

ANDRÉ AGUIRRE RAMOS

**MOBILIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO E
PRODUTIVIDADE DO MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM,
GESSAGEM E ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador
Prof. Dr. FABIANO RIBEIRO DO VALE

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1996

**Ficha Catalográfica preparada pela Seleção de Classificação e Catalogação da
Biblioteca Central da UFLA**

Ramos, André Aguirre

Mobilidade de nutrientes no solo e produtividade do milho em função da calagem, gessagem e adubação mineral e orgânica / André Aguirre Ramos. -- Lavras: UFLA, 1996.

46 p. : il.

Orientador: Fabiano Ribeiro do Vale.

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Milho. 2. Calagem. 3. Gessagem. 4. Adubação mineral. 5. Adubação orgânica. 6. Solo - Nutriente.

I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

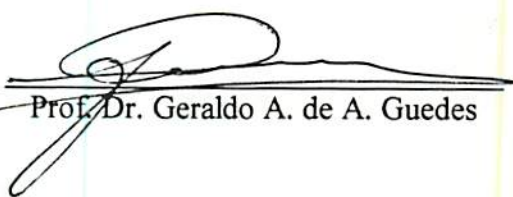
CDD- 633.15891


ANDRÉ AGUIRRE RAMOS

**MOBILIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO E PRODUTIVIDADE
DO MILHO EM FUNÇÃO DA CALAGEM, GESSAGEM E
ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA: 12 de fevereiro de 1996.


Prof. Dr. Geraldo A. de A. Guedes


Dr. Antonio E. Furtini Neto


Prof. Dr. Fabiano Ribeiro do Vale
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de Ciência do Solo, pela oportunidade de realizar o curso.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida.

Ao professor Fabiano Ribeiro do Vale pela orientação no decorrer do curso.

Aos professores do Departamento de Ciência do Solo pelos ensinamentos e auxílio prestados no decorrer do curso.

Aos professores Antonio E. Furtini Neto, Geraldo A. de A. Guedes pelas sugestões à dissertação.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo em especial ao José Roberto Fernandes(Pezão) pela ajuda prestada na coleta e manuseio do solo.

Ao produtor rural João Rubens de Carvalho, proprietário da Fazenda Bela Vista, município de Itumirim, que gentilmente cedeu a área e colaborou para a realização do projeto.

Aos colegas e amigos, Cláudio Roberto Valério(Taubaté), Eliseu Norberto Mann e Luiz Arnaldo Fernandes pela ajuda nos trabalhos de campo e de laboratório.

A todos os colegas da pós-graduação, pela amizade e convivência.

Aos amigos e colegas de república, que proporcionaram momentos de alegria e amizade.

A Cristiane Regina Bueno amiga, companheira, namorada e noiva, pelo carinho, paciência e amor, dedico.

Aos meus familiares, especialmente meus pais e avós, que sempre me apoiaram.

A Deus, por simplesmente TUDO.

A todos aqueles que de uma maneira ou outra contribuíram para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
RESUMO.....	
SUMMARY.....	
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1.Toxidez de alumínio e deficiência de cálcio no desenvolvimento radicular.....	3
2.2.Mobilidade de nutrientes e correção da acidez subsuperficial.....	5
2.3.Efeito da adubação orgânica e calagem na disponibilidade e mobilidade de nutrientes.....	8
2.4.Resposta do milho a aplicação de calcário, gesso, adubação orgânica e mineral.....	9
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	11
3.1.Solo.....	11
3.2.Tratamentos e delineamento experimental.....	12
3.3.Características Avaliadas.....	13
3.4.Análise Estatística.....	13
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1.Teores de nutrientes no perfil do solo.....	14
4.2.Saturação de bases e pH.....	25
4.3.Produção.....	28
5.CONCLUSÕES.....	31
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
APÊNDICE.....	38

LISTA DE QUADROS

QUADRO	Página
1. Algumas características químicas e físicas do solo utilizado no experimento.....	11
2. Teores de nutrientes no perfil do solo, em função da aplicação de adubação orgânica	15
3. Coeficientes de correlação entre cálcio, magnésio e potássio com nitrato e sulfato em função dos tratamentos com calagem e gessagem.....	24
4. Estande, número e peso de espigas e produção de milho em função da adubação orgânica, calagem, gessagem e adubação mineral.....	28
5. Produções médias de milho em função dos tratamentos com calcário, gesso, adubação orgânica e mineral.....	29
1A. Análise estatística para a variável Ca.....	39
2A. Análise estatística para a variável Mg.....	40
3A. Análise estatística para a variável K.....	41
4A. Análise estatística para a variável NO_3^-	42
5A. Análise estatística para a variável S.....	43
6A. Análise estatística para a variável V%.....	44
7A. Análise estatística para a variável pH.....	45
8A. Análise estatística para as variáveis número de espigas/ha, peso de espigas/ha e produção de grãos/ha.....	46

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Página
1. Distribuição de cálcio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados.....	16
2. Distribuição de magnésio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados.....	18
3. Distribuição de potássio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos e na ausência de adubação orgânica.....	19
4. Distribuição de potássio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos e na presença de adubação orgânica.....	20
5. Distribuição de nitrato em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados.....	22
6. Distribuição de enxofre em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados.....	23
7. Distribuição de saturação de bases em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados.....	26
8. Distribuição de valores de pH em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados.....	27

RESUMO

RAMOS, André Aguirre. **Mobilidade de nutrientes no solo e produtividade do milho em função da calagem, gessagem e adubação mineral e orgânica.** Lavras: UFLA, 1996. 46 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

Este trabalho objetivou avaliar, a médio prazo, diferentes estratégias de enriquecimento em cálcio de camadas subsuperficiais envolvendo o uso de calcário e gesso, além da aplicação de matéria orgânica e adubação mineral na cultura do milho (Br-201) em condições de campo. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho Amarelo, sob cerrado, textura muito argilosa, situado no município de Itumirim (MG). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados arranjado em sub-subparcelas, sendo esterco de curral (Adubação Orgânica) correspondente a 16,0 ton/ha, o tratamento na parcela, combinações de calagem e gessagem, equivalentes a 2,0 e 2,2 ton/ha respectivamente, os tratamentos na sub-parcela, e, adubação mineral (300 kg de 04-30-10/ha mais 25 kg de sulfato de zinco/ha no plantio mais 91 kg de uréia/ha) na sub-subparcela, totalizando 16 tratamentos com 3 repetições.

Aos 47 dias após a incorporação dos insumos, amostrou-se o solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm, nas quais avaliou-se a movimentação de íons no perfil do solo em função dos tratamentos. Verificou-se que a aplicação de adubo orgânico elevou os teores de K em praticamente todas as camadas. A utilização de gesso e calagem favoreceu o enriquecimento de cálcio e magnésio até a camada de 40 cm de profundidade. Para o potássio, verificou-se que as diferentes combinações de calcário, gesso e matéria orgânica promoveram o seu acréscimo nas camadas de 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade. A calagem associada a gessagem elevou os teores de $S-SO_4^{-2}$ nas camadas de 10-20 e 20-40 cm. O ânion enxofre apresentou-se como o principal par iônico para a movimentação de cátions.

*Orientador: Prof. Fabiano Ribeiro do Vale. Membros da banca: Prof. Dr. Geraldo A. Guedes, Prof. Antonio E. Furtini Neto.

O pH foi diretamente influenciado pelos tratamentos que receberam calagem, sendo que este efeito foi maior até a camada de 60 cm de profundidade.

Para a produção verificou-se um efeito significativo da adição de adubação orgânica, para todas as combinações de tratamentos na sub parcela(C0G0, C1G0, C0G1 e C1G1). A adição de matéria orgânica proporcionou aumentos de 74,05% na produção do milho, enquanto que a adição de adubação mineral proporcionou um aumento de somente 22,64% na produtividade da cultura.

A utilização de adubação orgânica(esterco de curral) apresenta-se bastante promissora para o cultivo do milho, por proporcionar boas produtividades, além do esterco de curral ser facilmente obtido nas propriedades rurais.

SUMMARY

MOBILITY OF NUTRIENTS IN THE SOIL AND YIELD OF CORN IN FUNCTION OF LIMING, GYPSUM APPLICATION AND MINERAL AND ORGANIC FERTILIZATION.

This work aimed to evaluate, on a medium term, different strategies of Ca enrichment of subsurface layers involving use of calcarium and gypsum, in addition of the organic matter and mineral fertilization application in corn culture(BR-201) under field conditions. The experiment was installed on a yellow-red latosol, under "cerrado" clayey texture, situated in the city of Itumirim(MG). The experimental design was the one of randomized split-plot blocks, being corral manure(organic fertilization=OF), corresponding to 16.0ton/ha, the treatment in the plot, the combinations of the liming and gypsum equalling 2.0 and 2.2 ton/ha respectively, the treatments in the split-plot and mineral fertilization(300 kg of 04-30-10/ha plus 25kg of zinc sulphate/ha in planting plus 91kg of urea/ha) in the split-plot, amounting to 16 treatments with three replications.

At 47 days, after incorporation of the inputs, the soil was collected at the depths of 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80, in which the movement of ions in the profile in function of the treatments was evaluated. It was found that the application of organic fertilizer increased the content of K in practically all the layers. The utilization of gypsum and liming enhanced the enrichment of calcium and magnesium as far as the layers of 40cm in depth. For potassium, it was verified that the different combinations of limestone, gypsum and matter organic enhanced their increase in the layers of 10-20m 20-40 e 40-60 cm in depth. The liming plus gypsum raised the contents of S-SO₄²⁻ in layers of 10-20 and 20-40 cm. The anion sulphur proved to be as the principal pair ionic for the movimentation of cations.

pH was directly influenced by the treatments which were given liming, being that this effect was biggest as far as the layer of 60 cm in depth.

For yield, a significant effect of adding organic fertilization was found, for every treatment combinations in the subplot(C0G0, C1G0, C0G1 e C1G1). The adding of organic matter provided increases of 74.05% in the corn yield, as the addition of mineral fertilization provided an increase of only 22.64% in the yield of corn.

The use of organic fertilization(corral manure) proves to be quite promising to corn crop, for affording good yields, in addition corral manure to be easily obtained on farms.

For production, a significant effect of adding organic matter for all the combinations of treatments in the split-plot(C0G0, C1G0, C0G1 and C1G1). The addition of organic matter provided increases of 74.05% relative to its absence, on the other hand, addition of mineral fertilization yielded an increase of only 22.64%. The absence of answers for application of limestone and/or gypsum can be associated to the optimum rainfall distribution which occurred during the development and yield of the crop. The correlations between nutrients and production factors were highly significant for potassium.

The use of organic fertilization(corral manure) proves to be greatly promising, for providing good yields and being of easy obtainment for farmers.

1. INTRODUÇÃO

O milho é tido como a terceira cultura de maior interesse mundial, devido principalmente a sua diversificada utilização. Sua produtividade média nacional é considerada muito baixa, atingindo cerca de 1879 kg/ha em 1990 (Almeida, 1993), devido ao baixo uso de tecnologia, a pobreza em nutrientes e as formas inadequadas de manejo da fertilidade dos solos utilizados para o cultivo desta espécie no Brasil.

A produtividade das culturas está diretamente ligada a interação entre os fatores ambientais e o potencial genético da espécie. Deste modo, fatores ambientais como estresse hídrico, ocasionado por períodos de estiagem, poderiam reduzir a produtividade de culturas com alto potencial genético, como é o caso do milho. As regiões Norte e Nordeste por exemplo, são responsáveis por 30% da área plantada com milho no Brasil e sua produção mal alcança 10% do total produzido, em função do uso de baixa tecnologia e adversidades climáticas nestas regiões (Pinazza, 1993).

Na região dos cerrados, a predominância de solos ácidos, com elevada saturação de alumínio trocável e a pobreza em cálcio e magnésio, é quase absoluta. É sabido que as raízes das plantas cultivadas apresentam um crescimento anormal nestas condições. Merece destaque especial, o cálcio, pela função que desempenha no crescimento radicular, através do seu efeito na divisão e alongação celular.

Através da prática adequada da calagem, pode-se corrigir a acidez superficial do solo, fornecer cálcio e magnésio as plantas e reduzir a toxidez de alumínio. Entretanto, em muitos casos, a correção da subsuperfície do solo também se faz necessária, pois na maioria das vezes, o subsolo permanece ácido, limitando o desenvolvimento radicular e conseqüentemente reduzindo a absorção de água e de nutrientes em profundidade.

A correção da acidez subsuperficial, pode ser efetuada através da aplicação de calcário em altas dosagens, porém, a percolação do calcário pelo perfil do solo é lenta, podendo inclusive provocar desequilíbrio entre os nutrientes nas camadas superficiais do solo. Outro

aspecto a ser considerado é o de que a incorporação de calcário a profundidades maiores que 30 centímetros, geralmente necessita de equipamento adequado, além do requerimento de energia ser elevado (Vitti e Malavolta, 1985).

A correção da toxidez de alumínio e o fornecimento de cálcio no subsolo tem sido conseguidos com a utilização do gesso agrícola. As informações a respeito das doses de gesso a serem recomendadas para os diferentes solos existentes no Brasil, ainda são escassas, principalmente quando se consideram diferentes causas de acidez nas camadas subsuperficiais. Para a tomada de decisão na utilização da dose do gesso, deve-se considerar as características do solo e também da planta, não devendo se ignorar os problemas de lixiviação de bases além de possíveis desequilíbrios nutricionais (Quaggio et al., 1993).

A aplicação de resíduos orgânicos além de melhorar algumas características físicas e biológicas do solo, pode promover um enriquecimento de macro e micronutrientes para as culturas, o que juntamente com a correção da acidez do solo através da calagem, promove a elevação do pH, e favorece a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Este efeito é importante na atividade microbiana do solo, responsável pela decomposição de resíduos orgânicos e pela mineralização da matéria orgânica, proporcionando a liberação de nutrientes, como o nitrogênio, que através de processos biológicos pode formar nitrato, podendo combinar com o cálcio e percolar para as camadas subsuperficiais do solo (Malavolta, 1992a).

A utilização de fertilizantes químicos, geralmente bastante concentrados em NPK, é uma das alternativas para o fornecimento de nutrientes para as plantas, necessitando às vezes de uma complementação com fertilização orgânica.

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar diferentes estratégias de fertilização envolvendo o uso de calcário, gesso, matéria orgânica e adubação mineral na cultura de milho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Toxidez de alumínio e deficiência de cálcio no desenvolvimento radicular

A maioria dos solos brasileiros e, em particular os solos sob cerrado, caracteriza-se por ter sofrido um acentuado processo de intemperismo e lixiviação de bases (Demattê, 1981).

Na região de cerrados, o problema da acidez não é só superficial, mas ocorre também na subsuperfície (Sousa et al., 1992). Cochrane e Azevedo (1988), analisando solos da região de cerrados na profundidade de 21 a 50 cm, verificaram que 70% da área avaliada apresentava uma saturação de alumínio maior que 10% e que o teor de cálcio era menor que 0,4 meq/100g em 86,3% da área. Portanto, é de se esperar que nesta região ocorram limitações químicas ao desenvolvimento de raízes em profundidade.

A acidez em subsuperfície apresenta problemas que são os baixos teores de cálcio e alta saturação de alumínio nessas camadas, que dificultam ou impedem o desenvolvimento do sistema radicular, tornando a cultura menos resistente à seca e diminuindo a capacidade de aproveitar os nutrientes do solo ou do próprio adubo (Rajj, 1988).

Em solos ácidos, o alumínio pode causar danos ao sistema radicular, resultando em perda de elasticidade e menor volume celular, reduzindo a eficiência das raízes na absorção de água e nutrientes (Malavolta, 1980). Os efeitos do alumínio na cultura do milho foram relatados por Muzilli et al.(1991). Segundo este autor, o sistema radicular mostra-se atrofiado, mal desenvolvido, com raízes secundárias entumecidas; as folhas mais velhas das plantas apresenta coloração arroxeadada, típica de deficiência de fósforo, devido a precipitação deste nutriente com o alumínio nas raízes, impedindo sua translocação para a parte aérea. Miyazawa, Chierice e Pavan(1992), estudando a toxidez de alumínio no sistema radicular do trigo, verificaram que concentrações superiores a 8 μM de Al na solução, causaram inibição total no crescimento das raízes desta cultura.

A dinâmica do alumínio no solo, pode ser grandemente influenciada por radicais orgânicos, que através da complexação podem reduzir a atividade deste elemento na solução do

solo (Vale, Guilherme e Guedes, 1993). Esta amenização dos efeitos do alumínio, pode ser obtida através da sua complexação com ácidos orgânicos naturais, como o citrato (Miyazawa, Chierice e Pavan, 1992).

O cálcio desempenha na planta as seguintes funções: estrutural (formação de pectato de cálcio), formação e funcionamento da membrana celular, ativação de enzimas (amilases e fosfatases), germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico; afeta também a ação da redutase do nitrato (Malavolta, 1980). A deficiência de cálcio pode ser facilmente notada através da interrupção no fornecimento deste nutriente as raízes: o crescimento é imediatamente reduzido e após alguns dias, as extremidades das raízes tornam-se escuras e gradualmente morrem (Mengel e Kirkby, 1987).

A absorção de cálcio pelas raízes do milho ocorre essencialmente na forma de íons Ca^{2+} , sendo que 71% do contato íon-raiz se dá por fluxo de massa (Malavolta, 1980). Geralmente a concentração de cálcio na solução do solo é cerca de 10 vezes maior que a concentração de potássio. No entanto, a taxa de absorção de cálcio é usualmente menor que a de potássio. Este pequeno potencial de absorção de cálcio, ocorre porque o cálcio pode ser absorvido unicamente pelas extremidades de raízes jovens, nas quais as paredes celulares da endoderme não são ainda suberizadas (Clarkson e Sanderson, 1978 citados por Mengel e Kirkby, 1987).

Ritchey, Silva e Sousa(1983), estudando o desenvolvimento radicular do milho em solo de cerrado, verificou que teores de Ca em torno de 10 ppm são suficientes para o máximo crescimento radicular em subsuperfície. Vasconcelos et al. (1990 a, b), não obtiveram respostas a adição de cálcio ao solo sob a forma de gesso, possivelmente devido a alta saturação de cálcio (em relação a CTC efetiva), que variou de 76% e 52%, e saturação de alumínio (em relação à CTC efetiva) entre 10% e 37%, para as profundidades de 20-40 cm e 40 a 60 cm, respectivamente.

Ritchey, Silva e Sousa(1983), consideram que os valores críticos de Ca trocável em camadas do subsolo para a cultura do trigo, então abaixo da faixa de 0,02 a 0,05 meq/100cc de solo (4 a 10 ppm), o que pode causar severas restrições ao crescimento de raízes.

O crescimento inadequado de raízes de plantas em solos ácidos deficientes em cálcio e alumínio, pode ser normalizado por adição de 0,10 a 0,15 meq de Ca/100g de solo através de sais de cálcio, tais como: cloretos, fosfatos ou carbonatos conforme mostrado por Ritchey, Silva e Sousa(1982).

Moraes (1991), estudando o movimento de nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro, após a aplicação de calagem, adubação de manutenção e a prática de adubação verde, encontrou que nesse tipo de solo a lixiviação dos nutrientes foi muito intensa e que sua reposição é muito lenta. De acordo com este autor, com a calagem, devido ao aumento das cargas negativas do solo, a sorção dos cátions na superfície das argilas diminui a quantidade dos nutrientes catiônicos em solução e em consequência, a lixiviação. Em relação ao NO_3^- , Cl^- e SO_4^{2-} , os resultados indicaram que o aumento das cargas negativas promovido pela calagem incrementou as perdas destes ânions por lixiviação, destacando-se o nitrato, que apresentou elevada mobilidade no solo, participando como íon acompanhante dos cátions presentes. A percolação do nitrato no solo pode trazer alguns efeitos positivos, como o enriquecimento do subsolo com cátions como o magnésio e principalmente o cálcio, sendo este último, um nutriente de fundamental importância para o desenvolvimento radicular das culturas (Ritchey, Silva e Sousa, 1983; Cantarella, 1993).

A lixiviação de cálcio e/ou potássio, será tanto maior quanto maior for a presença de ânions na solução. A seqüência decrescente de energia de adsorção, seria: $\text{H}_2\text{PO}_4 > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^- \cong \text{Cl}^-$, (Vale, Guilherme e Guedes, 1993).

2.2. Mobilidade de nutrientes e correção da acidez subsuperficial

O calcário aplicado, geralmente não atinge as camadas mais profundas do perfil, exigindo doses mais altas (Morelli, Igue e Puentes, 1971), ou mesmo a aplicação de calcários com PRNT mais elevados (Malavolta e Kijemann, 1985), para correção um pouco mais profunda do solo.

Com a correção da camada superficial, Cantarella (1993) afirma que com o tempo, as bases adicionadas pelo calcário vão sendo deslocadas para a subsuperfície, facilitando a penetração das raízes, o que em alguns casos pode ajudar a alterar a reação do solo em horizontes subsuperficiais.

Quaggio et al. (1985a, 1993), demonstraram que em culturas de soja e milho, doses superiores àquelas necessárias a correção da camada arável, proporcionaram correção de camadas do subsolo, enquanto Morelli et al. (1971) citados por Silva (1990), observaram uma movimentação de cálcio até a profundidade de 40 cm, somente quatro anos após a aplicação de

altas doses de calcário. Em trabalho realizado por Souza e Ritchey (1986), utilizando altas doses de calcário num Latossolo Vermelho Escuro argiloso, obteve-se uma acentuada elevação do pH somente na camada de 0-50 cm, 8 anos após a aplicação do corretivo, enquanto que nas camadas superiores a 50 cm o efeito da calagem foi desprezível.

O método de determinação da quantidade de calcário pode influenciar a eficiência deste corretivo na correção de camadas subsuperficiais. Lopes(1983), atribui vantagem ao método SMP para pH 6,0 sobre o método do alumínio trocável, no favorecimento da lixiviação de cálcio e magnésio quando da aplicação de calcário dolomítico, devido a maior dose recomendada pelo método SMP. Porém a utilização de doses mais elevadas de calcário visando sua ação em profundidade (Sousa et al., 1989), pode ocasionar o desbalanço nutricional, principalmente em relação aos micronutrientes, podendo afetar as propriedades físico-químicas dos solos, entre elas a dispersão da argila (Jucksch, 1987).

A incorporação de corretivos à maior profundidade também poderia auxiliar na produtividade das culturas. Gonzales-Erico et al. (1979), utilizando calcário incorporado a profundidade de 0-30 cm, em um Latossolo Roxo sob cerrado, observaram uma resposta mais acentuada do milho a calagem, quando comparada com a incorporação a profundidade de 0-15 cm, além de melhores respostas serem obtidas com o aumento da dose de calcário de 4,0 para 8,0 toneladas/ha. Este efeito foi atribuído a neutralização do alumínio em profundidade, permitindo maior aprofundamento e eficiência do sistema radicular do milho na absorção de água. Vitti(1990) também verificou aumentos na produção de milho com a incorporação de calcários na camada de 0 a 30 cm em relação a incorporação na camada de 0 a 15 cm. Porém, a incorporação de corretivos a grandes profundidades é inviável, tanto agrônômica como economicamente, devido ao alto custo operacional e a quase inexistência de equipamentos apropriados para a aplicação(Vitti e Malavolta, 1985).

O efeito limitante das camadas subsuperficiais de solos ácidos pode ser amenizado não somente pelo suprimento de cálcio, mas também pela redução da toxidez do alumínio (Silva, 1990). A utilização do gesso, aplicado superficialmente, com a finalidade de promover a melhoria do ambiente radicular de subsolos ácidos, é uma técnica bastante promissora em vários países do mundo (Raij, 1988, Sumner, 1993).

Tem-se atribuído à formação do complexo $AlSO_4^+$ uma grande importância em atenuar os efeitos do alumínio sobre as plantas, quando da aplicação do gesso agrícola (Pavan e

Volkweiss, 1986). Porém, embora a formação de $AlSO_4^+$ contribua em parte para reduzir a atividade de alumínio, o complexo formado é de baixa estabilidade e se desfaz por diluição da solução, deixando o Al^{3+} livre novamente para ser absorvido pelas raízes (Raij, 1988).

Carvalho et al.(1986), estudando a resposta do milho a aplicação de gesso e déficit hídrico em solo de cerrado, demonstraram que a aplicação de gesso retardou a senescência de folhas, aumentando a produção de grãos. Quando as plantas estavam submetidas a déficit hídrico, o gesso amenizou a falta d'água, embora não tenha sido equivalente aos tratamentos sem déficit hídrico.

Além de melhorar as condições do solo em subsuperfície, o gesso é também fonte de enxofre (Vitti, Malavolta e Ferreira, 1988). O gesso na cultura do milho ocasionou um aumento de até 68% na produtividade desta cultura (Sousa e Ritchey, 1986), pelo efeito no fornecimento do enxofre.

A lixiviação do cálcio, está diretamente relacionada com o volume de água percolada, da concentração deste nutriente na solução do solo, da CTC do solo, do tipo de ânions presentes na solução e da concentração de CO_2 no solo (Vale, Guilherme e Guedes, 1993). Braga (1991, 1995), estudando o efeito da aplicação do gesso em eucalipto sob diferentes níveis de irrigação, notou que a aplicação de 17,4 mm de água/dia, promoveu as maiores concentrações de cálcio em profundidade.

O sulfato atua no movimento de íons do solo devido às reações de associações com metais, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+} formando complexos solúveis com menores valências. Porém se por um lado a formação de complexos solúveis com o sulfato facilita a lixiviação do cálcio e outros cátions, por outro lado a adsorção de sulfato aos óxidos e argilas retarda esta lixiviação pois em seu movimento, os cátions têm que ser acompanhados por ânions, tanto na forma de complexos, como de íons livres (Pavan e Volkweiss, 1986). Como os ânions Cl^- e NO_3^- praticamente não são adsorvidos aos colóides do solo, a aplicação de cloreto de cálcio e nitrato de cálcio no solo proporciona lixiviação mais rápida de cálcio do que a aplicação de gesso(Ritchey et al. 1980).

Alguns efeitos negativos são atribuídos ao gesso, destacando-se entre eles a lixiviação de bases(Malavolta 1992b; Quaggio, Dechen e Raij, 1982). A utilização da calagem associada ao gesso tem sido sugerida para minimizar estes problemas, pois deste modo se estará

elevando os teores de cálcio e magnésio, contribuindo para menores perdas de potássio por lixiviação com o íon SO_4^{-2} (Raij 1992; Pavan, Bingham e Pratt, 1984).

O aparecimento ou agravamento da toxidez de manganês tem sido também relatado após a aplicação de gesso no solo (Pavan e Volkweiss, 1986).

2.3. Efeito da adubação orgânica e calagem na disponibilidade e mobilidade de nutrientes

O aumento na disponibilidade de nutrientes através da mineralização da matéria orgânica, em muitas circunstâncias pode fazer com que os esterços substituam completamente o adubo mineral e, em outros casos, a combinação de ambos pode ser uma boa alternativa para se obter altos rendimentos das culturas (Holanda, 1981; Ernani, 1981, citados por Nuernberg e Stammel, 1989). Porém, Malavolta (1992a) menciona que no fornecimento de nutrientes, os adubos orgânicos podem ser substituídos pelos minerais, geralmente com vantagem prática e econômica.

Quantidades adequadas de esterco de boa qualidade podem suprir as necessidades das plantas em macronutrientes, sendo o potássio o elemento cujo teor atinge valores mais elevados no solo pelo uso contínuo desta fonte orgânica. O teor desses elementos vai depender da quantidade e da qualidade de esterco, bem como do tipo de solo (Nuernberg e Stammel, 1989).

A disponibilidade do nitrogênio no solo está ligada quase que inteiramente às formas orgânicas (Bremner, 1965). Estudando a dinâmica do nitrogênio após a calagem e adubação nitrogenada em diferentes sistemas de manejo do solo, Cassol, Pavinato e Salet (1993), observaram que os teores de N-mineral na solução do solo foram superiores no plantio direto antes de adubação nitrogenada em cobertura. Após esta adubação, os teores de N-mineral foram significativamente superiores no solo submetido ao sistema convencional, indicando que no plantio direto ocorreu imobilização do N-mineral do fertilizante pelos microrganismos do solo. A calagem, por sua vez, levou a aumentos na mineralização do N, quando aplicada superficialmente ou incorporada. Neste experimento quando se avaliou a cultura do milho nesses tratamentos, verificou-se que a aplicação superficial de calagem no sistema de plantio direto, proporcionou os

melhores resultados de massa seca e absorção de N. Tais resultados mostraram, o efeito da calagem na dinâmica de N no solo.

A associação da calagem e da matéria-orgânica tem sido relatada (Malavolta, 1992a). Este autor apresenta resultados de utilização de calagem em solos do Rio Grande do Sul, nos quais a elevação do pH para valores próximos a 7,0 criou condições favoráveis para as bactérias, aumentando sua população e atividade, o que favoreceu a disponibilidade de elementos como o N, P, S e B.

A aplicação de resíduos orgânicos combinado com a adição de calcário ao solo pode ser importante para aumentar a lixiviação de cálcio na forma de nitrato de cálcio, devido a aceleração da nitrificação pelo aumento do pH. Em termos quantitativos, o NO_3^- desempenha um papel muito mais importante que HCO_3^- na lixiviação de cálcio (Vale, Guilherme e Guedes, 1993).

2.4. Resposta do milho a aplicação de calcário, gesso, adubação orgânica e mineral

A cultura do milho é altamente responsiva à calagem. Raj et al.(1983) e Quaggio et al.(1985b, 1990), verificaram que o milho responde a doses de calcário superiores aquela necessária para neutralizar o alumínio trocável. As respostas a calagem também são verificadas em cultivares e híbridos de milho tolerantes a alumínio, que conseguem aprofundar o sistema radicular em solos ácidos. A cultivar de milho HS-1227, produziu 1.800 kg de grãos /ha em um solo com V=4%, porém alcançou 5.500 kg de grãos/ha quando esse solo foi corrigido para V=63%. Nessas mesmas condições, o híbrido sensível a alumínio HS-7777 produziu 900 e 6.500 kg de grãos/ha, respectivamente (Furlani, 1990, citado por Cantarella, 1993).

Os resultados obtidos por Carvalho et al.(1986), demonstram efeitos positivos da aplicação de gesso sobre parâmetros fisiológicos do milho. A adição deste insumo favoreceu um maior crescimento e distribuição de raízes de milho no perfil do solo. Além disto, estes autores verificaram que sob condições de estresse hídrico, a absorção de nutrientes como P, Ca, Mg e de água foram menos prejudicados nos tratamentos que receberam gesso em relação a sua ausência, justificando os aumentos de produção de grãos mais acentuados nos tratamentos em que esta prática foi utilizada.

Nuernberg e Stammel(1989), estudando a resposta do milho a adubação mineral, orgânica(esterco de galinha) e mineral+orgânica, verificaram que as produções alcançadas sem adubação foram muito baixas, diferindo significativamente da produção obtida com adição de adubo mineral ou orgânico e calagem.

Estas considerações atestam a importância da associação de práticas culturais a fim de que se possam obter elevadas produtividades na cultura do milho.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Solo

O presente estudo foi realizado em condições de campo, no ano agrícola 93/94, utilizando-se um solo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo de textura muito argilosa, fase cerrado, na fazenda Bela Vista, município de Itumirim-MG, que vem sendo utilizado de maneira intensiva na produção de milho para silagem em 7 anos consecutivos.

O preparo do solo constituiu de aração e gradagem convencionais, após o que se efetuou a coleta de amostras de solo em quatro profundidades, para caracterização química e física (Quadro 1).

QUADRO 1. Algumas características químicas e físicas do solo utilizado no experimento¹.

PROFUNDIDADE (cm)		0-20	20-40	40-60	60-80
pH (Água 1:2,5)		5,1	4,7	4,4	4,7
P (mg.dm ⁻³) Mehlich I		1	1	1	1
K	"	31	25	22	19
Ca (cmol.dm ⁻³)	"	1,5	1,0	0,5	0,5
Mg	"	0,5	0,3	0,2	0,2
Al	"	0,1	0,2	0,1	0,1
H + Al	"	2,9	3,2	2,3	1,9
SB	"	2,1	1,4	0,8	0,7
t	"	2,2	1,6	0,9	0,8
T	"	5,0	4,6	3,1	2,6
m	%	5,0	13,0	11,0	13,0
V	%	42	30	26	27
M.O.	g/kg	34	31	26	19
Areia	"	230	230	220	210
Silte	"	200	120	180	170
Argila	"	570	650	600	620

¹ Análises efetuadas no Departamento de Ciência do Solo da UFPA.

3.2. Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de parcelas sub-subdivididas, em blocos ao acaso, sendo presença e ausência de esterco de curral na parcela, as combinações de calagem e gessagem na sub-parcela e presença ou ausência de adubação mineral na sub-subparcela, em 3 repetições.

As parcelas foram constituídas de 320 m²(20x16m), sendo divididas em 2 partes iguais, para formar as sub-parcela (10x16m). A área da subparcela foi dividida ao meio para formar a sub-subparcela.

A dose do adubo orgânico(esterco de curral curtido e seco), foi de 16 t.ha⁻¹, com base em matéria seca, cuja composição média era de 3,1% de N, 1,8% de P₂O₅ e 2,1% de K₂O.

A aplicação de calcário, seguiu a recomendação do método de saturação de bases para a elevação do V a 80%, o que correspondeu a 2.000 Kg de calcário dolomítico por ha. A análise do corretivo indicou a seguinte composição: 37% de CaO, 17% de MgO e um PRNT de 100%.

A quantidade de gesso aplicada, foi o equivalente ao teor de CaO fornecido pelo calcário, ou seja 2.200 kg de gesso por ha. O gesso utilizado possuía 32% de CaO.

A aplicação de adubo orgânico, calcário e gesso foi feita a lanço e o material incorporado com uma gradagem a aproximadamente 10 cm de profundidade, após o terreno ter sido arado.

A adubação mineral foi de 300 kg/ha de 04-30-10 juntamente com 5 kg de zinco aplicado na forma de sulfato de zinco (25 Kg/ha) no sulco de plantio.

A adubação de cobertura para os tratamentos com adubação mineral equivaleu a 40 kg N por hectare, aplicada de uma única vez na forma de uréia, em filete contínuo, próximo as plantas, 40 dias após a emergência da cultura.

A cultivar de milho utilizada foi o Híbrido EMBRAPA-CNPMS BR-201. Foram semeadas 12 sementes por metro linear, para posterior desbaste, deixando-se 6 plantas por metro, espaçadas 0,9 m entre linhas de plantio. As parcelas foram compostas por 4 linhas com 5 metros de comprimento, nas quais foram selecionadas as linhas centrais descontando-se 0,5 metros de cada extremidade para formar a área útil (7,2 m²).

3.3. Características avaliadas

Na área útil do experimento foram efetuadas as seguintes avaliações:

Análise de nutrientes antes da adubação em cobertura, o que ocorreu 47 dias após a incorporação dos insumos, analisando-se as amostras coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20 - 40, 40 - 60, 60 - 80 cm em todas as sub-subparcelas;

Parâmetros fenológicos nas plantas: número de espigas por planta;

Ao final do período experimental (128 dias) as plantas de milho foram colhidas para avaliação da produtividade. Na avaliação dos resultados, a produtividade foi devidamente corrigida para uma umidade de 12%(Garcia, 1990).

3.4. Análise estatística

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância, teste de média (Tukey) e correlações lineares de acordo com o delineamento experimental proposto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teores de nutrientes no perfil do solo

De modo geral, não houve efeito da aplicação do esterco de curral nos teores de nutrientes no perfil do solo, exceção feita ao potássio (Quadro 2).

O efeito da adubação orgânica no aumento dos teores de potássio em todas as camadas do perfil, pode estar relacionado com a imediata liberação deste nutriente pelo esterco de curral. Oliveira, Rodrigues Filho e Vieira (1995), avaliando a mineralização da matéria orgânica em um Podzólico eutrófico do Rio Grande do Norte, verificou que a adição de esterco de bovinos associado à fertilização com N e P, favoreceu a elevação no pH e acréscimos nos teores de potássio no solo e na sua disponibilidade para a cultura do melão, trinta dias após a sua aplicação. Esta rápida liberação de K do esterco de curral, também é relatada por Nuernberg e Stammel (1989). No presente estudo, a composição do esterco de curral utilizado (2,1% de K_2O), permitiu uma aplicação de 336 kg de K_2O/ha , o que justifica o acréscimo nos teores de potássio. A falta de resposta no aumento dos outros nutrientes em função da aplicação da adubação orgânica, pode estar relacionada ao tempo de avaliação do experimento, em relação ao tempo necessário à mineralização do esterco de curral, uma vez que conforme citado por Alexander(1977), a liberação de N e P depende desta mineralização.

Verificou-se uma redução nos teores dos nutrientes com o aprofundamento no perfil do solo, atingindo os menores teores na camada de 60-80 cm, exceção feita para o nitrato, que apresentou teores crescentes com o aumento da profundidade(Quadro 2). Este fato pode ser explicado pela maior permeabilidade do solo em estudo, favorecendo a movimentação de água e íons na solução do solo, tornando-os passíveis de lixiviação para camadas mais profundas. A redução dos teores dos nutrientes catiônicos com o aumento da profundidade pode também estar ligada à redução da CTC nestas condições (Quadro 1).

QUADRO 2. Teores de nutrientes no perfil do solo, em função da aplicação de adubação orgânica.

Nutriente		Profundidade (cm)				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
		<i>cmol. dm⁻³</i>				
Ca	A.O. ²	2,65 a ¹	2,22 a	1,43 a	0,73 a	0,59 a
	P.O.	2,40 a	2,21 a	1,40 a	0,76 a	0,54 a
Mg	A.O.	0,95 a	0,87 a	0,65 a	0,30 a	0,25 a
	P.O.	1,28 a	1,03 a	0,76 a	0,35 a	0,21 a
		<i>mg. dm⁻³</i>				
K	A.O.	25,04 b	25,46 b	22,58 b	18,87 b	15,50 b
	P.O.	142,67 a	104,17 a	54,50 a	34,04 a	21,29 a
S	A.O.	62,65 a	53,63 a	32,61 a	9,69 a	6,01 a
	P.O.	61,89 a	53,35 a	29,07 a	11,48 a	6,18 a
NO ₃ ²⁻	A.O.	15,26 b	16,92 a	20,53 a	24,42 a	31,64 a
	P.O.	17,20 a	16,09 a	19,98 a	25,53 a	31,77 a

¹ Médias seguidas pela mesma letra no sentido das colunas dentro de cada profundidade, em cada nutriente não diferem entre si (Tukey 5%).

² A.O. e P.O. = Ausência e presença de adubação orgânica, respectivamente.

A aplicação de calcário e gesso apresentou efeito na mobilidade de todos os nutrientes através do perfil do solo em praticamente todas as camadas avaliadas (Figuras 1 a 6), exceção feita para o NO₃⁻, onde este efeito foi observado somente na camada de 0-10 cm.

Na Figura 1 observa-se aumento nos teores de cálcio com os tratamentos, principalmente até a camada de 40-60cm.

Os maiores teores de cálcio trocável nas camadas de 10-20 cm e 20-40cm evidencia a lixiviação deste elemento no perfil do solo em função da aplicação de calcário e gesso. Tal aumento apresentou-se diferente de acordo com os tratamentos aplicados. Na camada de 0-60cm a associação de calagem e gessagem foi mais efetiva que a calagem e gessagem isoladas no fornecimento de cálcio, enquanto que a partir daí os teores de cálcio foram praticamente semelhantes em função dos tratamentos. Este fato pode estar relacionado a uma maior adsorção do cálcio promovido pelo aumento do pH nestas camadas em relação aos tratamentos, ou ainda pela maior quantidade de CaO adicionada no tratamento que recebeu calcário mais gessagem. A superioridade do tratamento que utilizou calagem e gessagem, demonstra que apesar da quantidade de calcário ser a mesma, a adição complementar de gesso, baseado em 100% de CaO do calcário, favoreceu a movimentação do nutriente no perfil. O enriquecimento de subsolos com o cálcio, tem sido também verificado quando as doses de calcário são superiores as recomendadas para a correção da camada arável (Quaggio, 1991).

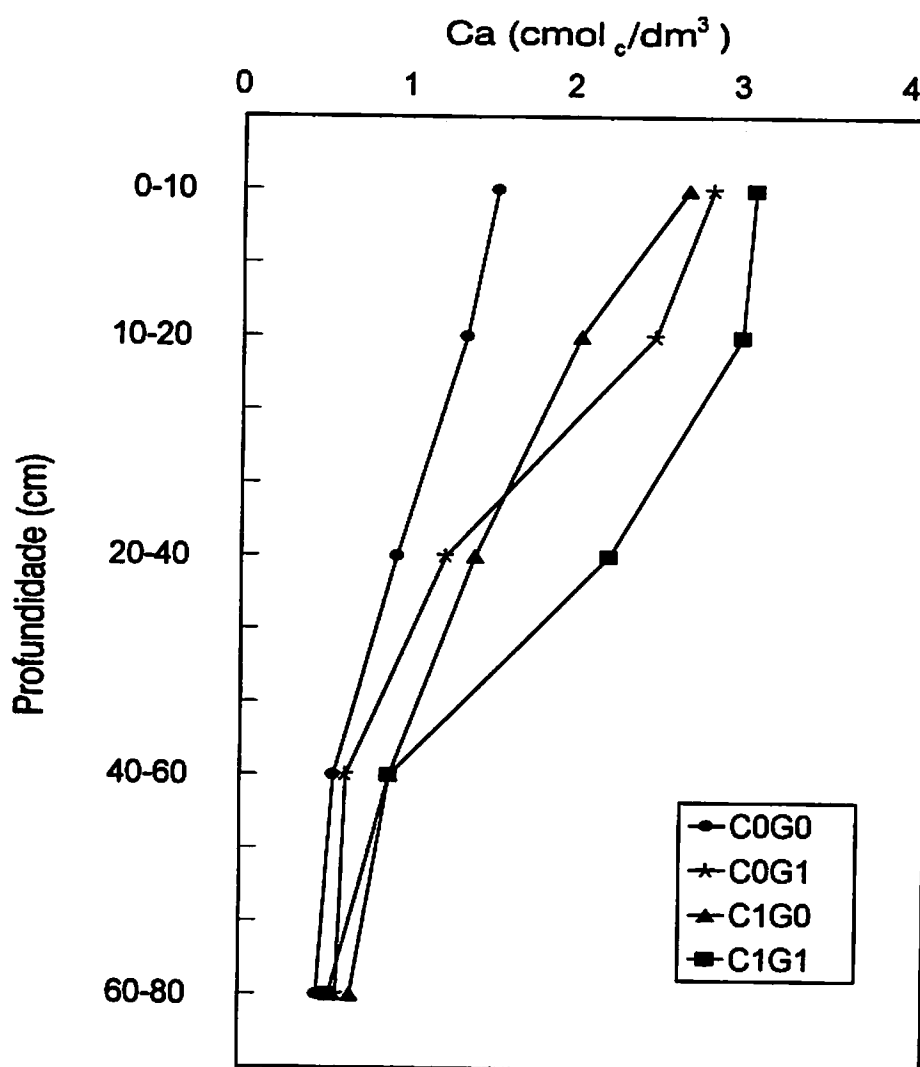


FIGURA 1. Distribuição de cálcio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados (C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

Na camada de 20-40 cm, o tratamento calagem mais gessagem favoreceu o acréscimo de aproximadamente 0,81 cmol_c/dm³ de cálcio em relação ao tratamento que recebeu somente calagem e 0,98 cmol_c/dm³ de cálcio em relação ao tratamento que recebeu gesso (Figura 1). Mazza et al.(1995), em estudo com calcário e gesso em cana-de-açúcar, verificaram acréscimos significativos nos valores de cálcio nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, 6 meses após a

aplicação destes insumos, tanto pela influência isolada do gesso, como do calcário, cabendo à associação de ambos, as maiores alterações.

É importante ressaltar que com apenas 47 dias após a incorporação dos insumos os teores de cálcio já apresentavam diferenças significativas nas camadas estudadas. No entanto, a lixiviação do cálcio além de estar diretamente relacionada com o volume de água percolada, pode também estar ligada a concentração deste nutriente na solução do solo, da CTC do solo, do tipo de ânions presentes na solução e da concentração de CO_2 no solo (Vale, Guilherme e Guedes, 1993).

Os teores de magnésio trocável no solo são diferentes daqueles encontrados para o cálcio, entretanto, caracterizam-se por apresentar uma mobilidade semelhante no perfil do solo (Figura 2). Pode-se observar que a aplicação de calcário elevou os teores de magnésio em praticamente todas as camadas avaliadas. A aplicação de calcário (dolomítico) nos tratamentos correspondentes, por si, seria responsável pela adição de aproximadamente $0,85 \text{ cmol}_c \text{ de Mg/dm}^3$, o que justifica o incremento nos teores do nutriente.

Verifica-se que quando se aplicou somente gesso, houve uma redução nos teores de Mg trocável na camada de 0-10 cm (Figura 2), com uma redução média de $0,45 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ em relação a média do solo que não recebeu gessagem e/ou calagem (C0G0). Morelli et al. (1992), Reeve & Summer (1972), citados por Raij (1988); Ritchey et al. (1980) e Quaggio et al. (1993) também verificaram efeito da adição isolada de gesso em promover um empobrecimento em magnésio de camadas superficiais do solo. Quaggio, Dechen e Raij (1982) e Nogueira e Mozeto (1990), mencionam que as perdas de Mg são inversamente proporcionais às doses de calcário, aplicadas juntamente com o gesso.

Os tratamentos que receberam calagem (C1G0 e C1G1), apresentaram teores de Mg significativamente superiores (Figura 2) nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade em relação aos tratamentos que não receberam calagem (C0G0 e C0G1). Verifica-se que o enriquecimento deste nutriente até a camada de 20-40 cm de profundidade ocorreu sem a utilização associada de calcário e gesso, chegando até mesmo o tratamento C1G0 a apresentar valores ligeiramente superiores ao tratamento que associou os dois corretivos (C1G1). Era de se esperar uma maior movimentação do Mg no tratamento que recebeu calagem mais gesso, porém tal fato não foi verificado. Uma possível justificativa para tal situação seria o curto espaço de tempo do estudo, que foi de 47 dias, e que não foi suficiente para que ocorresse a movimentação

deste elemento no perfil do solo. Também a maior quantidade de cálcio adicionada pelo tratamento que recebeu calagem mais gessagem, com uma adição de aproximadamente $2,57 \text{ cmol}_c$ de Ca/dm^3 pode ter contribuído para este fato. Esta quantidade de cálcio promoveria sua rápida associação com o íon acompanhante, no caso o sulfato, tornando-o passível de lixiviação em

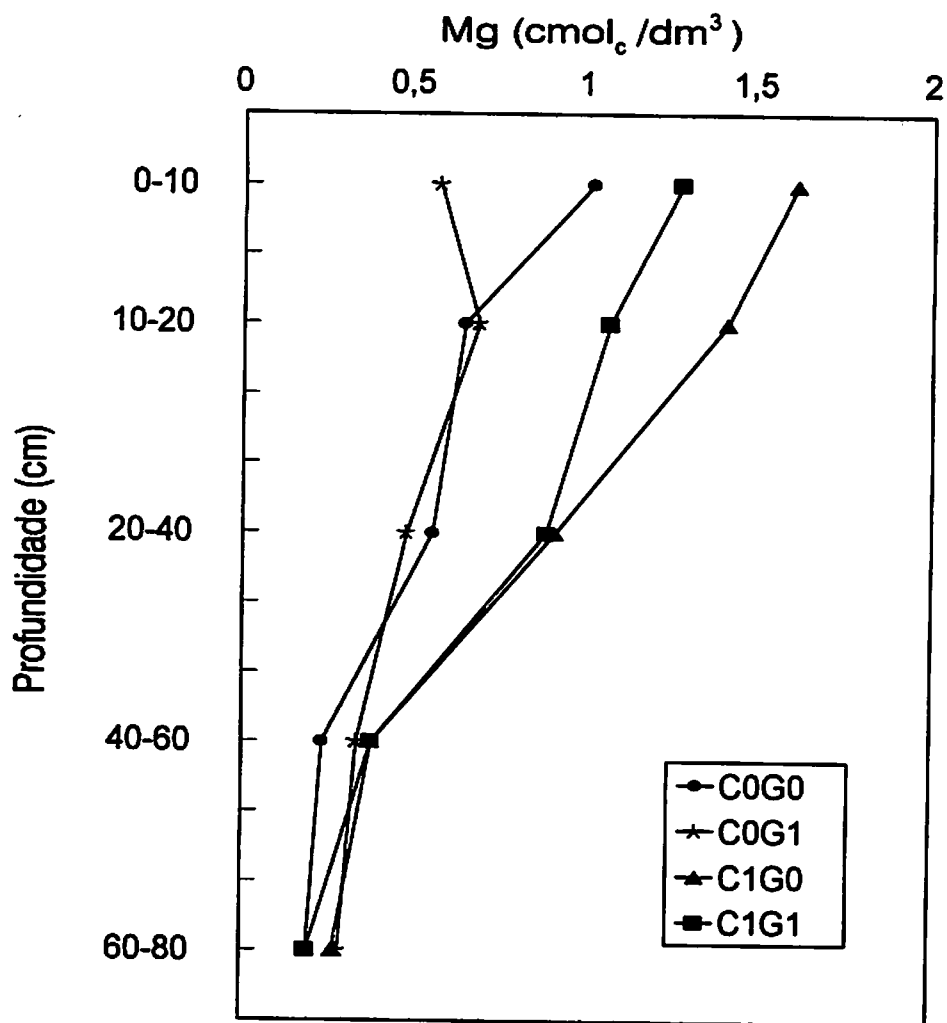


FIGURA 2. Distribuição de magnésio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados (C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

detrimento da movimentação do magnésio. A movimentação do cálcio é bem ilustrada na Figura 1, principalmente no tratamento C1G1.

No caso específico do potássio, observou-se efeito da associação entre adubação orgânica e calagem ou gessagem, principalmente nas camadas mais superficiais do solo (0-10, 10-20 e 20-40cm). A movimentação do potássio no perfil do solo foi mais acentuada na presença do esterco de curral (Figuras 3 e 4).

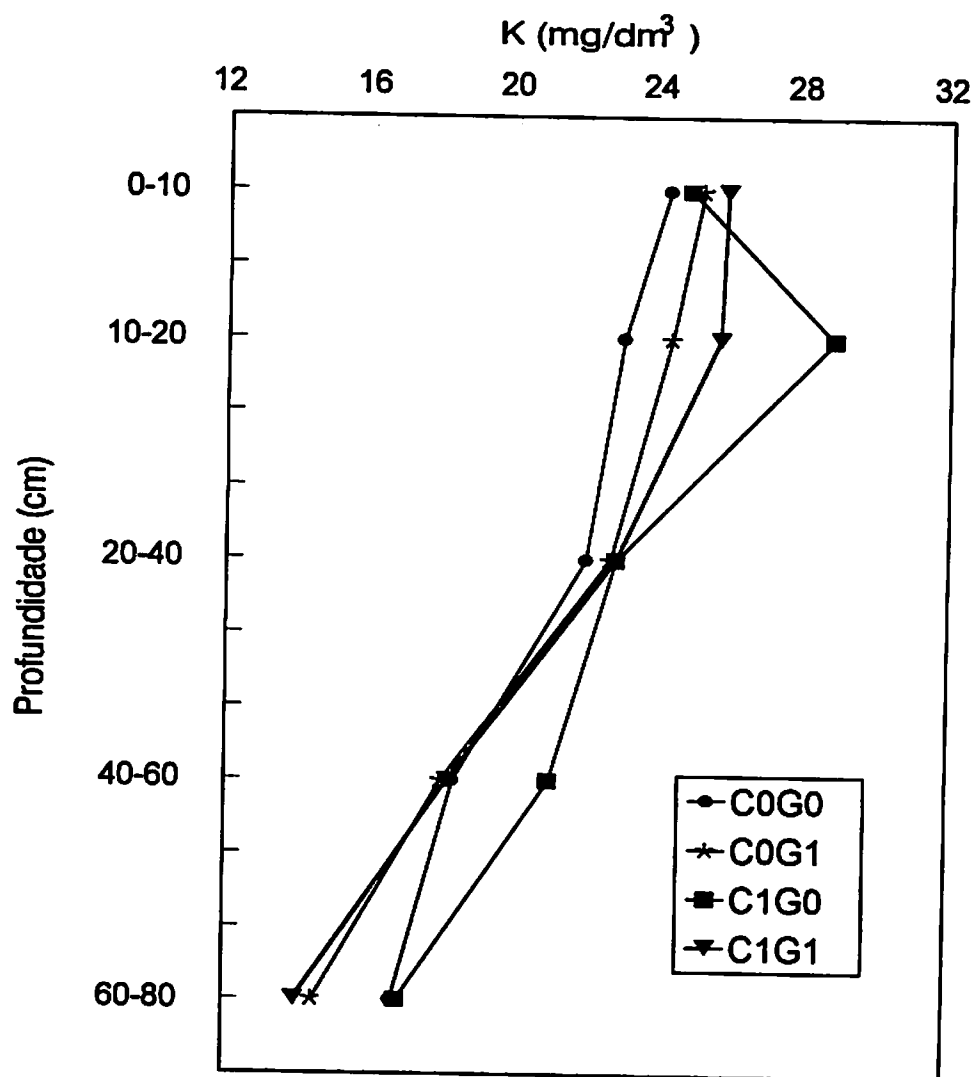


FIGURA 3. Distribuição de potássio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos e na ausência de adubação orgânica (C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

A presença de adubação orgânica contribuiu significativamente para o aumento nos teores de potássio em todos os tratamentos que envolviam calagem e gessagem, até a camada de 20-40 cm de profundidade. De fato, a adição de 16 t de esterco de curral/ha equivaleria aproximadamente a um acréscimo de $139,5 \text{ mg K/dm}^3$. O efeito do esterco de curral no aumento dos teores de potássio nestas camadas do perfil, pode estar relacionado com a fácil liberação deste nutriente, fato constatado por Nuernberg e Stammel (1989), e por Oliveira, Rodrigues Filho e Vieira(1995).

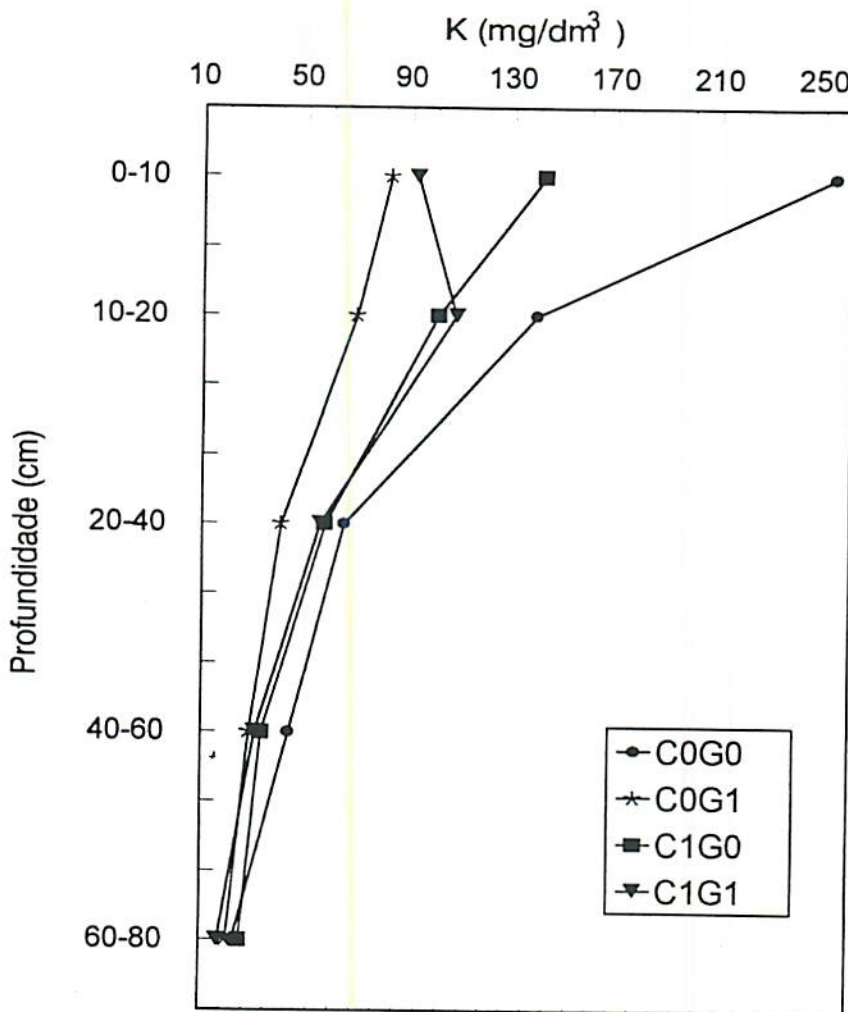


FIGURA 4. Distribuição de potássio em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos e na presença de adubação orgânica (C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

Segundo Lopes e Guilherme(1992), todo o potássio contido em fontes orgânicas comporta-se como mineral desde a aplicação, uma vez que ele não faz parte de nenhum composto orgânico estável, não precisando portanto sofrer a ação dos microorganismos. A aplicação de material orgânico ao solo representa total disponibilidade de potássio logo no primeiro cultivo (Kiehl, 1985; Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC, 1989). É importante mencionar que a falta de interação da adubação orgânica nas demais camadas avaliadas pode estar relacionada ao fato do esterco ter sido incorporado somente na camada superficial do solo.

Nas três camadas onde a interação foi significativa, foi verificado na ausência de adubação orgânica(Figura 3), que os tratamentos com calcário e gesso ou sua associação não apresentaram diferenças entre si. Este fato pode estar relacionado a baixa disponibilidade natural de K neste solo. Na presença de adubação orgânica, os tratamentos com calagem e gessagem mostram comportamento distinto(Figura 4). Os tratamentos que receberam gessagem, apresentaram os menores teores de K. O efeito do gesso em proporcionar valores de K inferiores aos demais tratamentos também foi constatado por Raij (1988), Guimarães (1992) e Quaggio, Dechen e Raij (1982). A associação de sulfato com cátions pode servir como um meio eficaz para promover a movimentação de íons do solo, devido às reações de associações com metais, principalmente Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e Al^{3+} , neutralizando-os através da associação iônica, formando complexos solúveis com menores valências (CaSO_4^0 , MgSO_4^0 , K_2SO_4^0 e AlSO_4^+), (Pavan e Volkweiss, 1986). Quaggio, Dechen e Raij (1982), observaram que a aplicação de 100 kg de $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$, foi totalmente perdida quando aplicou-se gesso e não se aplicou calcário. O efeito da calagem em reduzir as perdas de potássio está associada com o aumento da retenção de bases, provocada pela liberação de cargas negativas dependentes de pH (Quaggio, Dechen e Raij, 1982).

Observa-se que os teores de nitrato em função dos tratamentos não foram significativamente diferentes, podendo ser verificado porém, o aumento dos teores em profundidade(Figura 5). Este comportamento demonstra que o nitrato não foi o íon acompanhante dos cátions que percolaram. Ritchey et al. (1980), afirmam que os ânions Cl^- e NO_3^- praticamente não são adsorvidos pelos colóides do solo, sendo que a aplicação de cloreto de cálcio e nitrato de cálcio proporciona lixiviação mais rápida de cálcio do que a aplicação de gesso.

Os teores encontrados para o nitrato mostram a eletronegatividade deste solo, uma vez que se observou uma maior quantidade de nitrato nas camadas inferiores. Este fato poderia

estar relacionado com a época de amostragem do solo, que coincidiu com o início do período chuvoso. Valores de nitrato em profundidade no solo são bastante instáveis, estando ligados principalmente a disponibilidade de água para a percolação (Verdade, 1951 citado por Raij, 1991).

Os teores de $S-SO_4^{-2}$ foram influenciados pelos tratamentos e variaram através do perfil do solo (Figura 6). Os tratamentos que receberam gessagem (C0G1 e C1G1), apresentaram valores de S significativamente superiores nas camadas de 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade em relação aos tratamentos que não receberam o corretivo (C0G0 e C1G0). Vários trabalhos relacionam a movimentação de enxofre no perfil do solo (Souza e Ritchey, 1986; Braga, 1991).

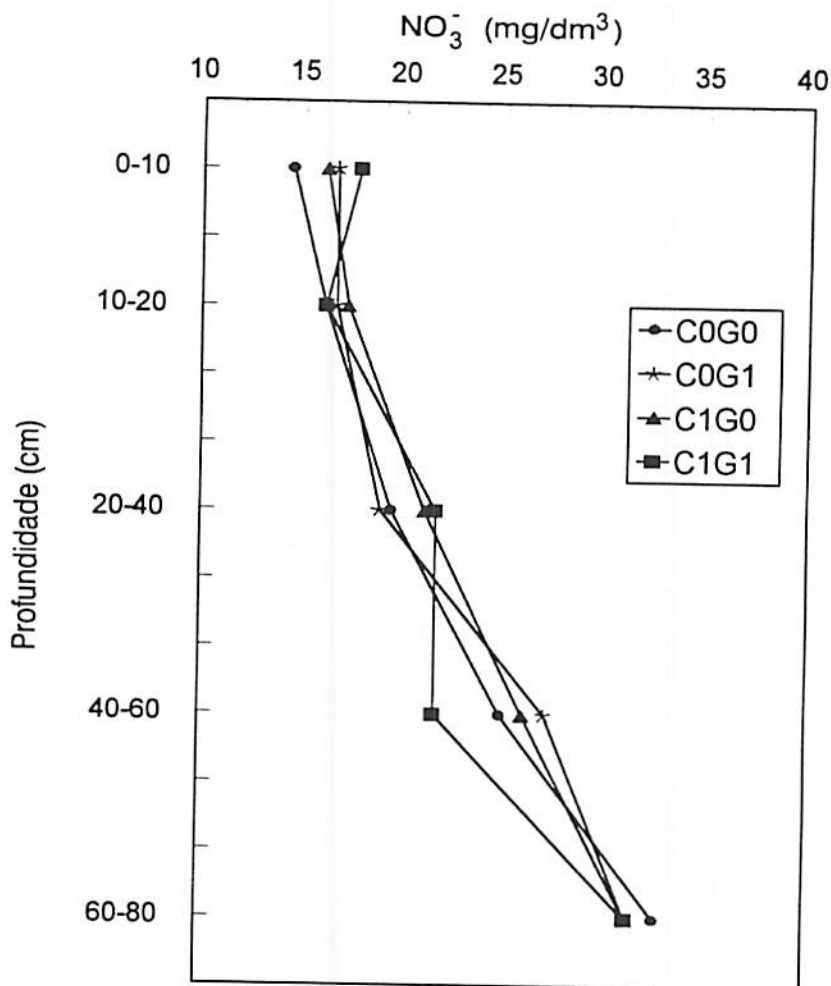


FIGURA 5. Distribuição de nitrato em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados (C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

Os tratamentos que receberam gessagem (C0G1 e C1G1) apresentaram teores de SO_4^{-2} superiores até as profundidades de 40-60 cm (Figura 6). O tratamento C1G1 apresentou teores de S-SO_4^{-2} superiores na camada de 20-40 cm de profundidade em relação ao tratamento que recebeu somente gesso. Quaggio et al.(1993), também verificaram que a associação de calagem e gessagem favoreceu uma movimentação mais rápida do enxofre do gesso em relação ao tratamento que recebeu apenas gesso.

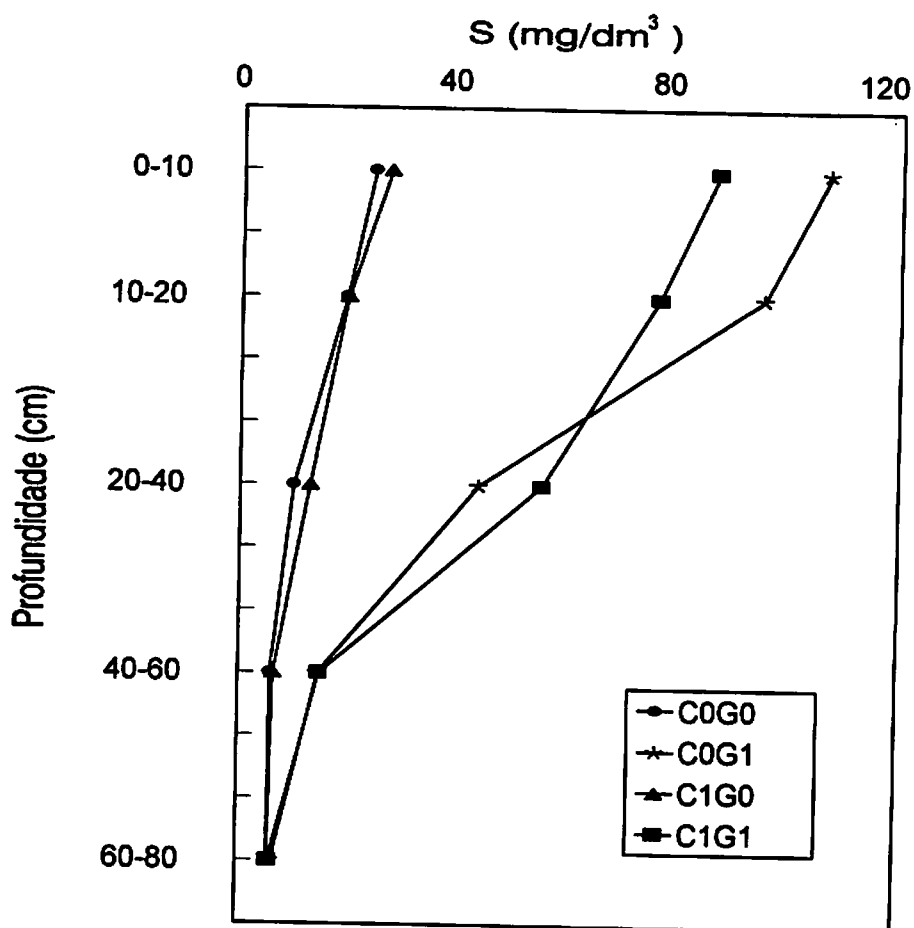


FIGURA 6. Distribuição de enxofre em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados (C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

Devido às suas características químicas, o gesso apresenta uma rápida dissolução no solo, estando ligado principalmente à quantidade de água e sais solúveis presentes e ao tamanho das partículas do produto (Pavan e Volkweiss, 1986), o que possibilita o rápido efeito dos tratamentos com gesso no enriquecimento em S-SO_4^{-2} de camadas inferiores do solo. A

elevação do pH(Figura 8) nas camadas superiores pela aplicação do calcário, pode promover um aumento na quantidade de cargas negativas, tornando o $S-SO_4^{2-}$ livre na solução do solo e com isso mais sujeito a lixiviação(Sousa et al, 1992).

Comparando-se a distribuição de cálcio no perfil do solo (Figura 1) e a distribuição de enxofre (Figura 6), pode-se verificar que houve uma semelhança em comportamento nos tratamentos C1G1 e C0G1, principalmente nas camadas de 10-20 e 20-40 cm de profundidade.

A correlação negativa e em alguns casos não significativa entre os cátions Ca, Mg e K com o íon nitrato, mostram que este ânion parece não ser o elemento acompanhante na movimentação de bases no solo. Entretanto a presença de correlações positivas e significativas com os cátions, indica que o íon sulfato foi o ânion acompanhante das bases através do perfil, nos tratamentos avaliados (Quadro 3). Esta proposição é confirmada quando se avalia os tratamentos que receberam gesso, pois além de positivos, os coeficientes de correlação foram sensivelmente maiores.

QUADRO 3. Coeficientes de correlação entre cálcio, magnésio e potássio com nitrato e sulfato em função dos tratamentos com calagem e gessagem.

Tratamentos	Ca x NO_3^-	Ca x SO_4^{2-}	Mg x NO_3^-	Mg x SO_4^{2-}	K x NO_3^-	K x SO_4^{2-}
C0G0 ¹	- 0,82 **	0,60 **	- 0,63 **	0,52 *	- 0,72 **	0,73 **
C0G1	- 0,62 **	0,81 **	- 0,31 n.s.	0,61 **	- 0,65 **	0,80 **
C1G0	- 0,51 *	0,79 **	- 0,57 *	0,80 **	- 0,29 n.s.	0,62 **
C1G1	- 0,55 *	0,88 **	-0,51 *	0,83 **	- 0,66 *	0,89 **

¹ C0 e C1 = Ausência e presença de calcário respectivamente;

G0 e G1 = Ausência e presença de gessagem respectivamente.

- n.s. - não significativo;

* - significativo ao nível de 5% (teste de t).

** - significativo ao nível de 1 % (teste de t).

Os tratamentos que não receberam gessagem, apresentaram coeficientes de correlação significativos entre enxofre e as bases Ca, Mg e K, mas os valores de r foram sensivelmente menores do que naqueles tratamentos que receberam enxofre na forma de gesso. Os coeficientes de correlações positivas com o $S-SO_4^{2-}$ nos tratamentos que não receberam gessagem (C0G0 e C1G0) podem ser devidos aos teores originais de matéria orgânica (Quadro 1),

que é a principal fonte natural de enxofre no solo. A ocorrência de melhores correlações para a combinação $\text{Ca} \times \text{SO}_4^{2-}$, pode ser justificada pela maior presença quantitativa do cálcio nos tratamentos que receberam calagem ou gessagem ou pelo resultado da dissolução do gesso no solo, produzindo os íons Ca^{2+} , SO_4^{2-} e CaSO_4^0 . Segundo Pavan(1983), com a gessagem, aproximadamente 40% do total de Ca solúvel está presente como CaSO_4^0 e portanto, potencialmente móvel no solo.

A tendência de aumento dos coeficiente de correlação entre as bases e o S-SO_4^{-2} , no tratamento que recebeu calagem (C1G0) quando comparado com a testemunha (C0G0), pode também estar ligado ao aumento das cargas negativas do solo, facilitando o processo de lixiviação de ânions como o enxofre, conforme relatado por Rajj (1991).

4.2. Saturação de bases e pH.

Os tratamentos mostraram comportamento bastante distintos em relação à Saturação de Bases(Figura 7), destacando-se os tratamentos que receberam calcário(C1G0 e C1G1), que apresentaram valores significativamente maiores nas camadas até 60 cm de profundidade. A utilização de calcário para a correção e elevação de bases nas camadas subsuperficiais do solo foi preconizada por Cantarella (1993), mencionando que com o passar do tempo, a utilização de calcário para a correção das camadas superficiais favoreceria a correção de camadas mais profundas do solo, fato este também observado por Quaggio et al.(1985a); Quaggio(1991), Lopes (1983), Souza e Ritchey (1986).

O tratamento calagem e gessagem, devido provavelmente aos teores mais elevados de CaO e MgO do calcário e CaO do gesso, proporcionou uma elevação dos valores da saturação de bases até a camada de 20-40 cm de profundidade(Figura 7).

A associação de calagem mais gessagem, promoveu um maior enriquecimento de bases no perfil do solo até a camada de 40 cm. Esta lixiviação de bases também pode estar relacionada a baixa CTC do solo em estudo nas camadas superiores e a boa permeabilidade deste solo (Quadro 1). Silva et al(1991), estudando a aplicação conjunta de calcário e gesso em algodoeiro num solo de CTC baixa, observaram que o gesso aplicado com o calcário, proporcionou acréscimos de enxofre, cálcio, magnésio e potássio até a camada de 20-40 cm de

profundidade e ainda do enxofre até a camada mais profunda(40-60 cm) no 1º ano de sua aplicação

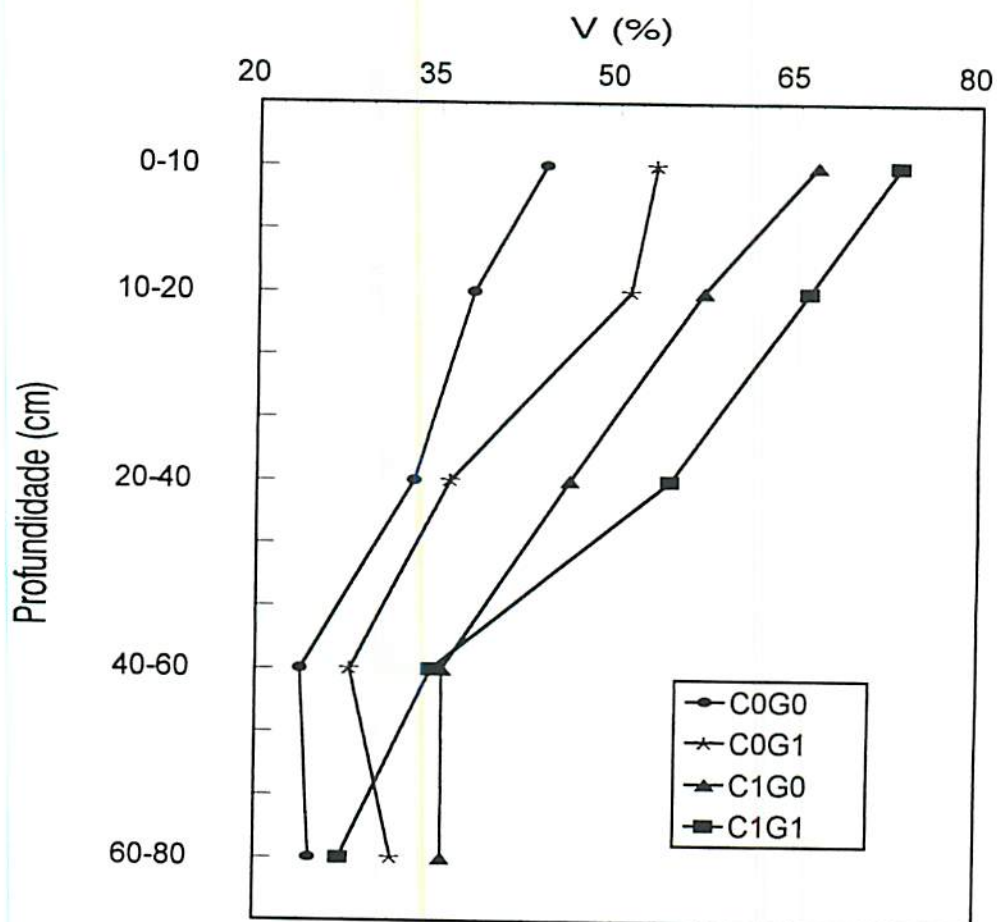


FIGURA 7. Saturação de bases em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados(C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

A utilização de adubação orgânica proporcionou um aumento significativo no pH até a profundidade de 0-10 cm (Quadro 7A). Segundo Kochman et al.(1974) citado por Primavesi(1984), em condições favoráveis, isto é, em presença de cálcio e fósforo, os microorganismos do solo podem aumentar o pH durante a decomposição da matéria orgânica, tanto pela amonificação do solo como pelas excreções alcalinas das bactérias. Além disto, materiais orgânicos como o esterco de bovino que possui um pH mínimo de 6,0 (Raij, 1991), funcionaria também como corretivo da acidez do solo.

A calagem foi mais efetiva em elevar o pH em praticamente todas as camadas avaliadas quando comparada com a gessagem e ao tratamento testemunha(Figura 8). Entretanto, a associação da calagem com a gessagem foi bastante eficiente em elevar o pH, principalmente nas camadas mais intermediárias do perfil.

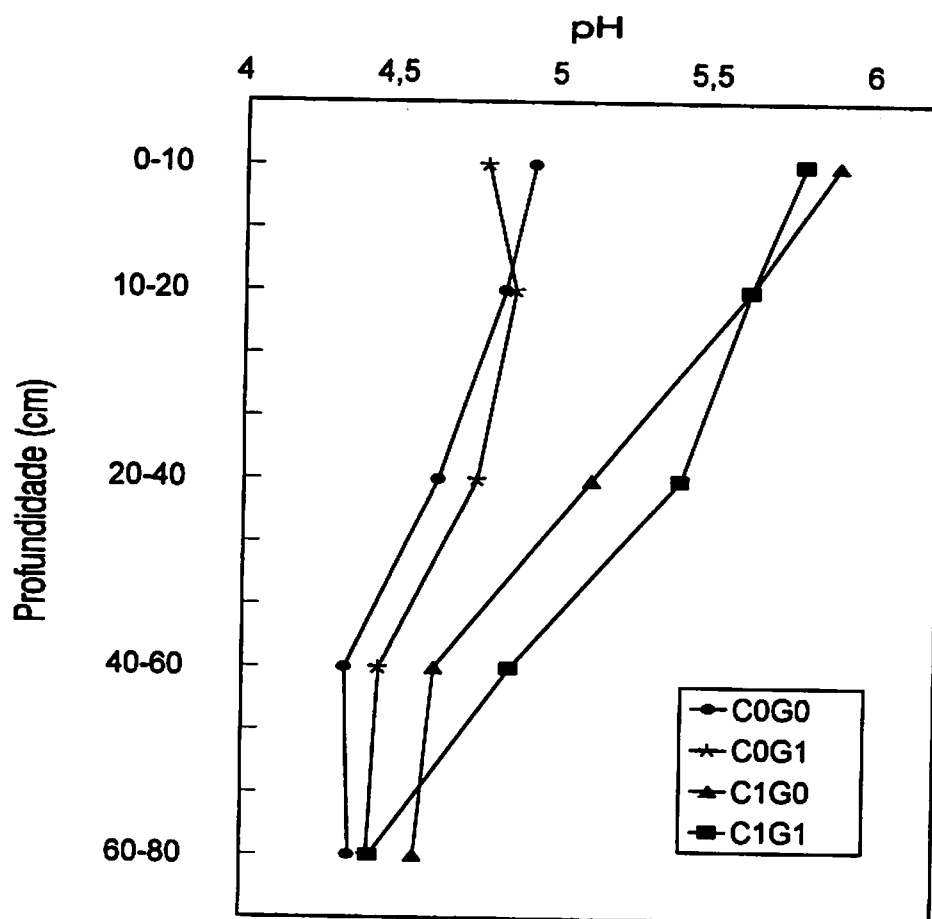


FIGURA 8. Distribuição de valores de pH em profundidade no perfil do solo em função dos corretivos aplicados(C0 e C1 indicam ausência e presença de calagem respectivamente; e G0 e G1, ausência e presença de gessagem).

A utilização de calagem para a elevação do pH na superfície do solo já é bastante conhecida (Munson, 1982, citado por Lopes, 1983). Além do fornecimento de cálcio e magnésio, a associação calagem + gessagem parece também ser eficiente na elevação do pH(Figura 8).

4.3. Produção

Os resultados de produção de grãos de milho, considerando-se todos os tratamentos e principalmente as interações adubação orgânica x tratamentos (G0C0, G1C0, G0C1 e G1C1) encontram-se no Quadro 4. Os tratamentos com adubação orgânica, calagem, gessagem e adubação mineral não influenciaram de modo significativo o estande de plantas, porém mostraram efeito nas outras variáveis estudadas.

QUADRO 4. Estande, número e peso de espigas e produção de milho em função da adubação orgânica, calagem, gessagem e adubação mineral.

Tratamento	Estande plantas/ha	Nº Espigas /ha	Peso Espig. kg/ha	Produção de grãos (kg/ha)	
A.O.	53.014 A	47.514 B	8.014 B	5072 B	
P.O.	55.611 A	63.778 A	13.208 A	8827 A	
				A.O.	P.O.
C0G0	55.208 A	56.014 A	10.611 A	4458 Ab	9237 Aa
C0G1	56.597 A	56.944 A	10.764 A	4966 Ab	9117 Aa
C1G0	53.014 A	52.194 A	10.264 A	5173 Ab	8258 Aa
C1G1	52.431 A	57.403 A	10.806 A	5690 Ab	8696 Aa
A.M.	52.833 A	51.444 B	9.528 B	6243 B	
P.M.	55.611 A	59.833 A	11.278 A	7656 A	

¹ C0 e C1 = Ausência e presença de calcário respectivamente;

G0 e G1 = Ausência e presença de gessagem respectivamente.

² A.O. e P.O. = Ausência e presença de adubação orgânica, respectivamente;

³ A.M. e P.M. = Ausência e presença de adubação mineral, respectivamente;

⁴ Médias seguidas por mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas não diferem entre si (Tukey 5%).

Avaliando o efeito da adubação orgânica, observou-se que a sua presença promoveu aumentos significativo no número e peso de espiga e na produção de grãos. Este fato pode ser justificado por ser a adubação orgânica uma importante fonte de macro e micronutrientes além de melhorar condições químicas, físicas e biológicas dos solos. O acréscimo da produção de grãos na presença de adubação orgânica foi de aproximadamente 74%. Já a presença de adubação mineral, por outro lado, propiciou aumento de apenas 23% na produtividade do milho (Quadro 4). Este fato pode estar ligado ao elevado processo de degradação em que o solo estudado estava sofrendo pois ali se fazia o uso de milho para silagem a mais de 7 safras consecutivas.

Para o parâmetro produção de grãos, pode-se observar efeitos positivos e significativos da interação adubação orgânica e os tratamentos(C0G0, C0G1, C1G0 e C1G1). Esta interação demonstra que os tratamentos que combinavam calagem e ou gessagem só mostraram diferenças significativas quando foram comparados na ausência e presença de adubação orgânica. Este fato pode ser justificado por vários fatores, entre eles os níveis dos nutrientes, que apesar de baixos, ainda não eram críticos para o desenvolvimento da cultura. A ausência de resposta do milho a calagem, contrariando o que foi encontrado por Furlani(1990) citado por Cantarella(1993), pode também estar associada aos altos teores de matéria orgânica original do solo, além do híbrido de milho utilizado(BR 201), conhecido pela rusticidade e agressividade do seu sistema radicular, principalmente em condições de acidez e toxidez de Al em subsuperfície. Outro fato a ser considerado seriam as boas condições climáticas no decorrer do experimento, principalmente no que se refere a distribuição de chuvas.

Quando se compara os tratamentos com calagem e gessagem (C0G0, C0G1, C1G0 e C1G1) na ausência e presença de adubação orgânica e mineral, verificou-se grande superioridade em produtividade dos tratamentos que receberam adubação orgânica(Quadro 5)

QUADRO 5. Produções médias de milho em função dos tratamentos com calcário, gesso, adubação orgânica e mineral.

	A.O. ²		P.O.	
	A.M. ³	P.M.	A.M.	P.M.
C0G0 ¹	3.276	5.638	8.616	9.858
C0G1	4.383	5.549	9.025	9.208
C1G0	4551	5.794	7.288	9.251
C1G1	4.630	6.748	8.169	9.222

¹ C0 e C1 = Ausência e presença de calcário respectivamente;

G0 e G1 = Ausência e presença de gessagem respectivamente.

² A.O. e P.O.=Ausência e presença de adubação orgânica, respectivamente;

³ A.M. e P.M.=Ausência e presença de adubação mineral, respectivamente;

Apesar de não se mostrar estatisticamente diferente, pode se verificar através do Quadro 5, que a testemunha absoluta, apresentou boa produtividade (3.276 kg/ha) em relação a média nacional (1879 kg de milho/ha, segundo Almeida, 1993), o que pode ser justificado pela escolha do híbrido e ausência de adversidades climáticas no decorrer do ciclo da cultura. Todos

os tratamentos com calagem e/ou gessagem na presença de adubação orgânica apresentaram maiores produtividades, tanto na ausência quanto na presença de adubação mineral. Este fato pode estar relacionado principalmente ao pronto fornecimento de K ao solo pela adição de adubo orgânico, atendendo a grande demanda deste nutriente para a cultura atingir maiores patamares de produtividade. Deve-se destacar que a maior produtividade média foi obtida para o tratamento que recebeu adubação orgânica e mineral.

5. CONCLUSÕES

A aplicação de adubação orgânica (esterco de curral) elevou os teores de potássio em todas as camadas de solo avaliadas.

A aplicação de calcário, gesso e adubação orgânica influenciou diferentemente a mobilidade dos íons Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} e principalmente K^+ no perfil do solo.

Os tratamentos com gesso promoveram uma redução dos teores de potássio nas camadas superficiais do solo.

A calagem combinada com a gessagem foi mais efetiva na elevação da saturação de bases do solo até a profundidade de 60 cm em comparação às suas aplicações isoladas.

Os tratamentos com calagem e/ou gessagem na presença de adubação orgânica promoveram maiores produtividades tanto na ausência quanto na presença de adubação mineral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, T. C. de; Utilização do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. ed. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.11-21.
- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**, 2.ed. New York: Wiley, 1977.
- BRAGA, F. A. **Efeito do gesso agrícola na crescimento inicial e na nutrição mineral do *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden sob diferentes níveis de irrigação**. Lavras: ESAL, 1991. 138p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BRAGA, F.A.; VALE, F.R.; MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral do eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.19, p.69-77, 1995.
- BREMNER, J. M. Nitrogen availability indexes. In: BLACK, C. A. ed. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society Agronomy, 1965. v.2. cap. 88, p. 1324-1345.
- CANTARELLA, H.; Calagem e adubação no milho. In: BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. ed. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.147-196.
- CARVALHO, L.J.C.B.; GOMIDE, R. L.; RODRIGUES, G. C.; SOUSA, D.M.G.; FREITAS JÚNIOR, E. Resposta do milho à aplicação do gesso e déficit hídrico em solo de cerrado. In: **SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA**,1., Brasília, 1985. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.61-83.
- CASSOL, L. C.; PAVINATO, A.; SALET, R. L. Dinâmica do nitrogênio após calagem e adubação nitrogenada em sistemas de manejo do solo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO - Cerrados:Fronteira Agrícola para o Século XXI**, 24, Goiânia, 1993. **Anais...** Goiânia: SBCS, 1993. v.3, p.79-80
- COCHRANE, T.T.; AZEVEDO, L.G. As savanas do trópico sulamericano: uma visão geral dos seus recursos de clima e solo para desenvolvimento agrotecnológico baseada no inventário computadorizado de sistemas de terra do CIAT/EMBRAPA. In: **SIMPÓSIO SOBRE CERRADO**, 6, Brasília, 1982. **Savana: Alimento e energia**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1988. p.773-801.

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 2.ed. Passo Fundo, SBSC-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA/CNPT, 1989. 128p.
- DEMATTE, J. L. Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEHTA, Y. T. ed. **The soil root system in relation to brasilian agriculture.** Londrina: IAPAR, 1981. p.21-41.
- GARCIA, L. **Efeito de níveis de saturação em bases e macronutrientes sobre a produtividade do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Lavras: ESAL, 1990. 83p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- GONZALES-ERICO, E.; KRAMPRATH, E.J.; NADOMAM, G.C.; SOARES, W.V. Effect of depth of lino incorporation on the growth of com on an oxisol of central Brazil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.43, n.6, p.1155-1158, Nov./Dec. 1979.
- GUIMARÃES, P.T.G. O uso do gesso na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.175-190.
- JUCKSCH, I. **Calagem e dispersão de argila em amostra de um latossolo vermelho escuro.** Viçosa: UFV, 1987. 37p.(Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- LOPES, A.S. **Solos sob "cerrado", características, propriedades e manejo.** 2ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983, 162p.
- LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1992. p.39-87.
- MALAVOLTA, E. Fertilizantes, Corretivos e Produtividade: Mitos e Fatos. In: DECHEN, A. R.; BOARETO, A. E.; VERDADE, F. C. coord. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, Piracicaba, 1992. **Reunião...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1992a. p.89-153.
- 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. Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992b. p.41-66.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 254p.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado.** Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.

- MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; DEMATTÊ, J.A.M.; ALOISI, R.R. Efeito do calcário e do gesso nos atributos químicos de um Podzólico Vermelho Amarelo distrófico e nas produtividades durante o ciclo da cultura da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. *Anais...* Viçosa: UFV/SBCS, 1995. v.2, p.1091-1093.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** Bern: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G. O.; PAVAN, M. A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. *Revista Brasileira Ciência do Solo.* Campinas. v.16, n.2, p.209-215. 1992.
- MORAIS, J. F. V. Movimento de nutrientes em Latossolo Vermelho-Escuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, n.1, p.85-97, jan. 1991.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.16, n.2, p.187-194, 1992.
- MORELLI, M.; IGUE, K.; PUENTES, R. Efecto del incalado en el complejo de cambio de movimiento de Ca e Mg. *Turrialba.* Putumanyo, v.21, n.3, p.317-322. Jul/Set. 1971.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E. L. de; CALEGARI, A. Manejo da fertilidade. Ed. Büll, L.T. e Cantarella, A.H. *A cultura do milho no Paraná.* Londrina: IAPAR, 1991. p.97-126.
- NOGUEIRA, A.R.A.; MOZETO, A.A. Interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos paulistas sob vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, n.1, p.1-6, 1990.
- NUERNBERG, N. J.; STAMMEL, J. G. Rendimento de culturas e características químicas do solo sob diferentes sucessões e adubação orgânica e mineral. *Revista Brasileira Ciência do Solo.* Campinas, v.13, n.1, p.87-93, 1989.
- OLIVEIRA, M. de; RODRIGUES FILHO, F.; VIEIRA, A.D. Alterações na fertilidade de material de solo com emprego de adubação orgânica associada com adubação mineral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25, Viçosa, 1995. *Anais...* Viçosa: UFV/SBCS, 1995. v.2, p.595-596.
- PAVAN, M.A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de íons no solo. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO. Londrina. 1983. p.47-63.
- 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 Science Society of American Journal*, Madison, v.48, n.1, p.33-38, 1984.

- PAVAN, M. A.; VOLKWEISS, S. J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. Anais... Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.107-118.
- PINAZZA, L.A. Perspectiva da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: Büll, L.T. e Cantarella, A.H. **Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade.** Piracicaba: POTAFOS, 1993. p.1-10.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: Agricultura em regiões tropicais.** 6.ed. São Paulo: Nobel, 1984. 550p.
- QUAGGIO, J. A.. **Resposta da laranjeira Valência em formação à calagem e ao equilíbrio de bases no solo.** Piracicaba: ESALQ/USP, 1991. 107p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B.van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, n. 3, p.189-199, 1982.
- QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van; SAKAI, M. Calagem para sucessão batata-tritica-milho, usando calcários com diferentes teores de magnésio. **Bragantia**, Campinas, v.44, p.391-406, 1985a.
- QUAGGIO, J. A.; SAKAI, M.; ISHMURA, I. SAES, L. A.; BATAGLIA, O. C. Calagem para rotação feijão-milho verde em solo orgânico do vale do Rio Ribeira de Iguape(SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.9, n. 3, p.225-261, 1985b.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B.van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Resposta da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.28, n.3, p.375-383, mar.1993.
- RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: POTAFOS, 1991. 343p.
- RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo.** São Paulo: ANDA, 1988. 88p.
- RAIJ, B. van. Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. Anais... Uberaba: IBRAFOS. 1992. p.105-120.
- RAIJ, B. van; CAMARGO, A.P.; CANTARELLA, H.; SILVA, N.M. Alumínio trocável e saturação de bases como critérios para recomendação de calagem. **Bragantia**, Campinas, v.42, p.149-156, 1983.
- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of Savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v.133, p.378-384, 1982.

- RITCHEY, K. D.; SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. **Agronomy Journal** . v. 72, n.1, p.40-44, Jan./Feb. 1980.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUSA, D. M. G. Lixiviação de cálcio e crescimento de raízes em solos de cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18. Salvador, 1981. **Anais...** Salvador, 1981, p.96.
- RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E.; SOUSA, D. M. G. Relação entre o teor de cálcio no solo e desenvolvimento de raízes avaliado por um método biológico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.7, n.3, p.269-275, 1983.
- SILVA, A. A. de. Efeito de relações $\text{CaCO}_3/\text{CaSO}_4$ no movimento de nutrientes no solo e no desenvolvimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). Lavras: ESAL, 1990. 80p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SILVA, N.M.; RAIJ, B. VAN; CARVALHO, L.H.; BATAGLIA, O.E.; KONDO, J.I. Efeitos do calcário e do gesso na cultura do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23, Porto Alegre, 1991. **Anais...** Porto Alegre, 1991, p.104.
- SOUSA, D.M.G.de; LOBATO, E.; RITCHEY, K.D.; REIN, T.A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: Instituto Brasileiro do Fósforo, 1992. p.217-306.
- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N.de; LOBATO, E.; CASTRO, L.H.R.de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos dos cerrados. In: **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v.13, n.2, p.193-198. 1989.
- SOUSA, D.M.G.; RITCHEY, K. D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.119-144.
- SUMNER, M.E. Gypsum and acid soils: The world scene. **Advances in Agronomy**. New York, v.51, p.1-32, 1993.
- VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo: Dinâmica e Disponibilidade de Nutrientes**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 171p.
- VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.; ALVES, V.M.C.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E. **Avaliação agrônômica do gesso nas culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1990a. 24p.(EMBRAPA).

- VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L.; ALVES, V.M.C.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E. Avaliação econômica do gesso nas culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18, Vitória, 1990. **Resumos...** Vitória, EMCAPA, 1990b. p.108(EMBRAPA/EMCAPA. Documentos, 65).
- VITTI, G.C. Calagem e gessagem na cultura do milho. In: **Milho**. Piracicaba: FEALQ, ESALQ/USP, 1990. p.27-48.
- VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E. Fosfogesso - Uso Agrícola. In: MALAVOLTA, E.(Coord.). **SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS**. Piracicaba, 1984. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.161-201.
- VITTI, G. C.; MALAVOLTA, E.; FERREIRA, M. E. Respostas de culturas anuais e perenes à aplicação de enxofre. In: BORKERT, C. M.; LANTMANN, A. F., ed. **SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA**, Londrina, 1988. **Anais...** Londrina:EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS,1988. p.61-85.

APÉNDICE

QUADRO 1A. Análise estatística para a variável Ca

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adubação orgânica	1	0,8008n.s.	0,0018n.s.	0,01021n.s.	0,01020n.s.	0,0252n.s.
Bloco	2	0,3281n.s.	0,4758n.s.	1,1556*	0,0606n.s.	0,0227n.s.
Resíduo(A)	2	0,3377	0,1825	0,0289	0,0902	0,0989
Parcelas	5					
Corretivos	3	5,6600*	5,9357**	3,0424**	0,3613**	0,0835**
Ad.Org. x Corretivo	3	1,3342n.s.	1,4329n.s.	0,2357n.s.	0,0974n.s.	0,0841**
Resíduo(B)	36	1,5271	0,9865	0,2716	0,0781	0,0149
Total	47					
Média geral		2,5250	2,2146	1,4187	0,7437	0,5645
Coef.variação(A)%		8,137	6,820	4,241	14,277	19,699
Coef.variação(B)%		48,941	44,850	36,736	37,564	21,659

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 2A. Análise estatística para a variável Mg

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adubação orgânica	1	1.3333n.s.	0.3008*	0.1408n.s.	0.0300n.s.	0,0208n.s.
Bloco	2	0.5814n.s.	0.0475n.s.	0.5152n.s.	0.1002n.s.	0.0002n.s.
Resíduo(A)	2	0.2015	0.0158	0.0340	0.0081	0.0327
Parcelas	5					
Corretivo	3	2.3172**	1.5594**	0.6003**	0.0536n.s.	0.0283*
Ad.Org. x Corretivo	3	0.7183n.s.	0.0481n.s.	0.0481n.s.	0.0750n.s.	0.0314*
Resíduo(B)	36	0,4606	0.1525	0.0743	0.0363	0.0089
Total	47					
Média geral		1.1167	0.9500	0.7042	0.3292	0.2333
Coef.variação(A)%		14.211	4.683	9.252	9.682	27.404
Coef.variação(B)%		60,775	41,107	38,711	57,878	40,459

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 3A. Análise estatística para a variável K.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adubação orgânica	1	166027.6875**	74340.0208**	12224.0833*	2760.3333*	402.5208n.s.
Bloco	2	566.5833n.s.	167.6875n.s.	727.7708n.s.	306.0208n.s.	32.8958n.s.
Resíduo(A)	2	945.2500	102.1458	651.6458	139.6458	42.1458
Parcelas	5					
Corretivo	3	18337.9097**	2377.7431*	296.5833*	142.3611n.s.	73.4097*
Ad.Org. x Corretivo	3	18842.5764**	2608.7431*	321.1389*	140.2778n.s.	15.1875n.s.
Resíduo(B)	36	2700,532	828,5046	80,3287	52,3981	20,4745
Total	47					
Média geral		83,854	64.8125	38.5417	26.4583	18.3958
Coef.variação(A)%		12,963	5.513	23.417	15.791	12.477
Coef.variação(B)%		61,973	44,411	23,254	27,359	24,597

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 4A. Análise estatística para a variável NO_3^- .

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adução orgânica	1	45.3768n.s.	8.3167n.s.	3.6963n.s.	14.7852n.s.	0.2310n.s.
Bloco	2	119.0808n.s.	95.0828*	280.9189*	277.2224n.s.	76.4672n.s.
Resíduo(A)	2	12.0269n.s.	2.7722	3.6963	25.8741	203.9895
Parcelas	5					
Corretivo	3	23.0881n.s.	3.3606n.s.	20.9457n.s.	68.9976n.s.	5.7755n.s.
Ad.Org. x Corretivo	3	0.9288n.s.	10.7625n.s.	11.0889n.s.	19.7136n.s.	135.1460*
Resíduo(B)	36	8,9266	10,3602	15,8119	35,7308	41,6604
Total	47					
Média geral		16.2327	16.5091	20.2575	24.9750	31,7043
Coef.variação(A)%		7.553	3.566	3.355	7.201	15.927
Coef.variação(B)%		18,406	19,497	19,629	23,934	20,358

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 5A. Análise estatística para a variável S.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adubação orgânica	1	6.8857n.s.	0.9605n.s.	150.2376n.s.	38.3776n.s.	0.3502n.s.
Bloco	2	908.4583n.s.	564.4782n.s.	2.1848n.s.	54.2179n.s.	28.5009n.s.
Resíduo(A)	2	413.2323	61.1385	24.7447	32.9422	11.4826
Parcelas	5					
Corretivo	3	22066.3052**	19166.6023**	6271.3566**	298.5253**	1.3990n.s.
Ad.Org. x Corretivo	3	641.1189n.s.	471.8478n.s.	46.3142n.s.	45.4309*5,8%	10,8332n.s.
Resíduo(B)	36	474,0377	389,3746	114,4349	27,4833	5,8668
Total	47					
Média geral		62.2725	53.4889	30.8370	10.5896	6.1004
Coef.variação(A)%		11.541	5.168	5.703	19.163	19.638
Coef.variação(B)%		34,963	36,891	34,690	49,506	39,705

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 6A . Análise estatística para a variável V%

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adução orgânica	1	315,1875*	438,0208 n.s.	196,0208 n.s.	6,7500n.s.	75,0000 n.s.
Bloco	2	218,3125*	109,5208 n.s.	567,2500 n.s.	38,1458 n.s.	11,6458 n.s.
Resíduo(A)	2	8,3125	159,3958	31,5833	48,4375	131,6875
Parcelas	5	-	-	-	-	-
Corretivo	3	2.346,243 **	1661,5208 **	1.146,6875 **	377,2778 **	282,3333 **
Ad.Org. x Corretivo	3	61,4097 n.s.	136,0764 n.s.	187,1875 n.s.	150,1389 **	176,6667 **
Resíduo(B)	36	208,1087	171,0648	95,2361	39,04167	33,7778
Total	47	-	-	-	-	-
Média geral		58,1875	53,0208	42,4375	30,4166	29,6667
Coef.variação(A)%		1,752	8,419	4,682	8,090	13,676
Coef.variação(B)%		24,792	24,668	22,996	20,542	19,591

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 7A. Análise estatística para a variável pH.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
Adução orgânica	1	0.9352*	0.7500n.s.	0.6302n.s.	0.1008n.s.	0.1008n.s.
Bloco	2	0.6915*	0.0943n.s.	0.6158n.s.	0.1164n.s.	0.0268n.s.
Resíduo(A)	2	0.0339	0.3419	0.1108	0.03520	0.0189
Parcelas	5					
Corretivo	3	3.9691**	2.3533**	1.4952n.s.	0.6303**	0.0939n.s.
Ad.Org. x Corretivo	3	0.3330n.s.	0.0933n.s.	0.2819n.s.	0.0447n.s.	0.0069n.s.
Resíduo(B)	36	0.2877	0,2052	0,1482	0,0875	0,0687
Total	47					
Média geral		5.3354	5.2250	4.9646	4.5542	4.4250
Coef.variação(A)%		1.221	3.956	2.371	1.457	1.100
Coef.variação(B)%		10,053	8,670	7,754	6,495	5,925

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.

QUADRO 8A. Análise estatística para as variáveis número de espigas/ha, peso de espigas/ha e produção de grãos/ha.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADO MÉDIO			
		Queb. Acam.	Núm. de espigas	Peso de espigas/ha	Produção kg/ha
Adubação orgânica	1	2,3049 n.s.	1645,0208 **	167,9260 **	169224820,23155 **
Bloco	2	0,01286 n.s.	57,5625 n.s.	1,5629 n.s.	369699,2919 n.s.
Resíduo(A)	2	0,3677	18,1458	0,9888	113394,4851
Parcelas	5				
Corretivo	3	0,1957 n.s.	34,8542 n.s.	0,3717 n.s.	531216,23498 n.s.
Ad.Org. x Corretivo	3	0,6118 n.s.	21,6875 n.s.	0,8298 n.s.	2216346,03026 *
Resíduo(B)	12	0,2992	24,2708	0,9788	615980,5993
Subparcelas	23				
Adubação(Ad.)	1	0,5705 n.s.	438,0208 **	29,1720 **	23974018,7772 **
Ad.Org..x Ad.Min.	1	0,0269 n.s.	4,6875 n.s.	0,8216 n.s.	1144298,3872 n.s.
Trat.xAdubação	3	0,2668 n.s.	54,9097 n.s.	1,1060 n.s.	757049,1589 n.s.
Ad.Org..xTrat.xAd.Min.	3	0,7597 n.s.	36,9097 n.s.	0,9061 n.s.	577833,5066 n.s.
Resíduo(C)	16	0,6130	28,7083	1,2051	623349,7630
Total	47				
Média geral		3,1092	40,0625	7,6392	6949,2349
Coef.variação(A)%		6,896	3,759	4,602	1,713
Coef.variação(B)%		12,440	8,695	9,158	7,986
Coef.variação(C)%		25,181	13,374	14,370	11,361

n.s. - Não significativo.

* - Significativo a 5% pelo teste de F.

** - Significativo a 1% pelo teste de F.