

RESPOSTAS À APLICAÇÃO DE DIFERENTES MISTURAS DE CALCÁRIO E GESSO EM SOLOS. I. ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO PERFIL DO SOLO¹

**Orlando Carlos Martins²
Roberto Ferreira de Novais³
Victor Hugo Alvarez V.³
Antonio Carlos Ribeiro³
Nairam Félix de Barros³**

RESUMO

O efeito do gesso sobre as propriedades químicas de um perfil de solo está, qualitativamente, bem compreendido, embora, quantitativamente, ainda não, de maneira particular quanto ao seu efeito residual, depois de anos de cultivo. Este trabalho foi conduzido em condições de campo, em área da Fazenda Itamarati, localizada no município de Ponta Porã, MS, para avaliar alterações químicas ocorridas em parte do perfil do solo (0 a 60 cm) 30 meses após a aplicação uniforme e incorporação de doses e diferentes misturas de calcário e gesso. Os tratamentos foram constituídos por misturas percentuais de calcário (100, 90, 80, 67 e 50%) e gesso (0, 10, 20, 33 e 50%, respectivamente), em doses de 3,0 e 6,0 t/ha, mais um tratamento com 1,0 t/ha de gesso e uma testemunha. Cultivou-se soja, anualmente, de 1985 a 1987. No inverno de 1986 cultivou-se trigo. Em 1987, na fase final de enchimento de grãos, o solo foi amostrado até a profundidade de 60 cm e analisado. O gesso promoveu maior translocação de Ca e de Mg da superfície (0 a 15 cm) para as camadas inferiores do solo (30 a 45 e 45 a 60 cm), ocorrendo aumento na saturação por bases e redução nos teores de Al trocável e na saturação por Al. Foram também observados aumentos nos teores de Ca e Mg naquelas profundidades, com a

¹ Parte da tese do primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa. Aceito para publicação em 12.01.2002.

² Bairro Bosque Acamari, Casa 125. 36570-000 Viçosa, MG.

³ Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG. Bolsista do CNPq.

aplicação de cálcio apenas. Não foi observada movimentação de K no perfil do solo com a aplicação de gesso. O S adicionado ao solo não foi retido na camada superficial (0 a 15 cm), mas sim nas camadas inferiores do perfil do solo (15 a 60 cm), onde se acumulou nas formas de S disponível e reserva.

Palavras-chaves: *Glycine max*, química do solo.

ABSTRACT

RESPONSES TO THE APPLICATION OF DIFFERENT LIME-GYPSUM MIXTURES IN SOILS. I. CHEMICAL ALTERATIONS IN THE SOIL PROFILE

The effect of gypsum on chemical properties of a soil profile is qualitatively well understood but not yet quantitatively, particularly, its residual effect after years of application. This experiment was carried out under field conditions to evaluate the chemical alterations in a soil profile (0-60 cm), thirty months after the application of rates of different mixtures of lime (100, 90, 80, 67 and 50 %) and gypsum (0, 10, 20, 33 and 50 %, respectively) at the rates of 3.0 and 6.0 t/ha. A treatment with 1.0 t/ha of gypsum and a control plot were also set up. Soybean was cultivated on the area from 1985 to 1987 and wheat in the Winter of 1986 as a second crop. In 1987, at the R6 stage of growth of the soybean plants, soil samples were taken down to 60 cm in the soil profile and submitted to chemical analyses. Gypsum promoted a greater leaching of Ca and Mg from the soil surface (0-15 cm) to the lower layers of the soil (30 to 45 and 45 to 60 cm), an increasing the soil base saturation and decreasing Al saturation. It was also observed an increase in the levels of Ca and Mg in depth in the soil profile with lime application only. Gypsum did not promoted leaching of K in the soil profile. The S added as gypsum was not retained at the superficial soil layer (0-15 cm), but leached to lower layers (15 to 60 cm), where it accumulated as available S as well as reserve S form.

Key words: *Glycine max*, soil chemistry.

INTRODUÇÃO

A aplicação de sais de cálcio na superfície do solo, com o objetivo de aumentar a saturação por bases em camadas profundas do perfil do mesmo, tem sido testada por vários pesquisadores (15, 22).

Ritchey et al. (28), em um experimento usando superfosfato triplo e superfosfato simples como fontes de fósforo, observaram, na cultura do milho, que as parcelas tratadas com superfosfato simples foram menos prejudicadas pelo veranico durante a condução do experimento. Associados a isto, constataram maiores teores de cálcio, menor saturação por alumínio e melhor enraizamento nas camadas profundas dessa parcela. Atribuiu-se o ocorrido à ação do gesso presente no superfosfato simples.

Tem sido considerado que a formação dos pares iônicos CaSO_4^0 ou

MgSO_4° com a aplicação do gesso seria responsável pela lixiviação de S, Ca e Mg no perfil do solo. Apesar de a formação de par iônico de Ca^{2+} com Cl^- e com NO_3^- ser desprezível (1), a aplicação de CaCl_2 ou de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, no solo proporciona lixiviação maior e mais rápida de Ca do que a aplicação de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (26). Um fator importante é o mecanismo de adsorção dos ânions no solo (adsorção predominantemente específica ou não), o que poderia, em parte, explicar as diferenças de suas mobilidades (10, 18, 21).

Embora o aumento do pH do solo com a adição de gesso possa ocorrer (24, 28), isso nem sempre é observado (22). O aumento do pH do solo tem sido atribuído ao efeito de autocalagem provocada pelas reações de troca do sulfato com hidroxila (21, 24).

Entretanto, com a aplicação de gesso ao solo, ocorre a complexação do alumínio pelo sulfato, formando o par-iônico AlSO_4^+ , diminuindo, assim, a atividade desse elemento em solução (30) e, com o aumento da lixiviação de bases, redução significativa da saturação por alumínio no perfil do solo.

Além dos efeitos benéficos ocasionados pela lixiviação de Ca no perfil do solo, a aplicação de doses elevadas de gesso provoca movimentação maior do K e do Mg, em relação ao Ca, para camadas mais profundas, o que pode causar um desbalanceamento de bases na camada superficial e a perda desses nutrientes por lixiviação (26, 29).

A aplicação combinada de gesso e calcário tem sido recomendada, pois o aumento de pH e de CTC efetiva da camada superficial do solo, ocasionado pelo calcário, faz com que a lixiviação de K e de Mg seja reduzida (22, 28). Além disso, a movimentação de SO_4^{2-} para camadas mais profundas é acelerada devido à diminuição na capacidade de retenção de sulfato pelo solo provocada pelo aumento do pH (10).

O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações químicas ocorridas na parte superior do perfil do solo após 30 meses da aplicação de doses de diferentes misturas de calcário e gesso.

MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi conduzido em condições de campo, em uma região de solo ácido (Latosolo Vermelho álico), originalmente com vegetação de cerrados (Quadro 1).

Selecionou-se uma área, denominada Antena, cultivada com soja há mais ou menos dez anos, pertencente à Fazenda Itamarati, em Ponta Porã (MS).

QUADRO 1 – Características químicas e físicas de amostras do solo da área experimental (Antena), coletadas nas parcelas testemunhas, após o cultivo de soja do ano de 1985

Análise	Profundidade de amostragem (cm)			
	0-15	15-30	30-45	45-60
pH em H ₂ O (1:2,5)	5,10	4,90	4,70	4,70
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,70	1,00	1,60	1,50
H + Al (cmol _c dm ⁻³) ⁽²⁾	7,70	7,40	7,40	6,60
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	2,43	1,65	0,87	0,98
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽¹⁾	0,91	0,70	0,36	0,33
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³) ⁽³⁾	0,30	0,18	0,12	0,13
Saturação por bases (%)	32,10	25,50	15,4	17,9
P (mg dm ⁻³) ⁽³⁾	8,20	3,90	1,80	2,30
S (mg dm ⁻³) ⁽⁴⁾	2,50	4,30	3,10	1,60
Carbono orgânico (%) ⁽⁵⁾	2,18	1,87	1,56	1,68
Profundidade de amostragem (0 – 60 cm)				
Areia grossa (%)	8			
Areia fina (%)	16			
Silte (%)	19			
Argila (%) ⁽⁶⁾	57			
Equiv. de umidade (%) ⁽⁷⁾	29,2			
Capac. de campo (%) ⁽⁸⁾	26,4			
(1) Extrator: KCl 1 mol L ⁻¹ (11); (2) Extrator: Ca(OAc) ₂ 0,5 mol L ⁻¹ a pH 7 (11); (3) Extrator: Mehlich-1 (11); (4) Extrator: 500 mg PL ⁻¹ na forma de Ca(H ₂ PO ₄) ₂ .H ₂ O em HOAc 2 mol L ⁻¹ (5); (5) Método de Walkley-Black (11); (6) Método da pipeta (12); (7) EMBRAPA (12); (8) Método da coluna (14).				

Foram usados como material corretivo um calcário da região contendo 85% de PRNT, 44% de CaO e 8% de MgO e gesso agrícola com 16% de S e 28% de CaO. Os tratamentos (fatorial 2x5+1+1) foram constituídos por cinco misturas percentuais de calcário (100, 90, 80, 67 e 50%) e gesso (0, 10, 20, 33 e 50%) por dose (de 3,0 e de 6,0 t/ha), mais um tratamento com apenas 1,0t/ha de gesso e uma testemunha. Para elevar a saturação por bases do solo para 60% (Quadro 1), são necessárias 3,95 t/ha do calcário utilizado. Portanto, as doses de 3 e de 6 t/ha testadas constituídas, na maioria dos casos, de misturas de calcário e gesso, cobrem aquela dose que comercialmente seria recomendada. Foi utilizada a dose de 1 t/ha de gesso, aplicada isoladamente, para ser comparada com a mesma dose de gesso juntamente com o calcário na dose de 3 t/ha (33% de gesso). Os corretivos foram aplicados uniformemente, um de cada vez, em parcelas de 7 m de comprimento por 4 m de largura e incorporados de 0 a 20 cm de profundidade com grade aradora. Os tratamentos foram dispostos no campo, segundo o delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os cultivos de soja que se sucederam de 1985 a 1988 foram conduzidos nas mesmas parcelas experimentais.

O trigo foi cultivado apenas no inverno de 1986, após a colheita de soja referente ao cultivo de 1985.

Para o cultivo da soja em 1985, o preparo do solo constituiu-se de uma gradagem profunda (± 20 cm), uma média e outra superficial com grades do tipo aradora, destorroadora e niveladora, respectivamente. Usou-se uma adubação no sulco de plantio com 80 kg/ha de P_2O_5 e 60 kg/ha de K_2O , respectivamente, nas formas de superfosfato triplo e cloreto de potássio. A adubação PK adotada foi a mesma utilizada comercialmente em todo o talhão, onde o experimento se encontrava. Este critério foi adotado também nos anos seguintes. As parcelas foram formadas de sete fileiras de soja com 7 m de comprimento, espaçadas em 45 cm.

Para o cultivo do trigo em 1986, o preparo do solo constituiu-se de uma gradagem média e outra superficial com grades do tipo destorroadora e niveladora, respectivamente. Para este cultivo, as parcelas não receberam adubação.

Para o cultivo da soja em 1986, não foi aplicada adubação de manutenção e as outras práticas utilizadas foram iguais às do cultivo de 1985.

Para o plantio da soja em 1987, a adubação foi aplicada no sulco de plantio, utilizando-se 90 kg/ha de P_2O_5 , na forma de superfosfato-triplo, e 45 kg/ha de K_2O , na forma de cloreto de potássio. A cultura foi implantada e conduzida de maneira semelhante à utilizada nos anos anteriores.

Na fase final de enchimento de grãos, o solo foi amostrado até a profundidade de 60 cm. Foram coletadas 12 amostras simples por amostra composta em cada parcela, com trado do tipo caneco, a cada 15 cm de profundidade.

As amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneira com malhas de 2 mm e submetidas às análises de pH em H_2O (1:2,5), H + Al (extraídos com $Ca(OAC)_2$ 0,5 mol L^{-1} , a pH 7), Ca, Mg e Al trocáveis (extrator KCl 1 mol L^{-1}) e K disponível (extrator de Mehlich-1), segundo Defelipo e Ribeiro (11). Os teores de S disponível (extrator, 500 mg P L^{-1} , na forma de $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ em $HOAc$ 2 mol L^{-1} , como utilizado por Alvarez V. (5), e S de reserva, segundo Bardsley e Lancaster (7), foram determinados por turbidimetria (9).

Foram efetuadas análises de variância dos dados de análise de solo de cada profundidade.

Os graus de liberdade relativos aos tratamentos foram desdobrados no cálculo de contrastes e em modelos matemáticos, para todas as características analisadas, tendo como variável independente as percentagens de gesso nas misturas corretivas adicionadas ao solo, nas doses de 3,0 e 6,0 t/ha. Os componentes de cada modelo foram testados até o nível de significância de 10% pelo teste F, com base no quadrado médio do erro experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Ca trocável decresceram bruscamente no perfil do solo, revelando o caráter distrófico do solo original, o qual recebeu calagem em épocas anteriores à implantação do experimento (Figura 1a).

O aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva, na dose de 6,0 t/ha, causou redução significativa nos teores de Ca trocável, na profundidade de 0 a 15 cm. Porém, nas profundidades de 30 a 45 cm e de 45 a 60 cm, a situação inverteu-se, ocorrendo aumento nos teores de Ca trocável com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva, evidenciando a superioridade do gesso em promover a translocação do Ca para as camadas mais profundas do perfil. Estes resultados evidenciam aqueles encontrados por Ritchey et al. (28) e Pavan et al. (22), que demonstraram a importância de um ânion acompanhante estável, no caso o SO_4^{2-} , na movimentação de cátions no perfil do solo.

Ocorreu aumento, estatisticamente significativo, dos teores de Ca trocável nas profundidades de 30 a 45 cm e de 45 a 60 cm, no tratamento que recebeu apenas calcário como corretivo, na dose de 6,0 t/ha (C6G0), em relação ao tratamento que não recebeu corretivo (C0G0). O mesmo efeito foi encontrado por Alves (6) em um experimento em que se utilizaram colunas de PVC. O autor atribuiu o fato ao arrastamento de partículas não-dissociadas de calcário micropulverizado na água de lixiviação para as camadas mais profundas das colunas de solo. Entretanto, em condições de campo, essa descida do íon Ca, ocasionada pela calagem, deve ocorrer por outra razão, uma vez que se tem observado que este efeito é acumulativo com o tempo (23) o que não ocorreria se fosse devido ao arrastamento de micropartículas de calcário, pois estas são as primeiras a se dissolverem no solo.

Segundo Ritchey et al. (27), a neutralidade elétrica do sistema do solo é mantida em equilíbrio dinâmico. Assim, íons positivamente carregados não lixiviam isoladamente. Os cátions são acompanhados por ânions. Em solos ácidos, os íons CO_3^{2-} e HCO_3^- , resultantes da dissolução do carbonato, têm curta existência antes de sua neutralização pela acidez do solo. Deste modo, a taxa de movimentação do íon Ca deverá ser governada pela natureza e características de outros ânions disponíveis. Embora esta afirmativa esteja correta, deve-se considerar que a concentração de íons HCO_3^- aumenta, logaritmicamente, de acordo com o aumento do pH (17), atingindo teores significativos no solo com pH acima de 6,0, que podem arrastar consigo quantidades equivalentes de cátions para camadas mais profundas do perfil do solo. Os íons HCO_3^- lixiviados para essas camadas, onde, normalmente, o pH é menor do que o da superfície, entram em um novo equilíbrio. A reação do HCO_3^- consome H^+ , gerando carga efetiva na

CTC do solo, onde o cátion acompanhante pode ser adsorvido. Justifica-se assim as necessidades de aplicação de altas doses de calcário (pH alto) na superfície e longo período de tempo para que o aumento nos teores de cátions em subsuperfície, devido à calagem, possa ser observado mais pronunciadamente.

Em relação ao Mg trocável, foi observado seu deslocamento da superfície para as camadas mais profundas do solo, com a aplicação de calcário e gesso (Figura 1b). Com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva, os teores de Mg trocável decresceram na camada de 0 a 15 cm, aumentando nas camadas de 30 a 45 e de 45 a 60 cm. As alterações ocorridas nos teores de Mg trocável no perfil do solo foram semelhantes às observadas nos teores de Ca trocável, embora de forma menos pronunciada, dado o teor relativamente baixo de Mg no calcário utilizado. O aumento na relação Ca:Mg do solo ocorreu com a aplicação de calcário e gesso, isolados ou em mistura (Figura 1c).

No caso do K, apesar de ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos C6G0 e C0G0 na profundidade de 30 a 45 cm, as diferenças entre os tratamentos foram muito pequenas (Figura 1d), provavelmente como consequência da baixa saturação de K no complexo de troca do solo, aliada a saturações mais elevadas por Ca e por Mg (Quadro 1). Sabe-se, no entanto, que a adição de sulfato ao solo favorece a lixiviação do K, que pode não ter ocorrido neste experimento em razão das baixas doses de gesso aplicadas, em relação às que freqüentemente são empregadas em outros experimentos, como no caso de Pavan et al. (22) que, trabalhando com colunas de solo, aplicaram gesso em dose equivalente a 25,0 t/ha, enquanto Hammel et al. (16) e Farina e Channon (13), em ensaios de campo, aplicaram 35,0 e 10,0 t/ha de gesso, respectivamente.

A saturação por bases comportou-se de modo semelhante aos teores de Ca e de Mg trocáveis. A aplicação do gesso, assim como a do calcário, ocasionou aumento da saturação por bases no perfil do solo (Figura 1e). Observou-se expressiva redução na saturação por bases na superfície (0 a 15 cm), com os aumentos da percentagem de gesso na mistura corretiva na dose de 6,0 t/ha e nas profundidades de 30 a 45 cm e de 45 a 60 cm.

O calcário foi muito eficiente em elevar o pH do solo nas camadas superficiais (Figura 1f), não o fazendo nas camadas mais profundas, como pode ser observado comparando-se o tratamento C6G0 com o tratamento C0G0. Observou-se, com a dose de 6,0 t/ha, redução linear do pH na superfície (0 a 15 cm) e aumento linear nas profundidades de 30 a 45 cm e de 45 a 60 cm, com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva. O aumento do pH do solo pela adição de gesso tem sido atribuído ao deslocamento de OH^- da superfície dos óxidos de ferro e de alumínio por SO_4^{2-} (10, 21, 24).

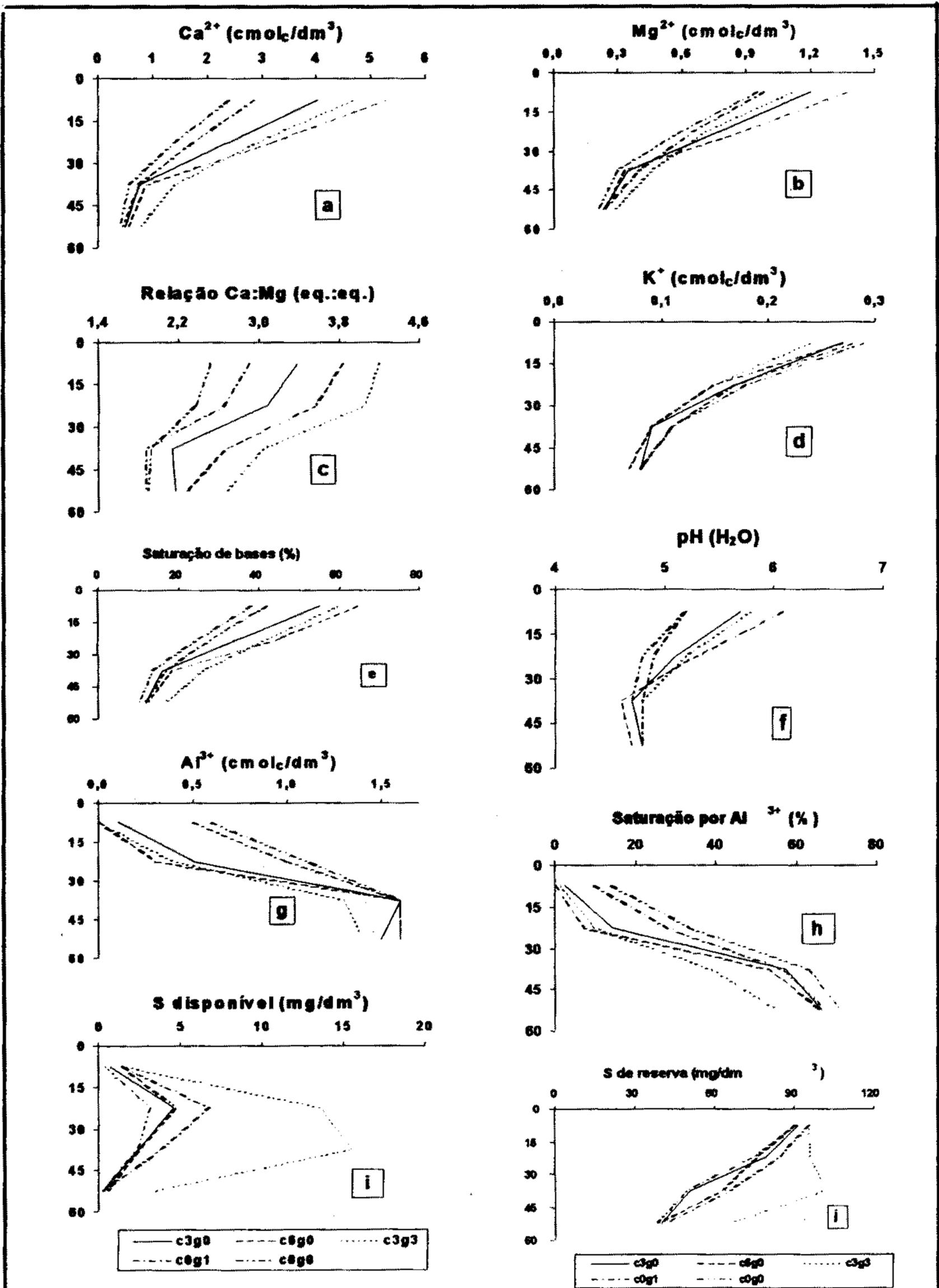


FIGURA 1 - Alterações de características químicas, em diferentes profundidades no solo, 30 meses após a aplicação de diferentes doses e misturas corretivas de calcário (c) e gesso (g) (os números da codificação indicam t/ha do componente da mistura). Apenas os tratamentos envolvidos nas comparações testadas pelos contrastes nas análises de variância são apresentados.

A redução nos teores de Al trocável nas camadas mais profundas do solo, com a aplicação de gesso, não foi muito acentuada (Figura 1g), embora este efeito tenha sido consistente com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva, na dose de 6,0 t/ha, efeito também observado por outros pesquisadores (4, 13, 22, 30).

Essa redução do Al trocável do solo com a aplicação de gesso tem como causas: a polimerização do Al^{3+} , induzida pelo sulfato, em formas menos solúveis (22, 25), o efeito complexante do fluor existente no gesso-resíduo-de-indústria (4, 20) ou a troca de sulfato com grupos hidroxílicos resultando em um efeito denominado autocalagem (25).

O efeito dos tratamentos sobre a saturação por Al do solo seguiu a mesma tendência dos teores de Al trocável (Figura 1h), inclusive a aplicação de 6,0 t/ha de calcário (C6G0), comparado à testemunha (C0G0), porém de forma mais pronunciada, demonstrando que a redução na saturação por Al, nas camadas mais profundas deveu-se, ao aumento dos teores de Ca e Mg trocáveis nestas camadas, provocado pelos tratamentos.

A saturação por Al decresceu linearmente com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva na dose de 6,0 t/ha, nas profundidades de 30 a 45 cm e de 45 a 60 cm. Nestas profundidades ocorreram reduções de 24,4 % e de 15,6 % na saturação por Al no tratamento C3G3, comparado com o tratamento C0G0, respectivamente (Figura 1h).

Em relação à disponibilidade de S, observou-se a ocorrência de baixos teores de S disponível na camada superficial do solo (0 a 15 cm), independentemente dos tratamentos aplicados, ocorrendo aumento abrupto na camada adjacente (Figura 1i). Em solos cultivados, geralmente ocorre aumento abrupto do teor de S na camada imediatamente inferior àquela cultivada, por causa da maior perda de S por lixiviação da camada superficial do solo, decorrente da redução na capacidade de adsorção de S, provocada pela calagem e pela adubação fosfatada (8, 19).

Nas camadas inferiores do solo (15 a 60 cm) observaram-se aumentos nos teores de S disponível com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva nas doses de 3,0 e de 6,0 t/ha, exceto na profundidade de 45 a 60 cm na dose de 3,0 t/ha, que não apresentou alteração significativa.

No tratamento que recebeu a maior dose de gesso (C3G3), observaram-se altos teores de S disponível nas profundidades de 15 a 30 cm e de 30 a 45 cm, diminuindo bruscamente na profundidade de 45 a 60 cm (Figura 1i). Isso permite concluir que não devem ter ocorrido grandes perdas de S para camadas abaixo das analisadas, uma vez que, na maior

profundidade analisada (45 a 60 cm), encontraram-se baixos teores deste nutriente.

Embora a diferença entre a aplicação de 6,0 t/ha de calcário e o tratamento-testemunha não tenha sido significativa, observou-se (Figura 1i) aumento dos teores de S disponível no tratamento C6G0 e C3G0, em relação à testemunha C0G0), na profundidade de 15 a 30 cm (Figura 1i). Isso ocorreu, provavelmente, em razão do aumento de mineralização do S de compostos orgânicos da superfície do solo, provocado pela calagem, como já comentado na literatura (31).

Os teores de S de reserva no solo (Figura 1j), sem a aplicação de gesso, são maiores na superfície, decrescendo com a profundidade. Esse comportamento ocorre porque, em solo que não tenha recebido doses altas de S inorgânico, o S de reserva é formado principalmente do S de compostos orgânico do solo (7), teor que tem alta correlação com o teor de carbono orgânico, o qual, por sua vez, decresce com a profundidade no perfil do solo.

As correlações entre os teores de S disponível e os teores de S de reserva (Quadro 2) foram altamente significativas nas três profundidades mais inferiores do solo e não-significativas na primeira profundidade. Isso indica que os aumentos ocorridos nos teores dessas duas frações de S no solo, com a aplicação dos tratamentos, seguiram o mesmo comportamento. Observando-se a alta correlação entre essas duas frações de S no solo, após um período de tempo relativamente longo desde a aplicação das várias doses de gesso, acredita-se que o S de reserva acrescido ao solo pela adição do gesso, esteja na forma inorgânica, fortemente adsorvido ao solo ou precipitado na fase sólida, mas em equilíbrio com o S disponível do solo.

A redução nos teores de S disponível que ocorre com o tempo, após a sua aplicação ao solo, pode não ser apenas por perdas por lixiviação, mas, em alguns solos, ao aumento da adsorção do S retido por adsorção específica (10, 21, 24) ou à formação de compostos de alumínio, como basaluminita e alunita (2, 3). Assim, os teores de S disponível, obtidos após a aplicação de uma fonte de S solúvel, vão passando com o tempo para a fração de S de reserva, não se constituindo desse modo em perda efetiva de S do solo.

A correlação entre os teores de Ca, Mg, saturação por bases, saturação por Al, e os teores de S de reserva (Quadro 2) foram altamente significativas nas profundidades inferiores do solo (30 a 45 e 45 a 60 cm), indicando que o aumento nos teores de Ca e de Mg trocáveis, observado nessas profundidades, se deve à movimentação do S no solo.

QUADRO 2 - Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de S de reserva e as características: teores de Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e de S disponível, saturação por bases, saturação por Al³⁺, determinados no final do cultivo de 1987, em quatro profundidades no perfil do solo				
Característica	Profundidade (cm)			
	0-15	15-30	30-45	45-60
	----- r -----			
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,005 ^{ns}	0,331 ^{ns}	0,954 ^{***}	0,863 ^{***}
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	-0,194 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,807 ^{***}	0,926 ^{***}
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,128 ^{ns}	-0,307 ^{ns}	-0,791 ^{**}	-0,663 ^{**}
Sat. por bases (%)	0,008 ^{ns}	0,326 ^{ns}	0,961 ^{***}	0,860 ^{***}
Sat. por Al ³⁺ (%)	0,059 ^{ns}	-0,333 ^{ns}	-0,931 ^{***}	-0,837 ^{***}
S disponível (mg dm ⁻³)	0,333 ^{ns}	0,922 ^{***}	0,930 ^{***}	0,904 ^{***}
ns; *, ** e *** = não-significativo; significativo a 5, 1 e 0,1%, respectivamente.				

CONCLUSÕES

1) A translocação de Ca e de Mg para camadas mais profundas do solo, proporcionada pelo gesso, é também observada em menor intensidade, porém significativa, com a aplicação de calcário.

2) A aplicação de gesso não causa translocação de K para as camadas mais profundas do perfil do solo.

3) O enxofre aplicado acumula-se nas camadas inferiores do solo, na forma de S disponível e reserva.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, F. Ionic concentrations and activities in soil solutions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25:420-6, 1971.
- ADAMS, F. & RAWAJFIH, Z. Basaluminite and alunite: A possible cause of sulfate retention by acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41:686-92, 1977.
- ALVA, K.A. & SUMNER, M.E. Effects of phosphogypsum or calcium sulfate on aluminum reactive aluminum in solutions at varying pH. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 19:1715-30, 1988.
- ALVA, K. A.; SUMNER, M.E. & NOBLE, A.D. Alleviation of aluminum toxicity by phosphogypsum. *Commun. Soil Sci. Pl. Anal.*, 19:385-403, 1988.
- ALVAREZ V., V.H. Equilíbrio de formas disponíveis de fósforo e enxofre em dois latossolos de Minas Gerais. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1974. 125p. (Tese de Mestrado).

6. 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, Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1984. 84p. (Tese de Mestrado).
7. BARDSLEY, C.E. & LANCASTER, J.D. The determination of reserve sulfur and soluble sulfates in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 24:265-8, 1960.
8. BROMFIELD, A.R. Sulfur in Northern Nigerian soils. 1. The effects of cultivation and fertilizers on total S and sulphate patterns in soil profiles. *Agric. Sci.*, 78:465-70, 1972.
9. CHESNIN, L & YIEN, C.H. Turbidimetric determination of available sulfates. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 15:149-51, 1950.
10. COUTO, W.; LATHWELL, D.J. & BOULDIN, D.R. Sulfate sorption by two Oxisols and an Alfisol of the tropics. *Soil Sci.*, 127:108-16, 1979.
11. DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química do solo. 2ª ed. Viçosa, UFV, Imprensa Universitária, 1997. 26 p. (Boletim de Extensão, 29).
12. EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solo, 1979. s.n.p.
13. FARINA, M.P.W. & CHANNON, P. Acid-subsoil amelioration. II. Gypsum effects on growth and subsoil chemical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52:175-80, 1988.
14. FERNANDES, B. Retenção e movimento de água no solo. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1967. 48p. (Tese de Mestrado).
15. GEBHARD, H. & COLEMAN, N.T. Anion adsorption by allophanic tropical soils. II. Sulfate adsorption. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 38:259-62, 1974.
16. HAMMEL, J.E.; SUMNER, M.E. & SHAHANDEH, H. Effect of physical and chemical profile modification on soybean and corn production. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:1508-11, 1985.
17. LINDSAY, W.L. Chemical equilibria in soils. New York, Wiley-Interscience, 1979. 449p.
18. MARSH, K.B.; TILLMAN, R.W. & SYERS, J.K. Charge relationships of sulfate sorption by soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:318-23, 1987.
19. McCLUNG, A.L.; FREITAS, M.M. & LOTT, W.L. Analysis of several Brazilian soils in relation to plant responses to sulfur. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 23:221-4, 1959.
20. OATES, K.M. & CALDWELL, A.G. Use of by-product gypsum to alleviate soil acidity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49:915-8, 1985.
21. PARFITT, R.L. & SMART, R.S.C. The mechanism of sulfate adsorption on iron oxides. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:48-50, 1978.
22. PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48:33-8, 1984.
23. QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAJ, B.V. & SAKAJ, M. Calagem para a sucessão batata-triticales-milho, usando calcário com diferentes teores de magnésio. *Bragantia*, 44:391-406, 1985.
24. RAJAN, S.S.S. Sulfate adsorbed on hydrous alumina, ligands displaced, and changes in surface charge. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42:39-44, 1978.
25. REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface-applied amendments. *Agrochimophisica*, 4:1-6, 1972.
26. RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & SOUZA, D.M.G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solos de cerrados. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 18, Salvador, 1981. Programa e Resumos, Salvador, SBCS, 1981. p.96.

27. RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & SOUZA, D.M.G. Relação entre teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. R. Bras. Ci. Solo, 7:269-75, 1983.
28. RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, C. Calcium leaching to increase rooting depth in Brazilian savanna Oxisol. Agron. J., 70:40-4, 1980.
29. ROSOLEM, C.A. & MACHADO, J.R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois Latossolos. R. Bras. Ci. Solo, 8:103-9, 1984.
30. SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H., BOUTON, J. & HAMMEL, J.E. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. Soil Sci. Soc. Am. J., 50:1254-78, 1986.
31. TABATABAI, M.A. Sulfur in agriculturae. Madison, s.e., 1986. 668p.