel central da coluna, para cada dose de gesso estudada (y), dentro das doses de calcário de 0,0 t ha<sup>-1</sup> (a); 2,031 t ha<sup>-1</sup> (b) e 4,062 t ha<sup>-1</sup> (c) em função das densidades do solo (x).

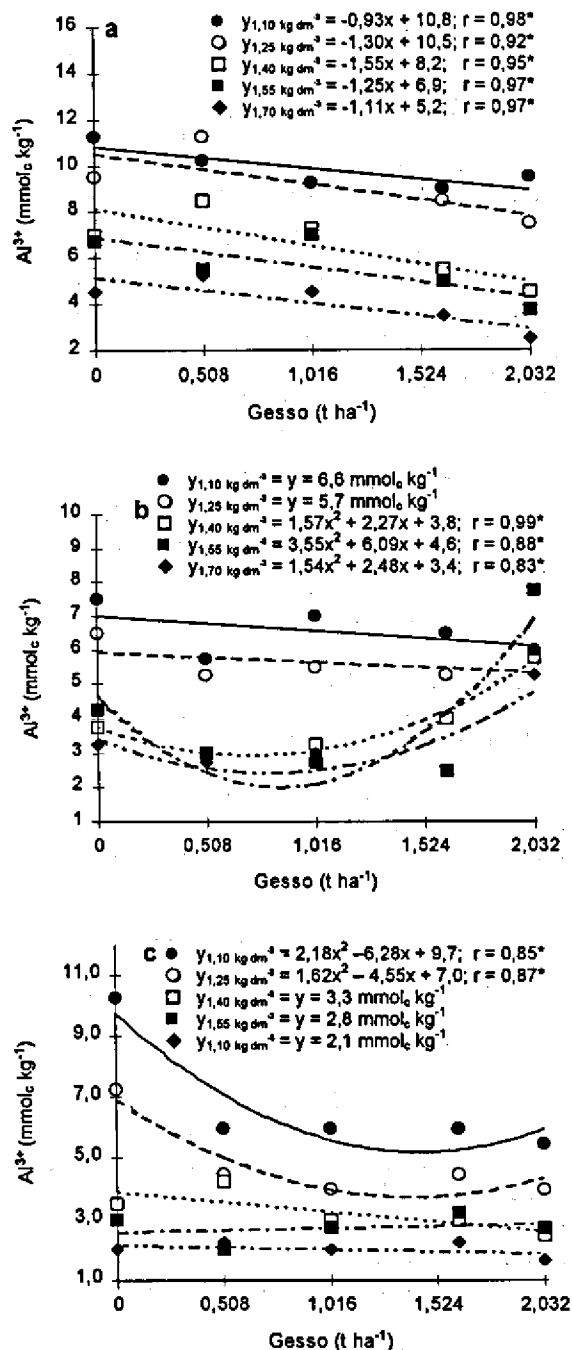


FIG. 2. Teores de alumínio do solo, no anel central da coluna, para cada densidade estudada (y), dentro das doses de calcário de 0,00 t ha<sup>-1</sup> (a); 2,031 t ha<sup>-1</sup> (b) e 4,062 t ha<sup>-1</sup> (c) em função das doses de gesso (x).

Reduções na quantidade de alumínio trocável com aumento do nível de compactação do solo foram também observadas por Borges (1986), cultivando soja e eucalipto em casa de vegetação.

Análise das equações (Fig. 3a) permite observar que houve efeito significativo, linearmente decrescente, nos teores de  $Al^{3+}$  com as doses de gesso, na ausência da calagem, em todos os níveis de compactação. Trabalho de Pavan et al. (1984) indica que com a aplicação de gesso ocorre complexação do alumínio pelo sulfato, formando o par iônico  $AlSO_4^+$  responsável pela redução da atividade do  $Al^{3+}$  na solução em até 50%.

Com aplicação de calcário equivalente a 1xNC não houve efeito de doses de gesso nos valores de densidade do solo igual ou inferiores a  $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$  (Fig. 2b). Em valores mais elevados de compactação (densidades superiores a  $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$ ) verifica-se pela Fig. 2b que as doses de gesso induziram comportamento quadrático nos valores de  $Al^{3+}$ , ocorrendo as menores quantidades de  $Al^{3+}$  quando as doses de gesso aplicadas foram de 0,72, 0,87 e 0,89  $t \text{ ha}^{-1}$  nas densidades de 1,40, 1,55 e  $1,70 \text{ kg dm}^{-3}$ , respectivamente (Fig. 2b).

Com calagem equivalente a 2xNC ( $4,062 \text{ t ha}^{-1}$ ), os teores de alumínio foram decrescentes até as doses de gesso de 1,43 e  $1,40 \text{ t ha}^{-1}$ , e crescentes nas doses maiores que essas nas densidades de 1,10 e  $1,25 \text{ kg dm}^{-3}$ . Em densidades do solo maiores que  $1,40 \text{ kg dm}^{-3}$ , as doses de gesso em todos os níveis não tiveram efeito significativo nos teores de alumínio (Fig. 2c).

**Alterações nos teores de cálcio do solo na camada compactada**

A presença de coeficientes de interseção negativos nas equações ajustadas (Fig. 3c) indica que na ausência da compactação, ou seja, quando o solo apresenta condutividade hidráulica elevada, as doses de gesso aplicadas podem estar redistribuindo o cálcio do solo doanel central para as camadas mais profundas do vaso.

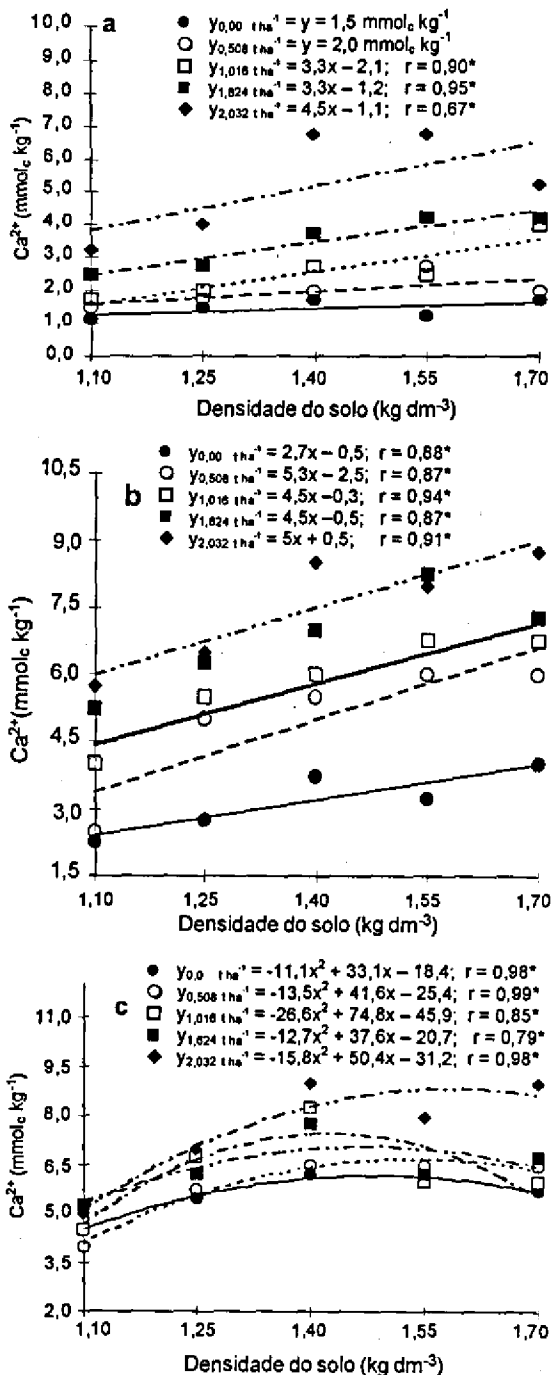


FIG. 3. Teores de cálcio do solo, no anel central, para cada dose de gesso estudada (y), dentro das doses de calcário de 0.0  $t \text{ ha}^{-1}$  (a); 2,031  $t \text{ ha}^{-1}$  (b) e 4,062  $t \text{ ha}^{-1}$  (c) em função das densidades do solo (x).

Com aplicação de calcário, equivalente a 1xNC, em todas as dosagens de gesso utilizadas, os teores de cálcio foram linearmente crescentes com a compactação (Fig. 3b). Essa situação indica que o uso da mistura calcário + gesso poderá aumentar as bases em solos compactados.

Maior acidez inicial do solo na camada compactada e aumento do tempo de contato da solução com a superfície do solo, causada pela redução da condutividade hidráulica imposta pelos maiores níveis de compactação, podem ter favorecido as reações de troca do  $Al^{3+}$  da superfície pelo cálcio do par iônico  $CaSO_4^+$ , diminuindo os teores de  $Al^{3+}$  (Fig. 1) e aumentando os teores de cálcio trocável (Figs. 3 e 4).

A Fig. 4a permite observar que na ausência da calagem não houve efeito da compactação nos teores de cálcio nas doses de 0,0 e 0,508 t ha<sup>-1</sup> de gesso. Nas doses maiores verifica-se que os teores de cálcio foram crescentes com a compactação. As equações ajustadas indicam que aumento na dosagem de gesso acima desse valor pode ter favorecido a formação do par iônico, que em solução desceu no perfil da coluna.

Segundo Malavolta (1992), teores de cálcio podem aumentar em profundidade em consequência de dissolução e dissociação do gesso na superfície, com formação do par iônico, que permanece neutro na solução que está descendo no perfil até encontrar valores mais baixos de pH, quando então inicia-se a troca ou adsorção do  $S-SO_4^{2-}$  e do  $Ca^{2+}$  pelos íons  $OH^-$  e  $Al^{3+}$  da superfície das partículas do solo. Esse autor afirma também que a lixiviação de cálcio será tanto mais rápida quanto menor for a adsorção de  $S-SO_4^{2-}$  na argila.

Os gráficos da Fig. 4, com suas respectivas equações, indicam que as doses de gesso tiveram efeito crescente e linearmente significativo nos teores de cálcio do solo, tanto na ausência como na presença de calcário, em todos os níveis de compactação estudados. Percebe-se por meio dos coeficientes lineares e dos pontos de interseção que aumentos nos teores de cálcio foram maiores quando calcário era misturado ao gesso (Fig. 4).

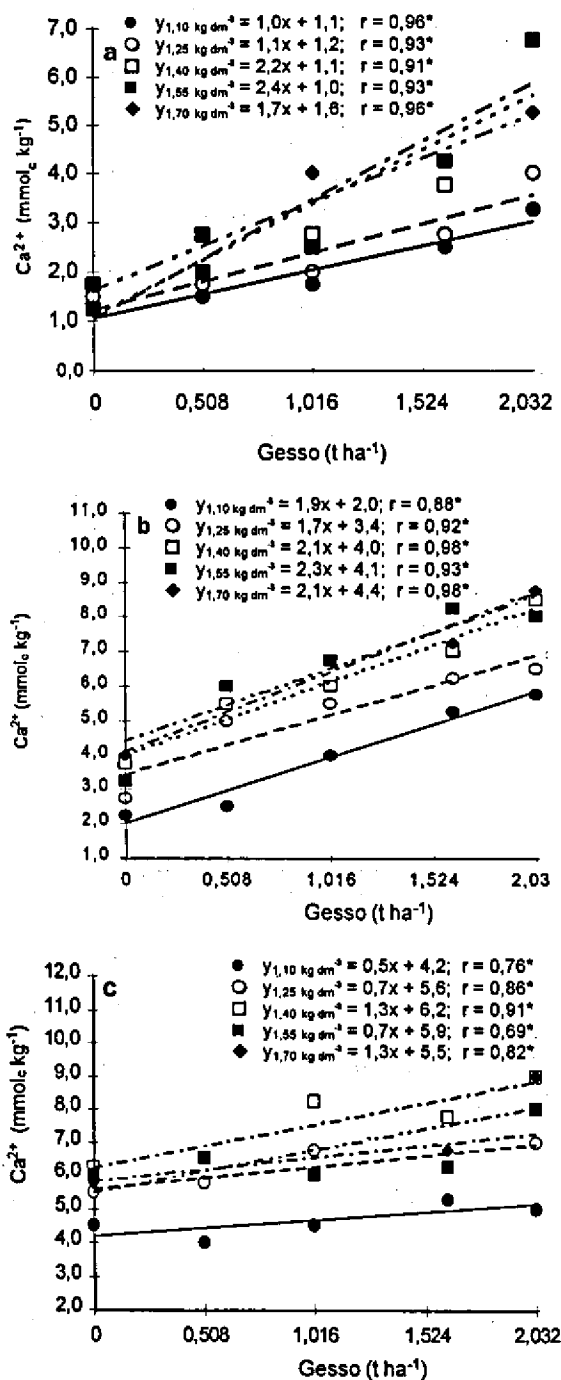


FIG. 4. Teores de cálcio do solo, no anel central da coluna, para cada densidade estudada (y), dentro das doses de calcário 0,0 t ha<sup>-1</sup> (a); 2,031 t ha<sup>-1</sup> (b) e 4,062 t ha<sup>-1</sup> (c) em função das doses de gesso (x).

## CONCLUSÕES

1. A compactação do solo e a aplicação de gesso favorecem o aumento dos teores de cálcio e redução do alumínio na camada compactada.

2. A existência de interação significativa entre níveis de compactação, calagem e gessagem do solo indica que essas três variáveis devem ser consideradas na aplicação da mistura calcário e gesso.

## REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, v.20, p.319-326, 1996.
- ALVES, H.M.R. Alterações de características químicas em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em Latossolo Vermelho-Amarelo Câmbico distrófico textura média fase cerrado. Lavras: ESAL, 1984. 84p. Tese de Mestrado.
- BORGES, E.N. Resposta da soja e do eucalipto a camadas compactadas de solo. Viçosa: UFV, 1986. 74p. Tese de Mestrado.
- BRUCE, R.R. An instrument for the determination of soil compactibility. *Soil Science Society of America. Proceedings*, Madison, v.19, p.253-256, 1955.
- COSTA, M.P. Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo. Piracicaba: ESALQ-USP, 1983. 137p. Tese de Mestrado.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, RJ). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, 1979. Paginação irregular.
- GAVANDE, S.A. *Física de suelos: principios y aplicaciones*. México: Editorial Limusa-Wiley S.A., 1972. 315p.
- LOBATO, E.; RITCHEY, K.D. Manejo do solo visando melhorar o aproveitamento da água. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 5., 1979, Brasília. *Anais...* Brasília: Ed. Ditterra, 1980. p.643-671.
- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado": características, propriedade e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato - Instituto Internacional da Potassa, 1983. 162p.
- MALAVOLTA, E. O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta - perguntas e respostas. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. *Anais...* São Paulo: Ed. Nagy, 1992. p.41-66.
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a Brazilian oxisol. *Soil Science Society of America. Journal*, Madison, v.48, p.33-38, 1984.
- SOPRANO, E. Movimentação de íons e crescimento de café em função da aplicação de sais de cálcio em colunas de solo. Viçosa: UFV, 1986. 92p. Tese de Mestrado.
- SUMNER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solo ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. *Anais...* São Paulo: Ed. Nagy, 1992. p.7-40.
- TRANI, P.E.; BULIZANI, E.A.; BRAGA, N.R. Adubação verde. Campinas: CATI, 1989. 13p. (Boletim técnico, 197).
- ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVIERIA JUNIOR, P. *Sistema de análise estatística para microcomputadores - SANEST*. Pelotas: UFPel, 1984. 80p.