

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**MOMENTO DE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM UM  
LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO, NO DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DO MILHO**

**FÁBIO AUGUSTO MANETTI**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU –SP

Julho - 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITAFILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CAMPUS DE BOTUCATU

**MOMENTO DE APLICAÇÃO DE CALCÁRIO E GESSO EM UM  
LATOSSOLO VERMELHO DISTRÓFICO, NO DESENVOLVIMENTO  
INICIAL DO MILHO**

**FÁBIO AUGUSTO MANETTI**

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Energia na Agricultura).

BOTUCATU –SP  
Julho - 2005

**Dedico**

A minha mãe Maria José Gouveia, por sempre estar ao meu lado.

A Eliana Kassumi

Nishimoto, por seu amor, carinho,  
respeito e compreensão.

## **Agradecimentos**

- Primeiro a Deus, nosso Pai.
- A minha mãe Maria José Gouveia.
- Ao Prof. Dr. Dirceu Maximino Fernandes pela orientação, colaboração e amizade durante o curso e na realização deste trabalho.
- Aos funcionários, colegas de curso e professores do Departamento de Ciência do Solos.
- À Faculdade de Ciências Agrônomicas e ao curso de Pós-Graduação em Energia na Agricultura pela oportunidade da realização deste trabalho.
- Ao CNPq, pela bolsa concedida durante o curso.

**SUMÁRIO**

	Página
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE FOTOS.....	VII
1 RESUMO.....	1
2 SUMMARY .....	3
3 INTRODUÇÃO.....	5
4 REVISÃO DE LITERATURA .....	7
4.1 Importância da cultura do milho.....	7
4.2. Características do calcário e algumas de suas reações no solo.....	8
4.3. Efeitos da calagem.....	9
4.4. Caracterização do gesso .....	11
4.5. Efeitos da gessagem.....	14
4.6. Respostas do milho à aplicação do calcário e do gesso.....	16
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
5.1 Localização e caracterização de solo e clima da área experimental.....	18
5.2 Instalação e condução do experimento .....	19
5.3 Colheita, características avaliadas e análise estatística.....	23
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
6.1 pH do solo.....	24
6.2 Acidez potencial do solo.....	29
6.3 Potássio no solo.....	30
6.4 Cálcio trocável no solo.....	30
6.5 Magnésio trocável no solo.....	31
6.6 Soma de bases no solo.....	33
6.7 Extração de nutrientes pela parte aérea das plantas de milho.....	34
6.8 Parâmetros de crescimento.....	36
7 CONCLUSÕES.....	39
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Tratamentos	20
2	Resultados de análise química do solo em função dos tratamentos para a profundidade de 0-7cm. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.	26
3	Resultados de análise química do solo em função dos tratamentos para a profundidade de 7-14cm. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.	27
4	Resultados de análise química do solo em função dos tratamentos para a profundidade de 14-21cm. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.	28
5	Extração de macronutrientes, boro e zinco pela parte aérea das plantas de milho, aos 40 dias após emergência. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.	35
6	Produção de fitomassa fresca, fitomassa seca, altura da base do caule à primeira bainha e à extremidade da maior folha, diâmetro do caule e número de folhas, por tratamento. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.	37

**LISTA DE FOTOS**

<b>Foto</b>		<b>Página</b>
Foto 1	Coluna de PVC utilizada no experimento	22

## 1 RESUMO

Com a finalidade de avaliar os efeitos do momento da aplicação isolados e conjuntos do calcário e do gesso no crescimento vegetativo de plantas de milho. O experimento foi instalado em casa de vegetação e conduzido na área experimental do Departamento de Recursos Naturais – Ciência do Solo, localizado na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA da Universidade Estadual Paulista - UNESP, Câmpus de Botucatu, em um Latossolo Vermelho Distrófico, textura média, Unidade Patrulha.

Os tratamentos foram:- T1- sem calcário calcítico e sem gesso (testemunha); T2 - com calcário calcítico e sem gesso; T3 – sem calcário calcítico e com gesso; T4 – calcário calcítico aplicado 30 dias antes da aplicação do gesso; T5 - calcário calcítico aplicado 15 dias antes da aplicação do gesso; T6 – calcário calcítico aplicado junto ao momento de aplicação do gesso (mistura); T7 – calcário calcítico aplicado 15 dias após a aplicação do gesso; T8 - calcário calcítico aplicado 30 dias após a aplicação do gesso; T9 – calcário calcítico e gesso (mistura) aplicado na superfície 30 dias antes da semeadura (das); T1- sem calcário dolomítico e sem gesso (testemunha); T2 - com calcário dolomítico e sem gesso; T3 – sem calcário dolomítico e com gesso; T4 – calcário dolomítico aplicado 30 dias antes da aplicação do gesso; T5 - calcário dolomítico aplicado 15 dias antes da aplicação do gesso; T6 – calcário dolomítico aplicado junto ao momento de aplicação do gesso (mistura); T7 – calcário

dolomítico aplicado 15 dias após a aplicação do gesso; T8 - calcário dolomítico aplicado 30 dias após a aplicação do gesso; T9 – calcário dolomítico e gesso (mistura) aplicado na superfície 30 dias antes da semeadura (das). Esses tratamentos foram aplicados nos três primeiros anéis de 7,0 cm cada, totalizando 21 cm, de colunas de PVC de 49 cm de altura e 10 cm de diâmetro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial de 9x2, com quatro repetições.

As plantas foram seccionadas aos 40 dias após a emergência rente ao solo e mensuradas quanto: alturas da base do caule à primeira bainha e à extremidade da maior folha; diâmetro do caule; número de folhas por planta; fitomassas fresca e seca. Amostras da fitomassa seca foram analisadas quanto a N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn. Após o seccionamento, as colunas foram desmontadas, e amostras de solo referente a cada anel (7,0 cm) da camada de 0-21 cm foram analisadas quanto a: pH em  $\text{CaCl}_2$ , acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}$ ), P resina,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posteriormente, as médias comparadas pelo Teste Tukey a 5 % de probabilidade.

Os resultados demonstraram que os calcários (calcítico e dolomítico) elevaram o pH e reduziu o teor de Al nas camadas mais superficiais (0-21 cm); o gesso foi o responsável pela redução do alumínio trocável nas camadas mais profundas.

A calagem trinta dias antes da aplicação do gesso, junto ao momento de aplicação do gesso (mistura) e quinze dias após a aplicação do gesso elevou a produção de fitomassa fresca, seca e altura da base do caule à inserção da primeira bainha e proporcionou maior extração de N, K, Ca e Mg; o gesso isoladamente ou associado ao calcário possibilitou maior extração de S, e, para esta, houve também efeito positivo da associação para Ca, P e K.

Palavras-chave: milho, calcário calcítico, calcário dolomítico, mistura calcário mais gesso.

**REPLY OF THE MAIZE TO THE MOMENT OF APPLICATION OF LIMESTONE AND GYPSUM IN A DYSTROPHIC CLAYEY RHODIC HAPLUDOX.** Botucatu. 2005. 45p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FÁBIO AUGUSTO MANETTI

Adviser: DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

## **2. SUMMARY**

With the purpose to appraise the effects of the superposition, isolated and together, of the limestone and the gypsum in the vegetative growth of maize plants, to the forty days after the emergence, as well as in the extraction of the nutrients by the aerial portion of the plants, beyond its effects on the behavior of some chemical features from the superficial layer of the soil, was accomplished this study. The experiment had been settled and guided at the experimental area on Natural Resources Department – Soil Science, located in the Experimental Farm “Lageado”, of the “Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA – from “Universidade Estadual Paulista – UNESP, *Campus* of Botucatu, in a dystrophic clayey Rhodic Hapludox, average texture, “Unidade Patrulha”. The treatments had been defined by the moments of the applications of the two types of limestones, calcitic and dolimitic, with and without gypsum and agricultural gypsum only. These treatments had been applied in three first rings of 7,0cm each, totalizing 21cm, from PVC columns of 49cm of height and 10cm of diameter. The experimental outlining had been made in blocks, in factorial arrangement of 9x2, with four repetitions. The harvest had been made to the forty days after the emergence, having been the plants cut close to the soil and measured like: heights from the stalk’s base to the first sheath and the edge of the biggest leaf; stalk’s diameter; numbers of leaves for plants; fresh and dry matter. The matter samples had been examined as the N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn. After the harvest, the columns had been dismantled, and the soil’s samples regarding to each ring (7,0cm) from the 0-21cm layer, examined pH in CaCl<sub>2</sub>, potential acidity (H + Al), K, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and sum of the bases (SB). The acquired data had been submitted to inconstancy’s examination, and afterward, the average had been compared by the Tukey’s

Test to 5% of probability. The results had demonstrated that the limestones (calcitic and dolomitic) increased the pH; the gypsum was responsible for the leaching of calcium and magnesium; the joint application of the inputs minimized the effects of the gypsum in the leaching. The liming, thirty days before the application of the gypsum, together to the moment of the application of the gypsum (mixture) and fifteen days after the application of the gypsum increased the production of the fresh and dry matter and the base's stalk height to the insertion of the first sheath and provided the major extraction of N, K, Ca e Mg; the gypsum, isolated or associated to the limestone allowed the major extraction of S, and, for this, also had a positive effect of the association for Ca e K.

Keywords: maize, calcitic limestone, dolomitic limestone, mixture of limestone plus gypsum.

### 3- INTRODUÇÃO

O milho é o terceiro cereal mais plantado no mundo em área de cultivo (140 milhões de hectares). O Estado de São Paulo planta em média 1.250.000 hectares de milho anualmente, sendo aproximadamente 70% dessa área na safra normal e 30% na safrinha. A produtividade média brasileira está em torno de 3200 kg ha<sup>-1</sup> na safra normal e 2200 kg ha<sup>-1</sup> na “safrinha”.

Um dos fatores limitantes que podemos encontrar em muitos solos brasileiros e também do mundo é a acidez. Essa acidez pode prejudicar tanto a produtividade agrícola como o crescimento radicular, devido à presença de formas fitotóxicas de alumínio.

A maioria dos solos férteis tornou-se cada vez mais escassos. Com isso, houve a necessidade do uso de solos com baixo potencial produtivo. A acidez aumenta a disponibilidade de alumínio, diminuindo a de nutrientes. A realização da calagem nesses tipos de solos permite fornecer cálcio e magnésio, corrigindo a acidez e elevando a disponibilidade de nutrientes.

O carbonato de cálcio é um sal de baixíssima solubilidade, mas a pequena dissolução que ocorre em presença de gás carbônico é suficiente para desencadear uma série de reações que resultam na neutralização da acidez do solo (RAIJ, 1991).

O gesso agrícola tem se apresentado como um importante produto no sentido de se aliviar a toxicidade de Al<sup>3+</sup>, quando aplicado juntamente com o calcário, cujo

efeito se reserva mais à camada superficial do solo. Igualmente, o gesso propicia um melhor ambiente químico para o desenvolvimento radicular, não só pela inativação do alumínio tóxico, como também pelo fornecimento de nutrientes como o enxofre e o cálcio. Tal melhoria possibilita uma maior absorção de água e nutrientes em camadas mais profundas do solo, tornando as plantas mais resistentes a períodos relativamente prolongados de seca durante o cultivo, situação em que pode ocorrer o “ressecamento” da camada mais superficial.

Nakayama (1971), revelou que a solubilidade do gesso em geral é rápida e pode ser representada por:



Entretanto, o gesso pode apresentar alguns inconvenientes se aplicado em excesso, como à lixiviação de nutrientes para horizontes mais profundos, atuando negativamente na eficiência da adubação e onerando os custos de produção da cultura.

Esta pesquisa tem por objetivo avaliar os efeitos do momento da aplicação isolados e conjuntos do calcário e do gesso no crescimento vegetativo de plantas de milho, aos quarenta dias após emergência, bem como na extração dos macronutrientes, boro e zinco pela parte aérea das plantas de milho, além dos seus efeitos no comportamento de pH em  $\text{CaCl}_2$ , acidez potencial ( $\text{H} + \text{Al}$ ), P resina,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e soma de bases (SB).

## **4- REVISÃO DE LITERATURA**

### **4.1 Importância da cultura do milho (*Zea mays* L.)**

O milho é o terceiro cereal mais plantado no mundo em área de cultivo (140 milhões de hectares) ficando atrás apenas do arroz e do trigo, o que ressalta a importância desta cultura para o mundo (FAGERIA et al., 1997).

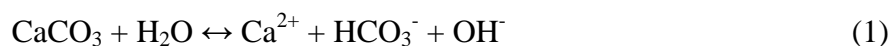
No Brasil o milho vem ocupando um lugar de destaque na produção agrícola nacional durante os últimos anos com uma produção de 36.455.945 toneladas, cerca de 44% do total de grãos produzidos no país, devido principalmente, à grande contribuição dos estados de RS, SP, MG, MT e MS (CAIRES et al., 1998).

Atualmente a cultura do milho deixou de ser cultivada somente na safra normal e vem ganhando espaço na produção do milho “safrinha”.

O Estado de São Paulo planta em média 1.250.000 hectares de milho anualmente, sendo aproximadamente 70% dessa área na safra normal e 30% na safrinha. A produtividade média brasileira está em torno de 3200 kg ha<sup>-1</sup> na safra normal e 2200 kg ha<sup>-1</sup> na “safrinha”, produtividade baixa quando comparada à alcançada pelos produtores que adotam mais tecnologia e atingem 6 a 12 t ha<sup>-1</sup> na safra normal, razão pela qual a produção de milho ainda é menor que o consumo, sendo suplementado pela importação de outros estados e/ou do exterior (FANCELLI, 2000).

## 4.2. Características do calcário e algumas de suas reações no solo

O calcário é obtido moendo-se finamente rochas que apresentam em sua composição carbonato de cálcio e/ou magnésio, e é largamente utilizado para reduzir a acidez do solo. O efeito do calcário na neutralização da acidez pode ser representado de acordo com as seguintes equações, conforme descrito por RAIJ (1991):



A adição de calcário, somente após “vencer” o efeito tampão do solo (reposição de hidrogênio na solução do solo pela fase sólida até certo limite), é que promove uma diminuição da acidez ativa ou livre expressa pelo valor de pH (medida da concentração hidrogeniônica ativa da solução do solo), o qual aumenta. Aliado a isto, ocorre um acréscimo no índice de saturação por bases (V%), devido à liberação de cátions, como o cálcio e o magnésio, que ficam na solução e retidos no complexo de troca que se correlaciona positivamente com o pH. Metodologias para cálculo de necessidade de calagem, partindo deste pressuposto, foram desenvolvidas, como a proposta por CATANI & GALLO (1955), baseada na elevação do V% a níveis adequados para o desenvolvimento de cada cultura.

QUAGGIO (1983) demonstra a relação positiva e significativa entre o pH em  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup> e o índice de saturação por bases, segundo a equação (5):

$$Y = 3,66 + 0,027 X \quad (5)$$

na qual, Y é o pH em  $\text{CaCl}_2$  0,01M e X é o índice de saturação por bases (V%).

O método empregado na recomendação de calagem para os solos do Estado de São Paulo (descrito em RAIJ et al., 1996) baseia-se nesta idéia, e tem sido de grande eficiência embora nem sempre se consiga atingir os níveis de saturação almejada com métodos baseados neste princípio.

TESCARO & PINTRO (1998), trabalhando com solo litólico distrófico, observaram que a aplicação de uma mistura de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  na relação de 3:1 ocasionou a elevação da saturação por bases aquém de níveis teoricamente preestabelecidos. Isto foi

atribuído ao alto potencial de cargas dependentes do pH no solo, o que pode fazer com que íons como o Ca e o Mg, que seriam responsáveis pela elevação da saturação por bases, passem a neutralizar cargas negativas oriundas do processo de desprotonização de radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica. Os autores afirmam ainda que pode ter havido uma alteração no equilíbrio da reação de solubilização do insumo, além da formação de hidróxidos pouco solúveis com a participação de Ca, Mg e Al.

O rendimento de matéria seca e a absorção de cálcio e de magnésio por plantas de milho, em experimento desenvolvido em casa de vegetação utilizando um Latossolo Roxo álico submetido a doses de calcário suficientes para elevar a saturação por bases a 40; 60 e 80%, em diversas relações Ca/Mg, foram objeto de estudo de OLIVEIRA (1993). Foi constatado que a aplicação de misturas de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  não elevou a saturação por bases do solo aos valores previamente estabelecidos, e as relações de Ca/Mg de 1 a 12 não interferiram no rendimento de matéria seca de milho em solo com disponibilidade de Ca e de Mg trocáveis, maiores do que, respectivamente, 23,2 e 4,2  $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

### **4.3. Efeitos da calagem**

Os efeitos da calagem de acordo com MUNSON (1982) podem se resumir em fornecimento de cálcio ou de cálcio mais magnésio; correção da acidez e aumento na disponibilidade de nutrientes com elevação do pH; diminuição da toxidez de alumínio, ferro e manganês; e diminuição da lixiviação de potássio aplicado.

A calagem é uma prática essencial para a garantia do sucesso da produtividade das culturas, tendo como benefício a neutralização da acidez do solo, o fornecimento de cálcio e magnésio e, redução a toxidez de alumínio, manganês e ferro, aumentando a disponibilidade do nitrogênio, do enxofre, do fósforo, do potássio, do boro, do cloro e do molibdênio (MALAVOLTA et al., 1997).

Para o cultivo dos solos ácidos é necessário aplicar calcário, visando elevar o pH e a saturação por bases do solo e fornecer os nutrientes cálcio e magnésio. A elevação do pH tem influência direta na redução da toxidez de alumínio e pode alterar a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas (RAIJ et al., 1997; AZEVEDO et al., 1996). Alguns autores

observaram que culturas como o milho e a soja têm apresentado respostas acentuadas à calagem, com aumento significativo de produtividade (LANTMANN et al., 1989; ERNANI et al., 1998).

A acidez é resultado da remoção de bases das camadas superficiais dos solos ocasionando a pobreza destes, independente do fato do solo ter sido originado de material pobre em elementos essenciais às plantas, ou se a perda de cátions como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , etc, foi ocasionada durante os processos de formação de cada solo. No entanto, a acidez do solo pode influir nas características físicas, químicas e biológicas deste, sendo uma das principais barreiras para a produtividade e rentabilidade da maioria das culturas. Desta maneira a calagem assume um papel imprescindível na neutralização da acidez do solo, com fornecimento de cálcio e magnésio, liberação de outros nutrientes com acréscimo do pH, propiciando um melhor desenvolvimento das plantas.

Cabe ressaltar que a neutralização da acidez independente dos ânions  $OH^-$  e  $HCO_3^-$ , é feita pelos receptores de prótons (MALAVOLTA, 1985b e RAIJ, 1988) e dentre os materiais corretivos mais empregados para diminuir a presença de elementos tóxicos tem-se o calcário calcítico e dolomítico. O calcário calcítico e o dolomítico, além de neutralizar o alumínio, fornece cálcio e magnésio ao solo, em quantidades adequadas à nutrição das plantas (VASCONCELOS, SANTOS e FRANÇA, 1982). De acordo com PEREIRA, MIGUEL e OLIVEIRA (1981) o calcário dolomítico é imprescindível na formação de cafezais, pois com a aplicação de calcário com baixos teores de magnésio, as plantas apresentam pouco vigor vegetativo, deficientes em magnésio e baixa produtividade.

A fitotoxidez do  $Al^{3+}$  manifesta-se principalmente por meio da restrição no crescimento das raízes (ERNANI & BARBER, 1991; MIYAZAWA et al., 1992; RHEINHEIMER et al., 1994), com reflexos negativos na absorção (BARBER & CHEN, 1990; ERNANI & BARBER, 1991), na translocação de nutrientes (RHEINHEIMER et al., 1994; BRACCINI et al., 1998) e na absorção de água. O P é o nutriente mais afetado, dado sua pequena mobilidade no solo em direção às raízes. Por isso, a absorção de P depende de um amplo sistema radicular e ela aumenta na razão direta do volume de solo ocupado com as raízes (BARBER & CHEN, 1990). A toxidez do Al também prejudica a absorção de P por diminuir a velocidade máxima de absorção,  $V_{máx}$ , (CASTELLS et al., 1985) e por aumentar os valores da constante de Michaelis – Mentin,  $K_m$ , (CASTELLS et al., 1985; PETRY et al.,

1994) e da concentração de P na solução abaixo da qual a absorção paralisa, C min, (PETRY et al., 1994). A translocação de P das raízes para a parte aérea é prejudicada pelo Al graças à formação de compostos insolúveis entre esses dois elementos no sistema radicular (Mc CORMICK & BORDEN, 1974). A formação de precipitados de fosfatos de ferro e de alumínio no solo também contribui para a diminuição da disponibilidade de P aos vegetais em solos muito ácidos.

O efeito positivo da calagem em aumentar a produção e melhorar a absorção de nutrientes pelo milho foi comprovado por CAMARGO et al. (1982), CAIRES et al. (1997) e ERNANI et al. (1998). No trabalho de ERNANI et al. (2002), observou-se que a calagem aumentou a produção de milho nos três anos em que foi realizado o experimento, tendo sido esse aumento maior no preparo convencional que no PD, em dois dos três anos considerados. CAIRES et al. (1997) obtiveram também resultados positivos, testando o efeito da calagem sobre a cultura do milho. Observaram aumento da produção com a incorporação do calcário, sendo significativamente superior à aplicação do calcário na superfície, sem incorporação.

No entanto, PÖTTKER & BEN (1998), CAIRES et al. (1999) e MOREIRA et al. (2001) não verificaram incremento na produção de milho com incorporação da calagem ou de métodos de aplicação de calcário em PD. De modo semelhante, o calcário, aplicado em diferentes doses, superficialmente com e sem incorporação, influi nas características químicas no perfil do solo, mas não altera o rendimento da seqüência de culturas de verão utilizada (soja-soja-milho-soja). Por sua vez, a ausência de variações no status nutricional das culturas em resposta à calagem, em diferentes sistemas de cultivo, foi observada por CAIRES et al. (1998) e MOREIRA et al. (2001).

#### 4.4. Caracterização do gesso

Segundo MALAVOLTA (1985), gesso agrícola ou fosfogesso ou simplesmente gesso, é um subproduto da indústria do ácido fosfórico e parte integrante do superfosfato simples (SPS), que é uma mistura de partes aproximadamente iguais de fosfato monocalcico e de gesso. No processo de obtenção do ácido fosfórico a partir da apatita, é produzido o gesso como subproduto, e pode ser descrito segundo a reação (6):

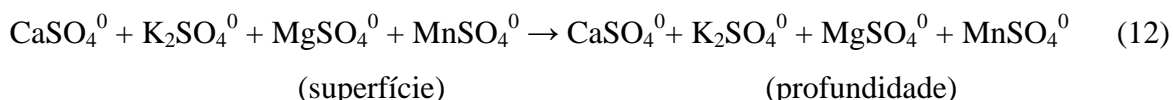
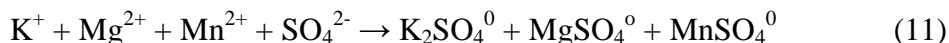
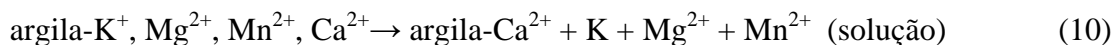
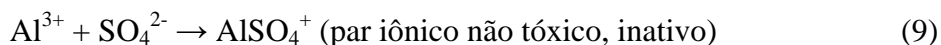


apatita	ácido	água	gesso	ácido	ácido
	sulfúrico		agrícola	fosfórico	fluorídrico

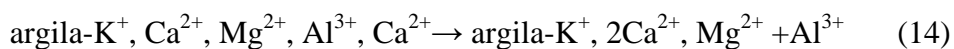
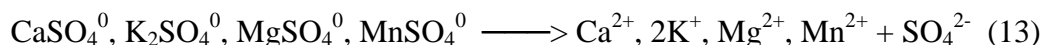
Para cada tonelada de ácido fosfórico, são produzidas, em média, 5,5 toneladas de gesso agrícola.

O comportamento do gesso no solo foi descrito por PAVAN & VOLKWEISS (1986) por meio de equações químicas, compreendendo dissolução e dissociação na camada superficial do solo (7), reações de troca nesta camada (8), “neutralização” do  $Al^{3+}$  (9), outras reações de troca na camada superficial (10), formação de pares iônicos (11), lixiviação (12), dissociação em profundidade (13), reação de troca em profundidade (14) e neutralização do Al em profundidade (15).

$H_2O$



$H_2O$



A principal função do gesso é a “correção” da acidez trocável, através da formação de um par iônico entre  $Al^{3+}$  e o ânion  $SO_4^{2-}$ . Diferentemente do calcário, o gesso atua em subsuperfície, reduzindo os efeitos fitotóxicos do alumínio, além de promover o fornecimento de S, conforme demonstraram CERQUEIRA LUZ & VITTI (1998) em plantas de citros.

O gesso agrícola pode ser aplicado superficialmente, pois se movimenta no perfil do solo com a influência da umidade. Como resultado da melhoria do subsolo, as raízes são capazes de desenvolver-se em maior profundidade, permitindo maior eficiência de absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, maior tolerância a veranicos (CAIRES et al., 1998).

CARVALHO et al. (1986) verificaram que o efeito da adição de gesso no cultivo de milho é mais marcante quando há déficit hídrico, do que com suprimento adequado de água. SOUZA & RITCHEY (1986), trabalhando com Latossolo Vermelho-Escuro álico, constataram que com o uso de 6,0 t ha<sup>-1</sup> de gesso, houve produção de grãos de milho 68% maior, quando comparada com a testemunha, após 25 dias de deficiência hídrica.

Conforme já comentado por QUAGGIO et al. (1982), MALAVOLTA (1983) e PAVAN et al. (1984), a associação da aplicação de gesso com doses de calcário dolomítico parece ser a prática mais apropriada para o tratamento de solos com concentração de Al tóxico. Assim, essa prática além de reduzir o Al<sup>3+</sup> em profundidade e prevenir possíveis desequilíbrios entre as bases do solo, dispensará também a necessidade de incorporação profunda da mistura, uma vez que conforme demonstrado por PAVAN et al. (1984) a precipitação é suficiente para promover a “lixiviação” do gesso para o subsolo.

Calcário e gesso aumentaram a absorção de água, nitrogênio e potássio, conforme relataram CARVALHO & RAIJ (1997), além de propiciarem aumento na produção de matéria seca de plantas de milho, em vários solos do Estado de São Paulo. CERQUEIRA LUZ & VITTI (1998) relataram que a aplicação de gesso promoveu uma elevação nos teores de Ca e redução nos teores de Mg em plantas de citros. Na cultura do feijoeiro, GALON et al. (1996) relatam os efeitos do gesso, aumentando os teores de Ca nos grãos e a associação calcário-gesso elevando o teor de S nas folhas e aumentando o peso de 100 grãos.

A incorporação mais profunda de calcário aumentou a produção de matéria seca de soja e de milho, e o gesso, quando aplicado superficialmente, aumentou a produção apenas no segundo e terceiro anos (HAMMEL et al., 1985).

Em experimento conduzido em casa de vegetação, com dois tipos de solo, de diferentes texturas, GUILHERME (1985) relatou a interação positiva e significativa entre o calcário calcinado e o gesso (proporção 70:30) na cultura do milho e na sucessão soja e trigo. Entretanto, CONTIERO (1995) observou que a aplicação de calcário mostrou-se superior à

adição da mistura calcário + gesso e somente gesso, quando trabalhou com Latossolo Vermelho-Escuro textura média, e a cultura da cana-de-açúcar. Isto mostra que a aplicação de gesso, mesmo em conjunto com calcário, pode ou não resultar em efeitos desejáveis na produtividade da cultura, estando tal fato ligado a fatores do solo e da própria planta.

O efeito residual da aplicação de gesso foi relatado por VILELA et al. (1995) que, trabalhando em um Latossolo Vermelho-Escuro com a rotação milho-soja, notaram efeitos de uma única aplicação de gesso na produção por um período de oito anos, enfocando o fornecimento de S.

#### **4.5. Efeitos da gessagem**

A utilização do calcário, visando à correção de acidez do solo, além de apresentar limitações de ordem econômica, não resolve satisfatoriamente os problemas de ordem química, como a toxidez de alumínio e a deficiência de cálcio das camadas subsuperficiais do solo, que interferem no crescimento normal do sistema radicular, dificultando a melhor exploração da água e dos nutrientes do solo.

Um dos trabalhos pioneiros em nível de campo, elucidando o uso de gesso agrícola, foi o de RITCHEY et al. (1980), avaliando um ensaio de fosfato, instalado em Latossolo-Vermelho-Escuro no centro de pesquisa agropecuária do cerrado (CPAC, EMBRAPA). Estes autores observaram após a ocorrência de um veranico, que nas parcelas tratadas com superfosfato triplo, as plantas de milho estavam murchas enquanto que nas parcelas tratadas com superfosfato simples, estas estavam túrgidas. Avaliando o experimento com mais detalhes, foi observado que nos tratamentos que receberam superfosfato simples, o sistema radicular estava mais profundo possibilitando uma maior absorção de água das camadas da superfície. Além desse fato, foi observado também que o solo continha mais cálcio e menos alumínio nas camadas inferiores. Portanto estes efeitos benéficos sobre a cultura do milho foram atribuídos ao gesso, contido no superfosfato simples o que o difere do superfosfato triplo. Com isso, muitos trabalhos vem sendo realizados visando elucidar os mecanismos envolvidos na reação deste material em solo ácido, no intuito de surgir uma nova técnica de correção do ambiente pouca favorável ao desenvolvimento de raízes.

O gesso pode ser encontrado na forma de materiais minerados ou como subproduto da fabricação de ácidos fosfórico (SHAINBERG et al., 1989 e ALCORDO e RECHCIGL, 1993). A forma minerada ocorre como dihidratada,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; hemihidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  e a anidrata,  $\text{CaSO}_4$  (DONER e LYNN, 1989).

A lixiviação do gesso no solo é mais rápida do que a do calcário em decorrência da maior solubilidade do gesso, mas é necessário conhecer as propriedades do solo que a afetam, para que seja possível controlar o processo de forma a manter o sal em profundidade que estejam ao alcance das raízes (RAIJ, 1988) estudos em coluna de solo foram abordados por REEVE e SUMMER (1972); ALVES (1984); PAVAN, BINGHAM e PRATT (1984); e SHAINBERG et al. (1989) e na maior parte dos estudos, as respostas encontradas são similares aos estudos de campo, isto é, decréscimo de alumínio trocável e aumento de cálcio trocável nas camadas superficiais.

A magnitude do efeito do gesso sobre a lixiviação de cátions tem diferido significativamente entre outros. No caso de solos arenosos de baixa fertilidade e baixos teores de matéria orgânica, doses de gesso acima de 5,0 t/ha tem causado efeitos negativos em culturas devido a uma remoção preferencial de magnésio da camada superior do perfil (SHAINBERG et al., 1989 e ALCORDO e RECHEIGL, 1993). Em alguns experimentos a lixiviação já ocorre a partir de doses inferiores a 2,0 t/ha (QUAGGIO, DECHEN e RAIJ, 1982 e ROSOLEM e MACHADO, 1984); noutros, ele só se inicia acima de 10,0 t/ha. As razões dessas diferenças entre os solos ainda não foram completamente esclarecidas, mas podem estar associadas à energia de ligação de cátions com as partículas de solo, à preferência pela formação de íons pareados com o sulfato e à relação quantidade/intensidade (Q/I) de cada nutriente no solo. Com isso, uma preocupação, é evitar excesso para prevenir lixiviação.

Vários pesquisadores recomendam o uso de gesso em combinação com o calcário (VITTI, 1988; ALCARDE, 1988 e RAIJ et al., 1994). A associação do gesso com o calcário magnésiano ou dolomítico constitui-se numa forma de minimizar possíveis desbalanços nutricionais, em termos de magnésio trocável. A combinação desses insumos minimiza também possíveis perdas de magnésio e potássio, sendo que o calcário atua mais nas camadas superficiais e o gesso nas inferiores, portanto o gesso não substitui o calcário, ou seja, o efeito de ambos se complementam (GUIMARÃES e LOPES, 1984).

DIAS et al. (1984), em um ensaio conduzido em colunas de PVC de 10 cm de diâmetro e 30 cm de altura, utilizando um Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, com calcário e gesso aplicados somente nos primeiros 5 cm da coluna de solo, notaram que a aplicação de gesso equivalente em Ca a  $3,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  propiciou um aumento no valor de pH em  $\text{H}_2\text{O}$  de 4,4 para 5,0 em subsuperfície.

Diversos trabalhos desenvolvidos a respeito do uso combinado de calagem e gessagem, visando a correção das camadas subsuperficiais simultaneamente à melhoria do ambiente radicular das plantas em profundidade; portanto não há dúvidas da necessidade de se avaliar a interação gesso/calcário no que se refere à movimentação de cátions, nutrição mineral e produção de culturas.

#### **4.6. Respostas do milho à aplicação do calcário e do gesso**

A cultura do milho é altamente responsiva à calagem. RAIJ et al. (1983), verificou que o milho responde e doses de calcário superiores àquela necessária para neutralizar o alumínio trocável. As respostas à 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.

NOGUEIRA & MOZETO (1990), ao estudarem interações químicas do sulfato e carbonato de cálcio em seis solos do Estado de São Paulo, constataram que a combinação gesso calcário, especialmente nos solos mais ácidos, foi a responsável por uma menor perda de Mg e K, o que, segundo estes autores, pode ocasionar uma redução nos desequilíbrios nutricionais em comparação ao que ocorre com a aplicação isolada de gesso.

SHAMSHUDDIN et al. (1991) relatam que, em um ultissolo, o cálcio ficou na camada de incorporação (0-15) com a realização da calagem, em doses que variam entre 0 e  $2 \text{ t ha}^{-1}$ . Com a aplicação de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, o cálcio deslocou-se para a camada de 15-30 cm,

comprovado pelo aumento da concentração de cálcio na solução do solo, em termos médios, de 1,22 mmol para 3,22 mmol.

Em estudo conduzido em colunas em que empregaram solos do Estado de Santa Catarina, VIEIRA et al. (1997) observaram que, após a percolação de água por um período de 12 semanas, o gesso aumentou linearmente os teores de Ca trocável, mas não alterou os de Mg e de K e os valores de pH. Verificaram também que o gesso lixiviou Ca e Mg nos diversos solos estudados, e que o K foi lixiviado somente nos solos muito arenosos. O teor de areia foi o parâmetro de solo que mais se associou com as perdas de nutrientes provocadas pelo gesso.

A aplicação de 2 t ha<sup>-1</sup> de calcário magnesiano em conjunto com doses variando entre 1 e 2 t ha<sup>-1</sup> de gesso resultou em maior produção de matéria seca de milho, segundo ISMAIL et al. (1993), em condições em que foi observado aumento na concentração de Al nas folhas de milho quando a concentração no solo foi também aumentada.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Localização e caracterização de solo e clima da área experimental

O presente estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Recursos Naturais (Área de Ciência do Solo) da Faculdade de Ciências Agrônômicas – FCA, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Câmpus de Botucatu – SP (22° 51' 03'' de latitude sul, 48° 26' 37'' de longitude oeste, e 786m de altitude), cuja classificação climática de Köeppen é definida como Cwa – clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão, inverno seco, e temperatura média do mês mais quente superior a 22° C. A temperatura média anual é de 20,6° C, com temperatura média do mês mais quente de 23,2° C e do mês mais frio de 16,9° C. A precipitação média anual é de 1447 mm, com média de precipitação no mês mais chuvoso de 223,4 mm e no mês mais seco de 37,8 mm.

O solo utilizado no experimento foi um Latossolo Vermelho Distrófico, retirado ao lado do Departamento de Recursos Naturais/Área de Ciência do Solo, na profundidade de 0-20 cm, cuja análise granulométrica, feita segundo metodologia de CAMARGO et al. (1986), apresentou 113 g kg<sup>-1</sup> de argila, 38 g kg<sup>-1</sup> de silte, 395 g kg<sup>-1</sup> de areia fina e 454 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, ou seja, textura arenosa (Foto 1). A análise química para fins de avaliação da fertilidade do solo, feita segundo descrito em RAIJ et al. (1983), apresentou os seguintes resultados: pH em CaCl<sub>2</sub> = 3,9; M.O. = 16 g dm<sup>-3</sup>; P<sub>resina</sub> = 1 mg dm<sup>-3</sup>; Al<sup>3+</sup> = 5

$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H+Al} = 47 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{K} = 0,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Ca} = 2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{Mg} = 1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{SB} = 3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{CTC} = 50 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{V}\% = 7 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{S} = 8 \text{ mg dm}^{-3}$ .

## 5.2 Instalação e condução do experimento

Foram utilizados cinco tipos de materiais: calcário calcítico, calcário dolomítico, calcário calcítico mais gesso (mistura), calcário dolomítico mais gesso (mistura) e gesso agrícola nas seguintes proporções, respectivamente: 8,5 CaO:1 MgO; 2,0 CaO:1 MgO; 9,5 CaO: 1 MgO; 3,0 CaO: 1 MgO. O gesso utilizado foi o mesmo da mistura que continha em sua composição 20% de Ca, 15,4% de S e 26% de água. A necessidade de gesso foi definida:  $\text{NG} = 6 \times \text{teor de argila} \rightarrow \text{NG} = 6 \times 113 = 678 \text{ kg/ha}$  ou 0,53 g/vaso. A de calcário foi para elevar o V% a 70: calcário calcítico = 3,34 t/ha ou 2,6 g/vaso; calcário dolomítico = 3,34 t/ha ou 2,6 g/vaso; calcário calcítico mais gesso = 3,34 t/ha ou 2,6 g/vaso; calcário dolomítico mais gesso = 3,34 t/ha ou 2,6 g/vaso.

Na adubação de semente foram adicionados, utilizando-se reagentes p.a., nas seguintes quantidades: 70  $\text{mg dm}^{-3}$  de N na forma de uréia; 150  $\text{mg dm}^{-3}$  de P na forma de superfosfato triplo; 50  $\text{mg dm}^{-3}$  de K na forma de cloreto de potássio (com base na análise química do solo). Após a adubação, o solo foi devolvido à coluna.

A Capacidade de Campo (C.C.) foi mantida a 60%, ideal para a cultura do milho. Capacidade essa mantida com pesagens e posterior adição de água nas colunas.

Resposta da análise feita nos materiais utilizados no experimento:

	CaO	MgO	PN	Reat	PRNT	Pen. 10	Pen. 20	Pen. 50	Um. %
Calc. Dolomítico	39,0	18,0	110,0	85,62	94,19	0,0	4,63	26,68	2,0
Calc. Calcítico	43,0	5,0	100,0	93,93	93,93	0,0	1,02	13,14	3,0
C. Calc. + Gesso	38,0	4,0	68,0	94,41	64,20	0,0	2,30	9,22	3,5
C. Dolo. + Gesso	35,0	12,0	72,0	91,24	65,70	0,0	1,64	18,62	3,4

Os tratamentos foram definidos pelos momentos de aplicação dos dois tipos de calcário, com e sem gesso e somente gesso agrícola. Esses tratamentos foram aplicados nos

três primeiros anéis de 7,0 cm cada, totalizando 21 cm. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial de 9x2, totalizando 18 tratamentos e quatro repetições.

Tabela 1 – Tratamentos

<b>Calcário Calcítico</b>	<b>Calcário Dolomítico</b>
<b>T1 – Sem calagem e sem gesso (só N, P, K)</b>	<b>T1 – Sem calagem e sem gesso (só N, P, K)</b>
<b>T2 – Com calagem e sem gesso</b>	<b>T2 – Com calagem e sem gesso</b>
<b>T3 – Sem calagem e com gesso</b>	<b>T3 – Sem calagem e com gesso</b>
<b>T4 – Calagem 30 dias antes da aplicação de gesso</b>	<b>T4 – Calagem 30 dias antes da aplicação de gesso</b>
<b>T5 – Calagem 15 dias antes da aplicação de gesso</b>	<b>T5 – Calagem 15 dias antes da aplicação de gesso</b>
<b>T6 – Calagem aplicada junto ao momento da aplicação de gesso (mistura)</b>	<b>T6 – Calagem aplicada junto ao momento da aplicação de gesso (mistura)</b>
<b>T7 – Calagem aplicada 15 dias após a aplicação de gesso</b>	<b>T7 – Calagem aplicada 15 dias após a aplicação de gesso</b>
<b>T8 – Calagem aplicada 30 dias após a aplicação de gesso</b>	<b>T8 – Calagem aplicada 30 dias após a aplicação de gesso</b>
<b>T9 – Calcário e gesso (mistura) aplicado na superfície 30 dias antes da semeadura</b>	<b>T9 – Calcário e gesso (mistura) aplicado na superfície 30 dias antes da semeadura</b>

A coluna de PVC, com 10 cm de diâmetro, foi composta de 7 anéis de 7 cm de altura, sobrepostos e unidos com fita adesiva (Foto 1). Ao anel superior, deixou-se 1,0 cm sem solo para impedir eventual extravazamento de água quando da irrigação. No fundo de cada anel inferior, foi utilizada uma manta de poliéster (Bidim) para se evitar a perda de partículas de solo.

Porções de 2 kg de solo (3 anéis superiores ou 21 cm) receberam os seguintes tratamentos: dia 01/11/2003 foi aplicado gesso em cobertura (tratamento 8) e posterior

molhamento (umidade 60% da capacidade de retenção ou solo + coluna + água = 6130g ) e submetidos à incubação até a semeadura (dois meses). Após 15 dias (16/11/2003), aplicou-se gesso em cobertura (tratamento 7) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (45 dias). Esperou-se mais 15 dias (01/12/2003) para a incorporação do NPK (tratamento 1) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se calcário e NPK (tratamento 2) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se NPK e aplicou gesso em cobertura (tratamento 3) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se calcário e NPK (tratamento 4) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se calcário e NPK (tratamento 5) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se calcário + gesso (mistura) e NPK (tratamento 6) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se calcário e NPK (tratamento 7) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se calcário e NPK (tratamento 8) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia (01/12/2003) incorporou-se NPK e aplicou-se calcário + gesso (mistura) em cobertura (tratamento 9) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (30 dias); dia 16/12/2003 foi aplicado gesso em cobertura (tratamento 5) e posterior molhamento (umidade 60%) e submetidos à incubação até a semeadura (15 dias); dia 31/12/2003 realizou-se a aplicação de gesso em cobertura no tratamento 4, posteriormente realizou-se a semeadura em todos os tratamentos e molhamento para manter a umidade à 60%. Já os outros 4 anéis inferiores (de 7,0 cm cada) receberam o solo original.

O experimento foi dividido em quatro blocos (4 repetições), sendo que algumas colunas de cada repetição foram pesadas diariamente para se ter uma média de quanto adicionar-se-ia de água para que o solo atingisse sua capacidade de retenção de água, previamente determinada.



Foto 1: Coluna de PVC utilizada no experimento

O híbrido de milho utilizado no experimento foi o DKB 333B, indicado para alta tecnologia, de ciclo semi-precoce e muito sensível à presença de alumínio fitotóxico. Foram utilizadas sete sementes por coluna, e as plantas emergiram três dias após a semeadura (02 janeiro de 2004). Aos quatro dias após a emergência, foi feito o primeiro desbaste, deixando-se quatro plantas por coluna. Aos sete dias após a emergência, realizou-se outro desbaste deixando agora com três plantas por coluna e aos onze dias após a emergência, outro desbaste, deixando-se duas plantas em definitivo.

A adubação de cobertura foi realizada 15 dias após a emergência, constando de  $150 \text{ mg dm}^{-3}$  de N na forma de uréia e  $75 \text{ mg dm}^{-3}$  de K na forma de cloreto de potássio. Aos 22 dias após a emergência, foi realizada uma segunda adubação de cobertura, desta vez  $75 \text{ mg dm}^{-3}$  de K na forma de cloreto de potássio.

### 5.3 Coleta da parte aérea, características avaliadas e análise estatística

A coleta foi feita aos 40 dias após a emergência, sendo as plantas cortadas rente ao solo, mensuradas quanto: alturas da base do caule à primeira bainha (cm) e à extremidade da maior folha (cm), utilizando régua milimetrada; diâmetro do caule (cm) utilizando paquímetro digital; número de folhas por planta; determinada a massa em balança (precisão de 0,1 g) para obtenção da fitomassa fresca. Em seguida, lavadas em água corrente, com solução de detergente neutro ( $1\text{ mL L}^{-1}$  de água) e com água deionizada, e posteriormente, levadas para estufa de circulação forçada, com temperaturas entre 65 e 70° C, na qual permaneceram até peso constante. A matéria seca obtida foi mensurada e em seguida moída em moinho tipo Willey, peneira com malha de 20 mesh. As amostras foram analisadas quanto a extração de N, P, K, Ca, Mg, S, B e Zn, segundo metodologia descrita por MALAVOLTA et al. (1997).

Após a colheita, as colunas foram desmontadas e a porção de solo referente a cada anel (7,0cm) da camada de 0-21 cm, foram colocadas para secagem sendo posteriormente peneiradas em peneira com malha de 2 mm e em seguida, obteve-se a amostra de trabalho para serem submetidas à análise de pH, H + Al, P, K, Ca, Mg e SB, segundo a metodologia adaptada de RAIJ et al. (2001), junto ao Laboratório de Fertilidade do Solo – DRN / FCA / UNESP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posteriormente, as médias comparadas pelo Teste Tukey a 5 % de probabilidade.

## **6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos estão apresentados na forma de tabelas, onde as médias seguidas de mesmas letras maiúsculas na coluna ou de mesma letra minúsculas nas linhas não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. A ausência de letras no interior das tabelas indica que não ocorreram diferenças significativas. Na base de cada tabela estão indicados os valores de 'F' obtidos na análise de variância (\*, \*\* e NS – significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente), bem como o coeficiente de variação (CV).

Nas Tabelas 2, 3 e 4, encontram-se os dados referentes aos efeitos do calcário (calcítico e dolomítico) e do gesso sobre pH, H + Al, P, K, Ca, Mg e SB, avaliados no solo após a colheita das plantas e desmontagem das colunas para as diferentes profundidades (0-7, 7-14, 14-21 cm, respectivamente).

### **6.1 pH do solo**

Observa-se que, na profundidade de 0 – 7cm, houve efeito expressivo da aplicação do calcário calcítico para o tratamento em que foi aplicado a mistura na superfície 30 dias antes da semeadura, apresentando maiores valores de pH em relação aos demais tratamentos, independente da aplicação ou não dos corretivos, de épocas e formas de aplicação, conforme

observado por Martins et al (1997). Quanto ao dolomítico, os tratamentos menos eficazes em elevar os valores de pH foram os que não se efetuou a calagem (Tratamentos 1 e 3). Isso pode ser atribuído diretamente à composição do calcário calcítico que é rico no elemento cálcio.

O pH do solo foi afetado pelos tipos de calcário apenas nas profundidades de 0-7 e de 7-14cm, nos tratamentos com apenas aplicação de calcário (tratamento 2) e aplicação da mistura 30 dias antes da semeadura (tratamento 9) e calagem quinze dias antes da aplicação de gesso (tratamento 5) e quinze dias após a aplicação de gesso (tratamento 7) da semeadura, respectivamente (Tabelas 2 e 3). Pode-se observar que, o maior valor observado foi para a mistura aplicada em superfície 30 dias (Tratamento 9) e para somente calagem (Tratamento 2) para os calcários calcítico e dolomítico, respectivamente. Alcarde et al (1989), trabalhando com tipos de calcário e seus efeitos sobre o pH do solo, observaram que após um período de incubação de 90 dias, o tratamento com utilização de calcário calcítico apresentou um ligeiro decréscimo de pH quando comparado com o dolomítico. Os mesmos atribuem este fato ao calcário calcítico conter em sua composição bases fortes (óxidos e hidróxidos), neste caso, mais solúveis.

Na profundidade de 7-14cm (Tabela 3), nota-se que houve efeito expressivo da aplicação do calcário calcítico apenas para valores de pH e teores de K, em relação ao outro material. Em relação aos valores de CTC e teores de H + Al e Mg, observa-se que o calcário dolomítico proporcionou maiores valores que o calcítico, devido à presença do Mg na composição do calcário. Já para os teores de Ca e valores de SB não constatou-se efeito significativo entre os calcários.

Para a profundidade de 14-21cm não houve efeito significativo dos tipos de calcário sobre os valores de pH da solução do solo, independente dos tratamentos (Tabela 4). Mas pode-se observar pelas médias dos tipos de calcário ao final do experimento, independente do tratamento aplicado, que houve um efeito significativo no aumento do pH quando se utilizou o calcário calcítico (Tabelas 2, 3 e 4), nas camadas analisadas.

**Tabela 2.** Resultados de análise química do solo em função dos tratamentos para a profundidade de 0-7cm. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.

Calcários	Tratamentos									Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	pH (CaCl <sub>2</sub> )									
Calcítico	4,3c	5,0Bb	4,3c	5,2b	5,2b	5,1b	5,2b	5,2b	5,7Aa	5,0A
Dolomítico	4,4b	5,2Aa	4,2b	5,2a	5,2a	5,0a	5,1a	5,0a	5,1Ba	4,9B
	H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
Calcítico	34a	26b	35Ba	24bc	23bc	26b	24bc	24bc	19Bc	26B
Dolomítico	36a	26b	41Aa	26b	25b	29b	26b	27b	29Ab	29A
	Presina (mg dm <sup>-3</sup> )									
Calcítico	46Ab	59Aab	52Aab	65Aa	59Aab	61Aab	68Aa	64Aa	56Aab	59A
Dolomítico	52Aa	55Aa	55Aa	59Aa	58Aa	60Aa	63Aa	59Aa	59Aa	58A
	K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
Calcítico	3,8a	1,7b	3,2Aa	1,5b	1,4b	1,2b	1,6Ab	1,3b	3,1a	2,1A
Dolomítico	4,0a	1,1c	2,5Bb	1,1b	0,9c	1,2c	1,0Bc	1,0c	2,8b	1,7B
	Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
Calcítico	3,2b	17,0a	3,7b	22,7a	18,0a	19,2a	21,2a	20,0a	23,5Aa	16,5A
Dolomítico	3,2b	15,2a	5,5b	18,5a	20,0a	19,7a	17,7a	18,2a	15,5Ba	14,8B
	Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
Calcítico	0,2b	3,5Bab	0,5b	5,7Ba	3,2Bab	3,2Bab	3,5Bab	5,7a	3,7Bab	3,3B
Dolomítico	1,0b	9,5Aa	0,7b	10,2Aa	10,2Aa	10,2Aa	10,0Aa	7,5a	7,7Aa	7,4A
	SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )									
Calcítico	7,7b	22,2a	7,7b	30,2a	22,7Ba	23,2Ba	26,5a	27,0a	30,5a	22,0
Dolomítico	8,0b	26,0a	8,5a	30,0a	31,7Aa	31,2Aa	28,7a	27,0a	26,5a	24,2
	Valores de F									
		pH	H + Al	Presina	K	Ca	Mg	SB		
Calcário (C)		*	*	*	*	**	*			NS
Tratamentos (T)		*	*	**	*	*	*			*
Interação (C) x (T)		*	*	*	NS	NS	*			NS
C.V. (%)		2	9	12	23	22	38			22

**Tabela 3.** Resultados de análise química do solo em função dos tratamentos para a profundidade de 7-14cm. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.

Calcários	Tratamentos									média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
pH (CaCl <sub>2</sub> )										
Calcítico	3,7bc	4,0abc	3,7bc	4,2ab	4,3Aa	4,1abc	4,4 Aa	4,3 a	4,1 abc	4,1 A
Dolomítico	3,7a	4,0a	3,7a	3,9a	4,0Ba	4,0a	4,0Ba	4,0a	4,0a	3,9B
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	49a	41 ab	46 Bab	37 Bb	37b	42 ab	39 ab	38 ab	41 ab	41 B
Dolomítico	48 ab	41 b	56Aa	46Aab	41 b	46 ab	45 b	44 b	42 b	46 A
Presina (mg dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	18 Aa	11 Aa	14 Aa	11 Aa	12 Aa	13 Aa	6 Aa	12 Aa	15 Aa	12 A
Dolomítico	11 Aa	10 Aa	12 Aa	8 Aa	11 Aa	6 Aa	7 Aa	10 Aa	13 Aa	10 A
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	1,0a	0,8a	0,7a	1,3a	1,2a	0,9a	0,7a	1,0a	1,4a	1,0A
Dolomítico	0,8a	0,9a	0,5a	0,8a	0,8a	0,6a	0,7a	0,8a	0,8a	0,7B
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	2,0cd	4,7 abc	1,7 d	5,2 ab	5,7 a	6,0 a	5,5 ab	6,0 a	2,7 bcd	4,4
Dolomítico	1,7 c	4,2 abc	3,0 abc	4,5 abc	4,2 abc	5,5 a	5,0 ab	5,7 a	2,2 bc	4,0
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	0,5 b	1,0 Bab	0,2 ab	1,7 Ba	1,0 Bab	1,0 Bab	1,0 Bab	1,7 a	0,5 ab	0,9 B
Dolomítico	0,5 b	2,5 Ab	0,2 b	2,7 Aa	2,5 Aa	2,2 Aa	3,0 Aa	2,5 a	0,5 b	1,7 A
SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	3,5 c	6,5 abc	3,2 c	8,2 a	7,7 ab	7,7 ab	7,2 ab	8,2 a	4,5 bc	6,3
Dolomítico	3,0 b	8,0 a	4,2 b	8,0 a	8,0 a	8,5 a	8,7 a	8,7 a	3,7 b	6,7
Valores de F										
		pH	H + Al	Presina	K	Ca	Mg	SB		
Calcário (C)		*	*	*	*	NS	*	NS		
Tratamentos (T)		*	*	*	NS	*	*	*		
Interação (C) x (T)		NS	NS	*	NS	NS	*	NS		
C.V. (%)		5	11	51	41	30	52	23		

**Tabela 4.** Resultados de análise química do solo em função dos tratamentos para a profundidade de 14-21cm. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.

Calcários	Tratamentos									Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
pH (CaCl <sub>2</sub> )										
Calcítico	3,7b	3,8ab	3,8ab	3,9ab	4,0a	3,9ab	3,9ab	4,0a	3,9ab	3,9A
Dolomítico	3,7a	3,9a	3,7a	3,9a	3,9a	3,8a	3,8a	3,9a	3,8a	3,8B
H+Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	48a	42a	44a	44a	43a	44a	43Ba	42a	44a	44
Dolomítico	47a	44a	47a	43a	43a	48a	49Aa	45a	43a	45
Presina (mg dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	6 Aa	9 Aa	1 Aa	3 Aa	3 Aa	7 Aa	5 Aa	2 Aa	3 Aa	5 A
Dolomítico	2 Aa	2 Ba	2 Aa	2 Aa	2 Aa	3 Aa	1 Aa	1 Aa	2 Aa	2 B
K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	0,8a	1,1a	0,5a	0,9a	0,6a	0,9a	1,0a	0,8a	0,8a	0,8A
Dolomítico	0,5a	0,8a	0,5a	0,9a	0,7a	0,6a	0,9a	0,7a	0,6a	0,7B
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	1,7a	2,7a	1,7Ba	2,2a	2,5a	3,7a	2,5a	2,2a	2,7a	2,4
Dolomítico	1,7a	2,5a	4,0Aa	2,2a	2,0a	3,5a	2,7a	2,5a	2,0a	2,5
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	0,7a	0,7a	0,5a	1,0Ba	0,7Ba	1,0Ba	0,5Ba	0,7a	0,5a	0,7B
Dolomítico	0,5c	1,2abc	0,7bc	1,7Aab	1,7Aab	2,0Aa	1,5Aabc	1,0abc	0,7bc	1,2A
SB (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )										
Calcítico	3,2a	4,7a	2,7Ba	4,2a	4,0a	5,2a	4,2a	3,5a	4,0a	4,0
Dolomítico	3,0b	4,5ab	5,0Aab	5,0ab	5,0ab	6,0a	5,0ab	4,2ab	3,5ab	4,5
Valores de F										
		pH	H+Al	Presina	K	Ca	Mg	SB		
Calcário (C)		**	NS	**	**	NS	*	NS		
Tratamentos (T)		*	NS	*	*	**	*	**		
Interação (C) x (T)		NS	NS	*	NS	NS	NS	NS		
C.V. (%)		2	10	33	32	39	52	30		

Na profundidade de 14 – 21cm, houve efeito expressivo da aplicação do calcário calcítico para valores de pH e teores de P e K em relação ao calcário dolomítico, conforme observado por Quaggio et al (1985). Em relação aos valores de Mg, observa-se que o calcário dolomítico superou o calcítico, devido à presença do Mg na composição do calcário. Para os valores de SB, teores de H + Al e Ca, não observou-se efeito significativo entre médias de tratamentos dos calcários.

Martins et al (2002), estudaram a influência nas alterações químicas ocorridas na parte superior do perfil do solo após aplicação de doses de diferentes misturas de calcário e gesso, em um latossolo vermelho álico, cultivada com as culturas da soja e trigo. Verificaram que o calcário foi muito eficiente em elevar o pH do solo apenas nas camadas superficiais e aumento linear em profundidade com o aumento da percentagem de gesso na mistura corretiva.

De acordo com o observado, pode-se inferir que os tipos e tratamentos aplicados revelaram pequena reação observando-se pequena eficiência na correção da acidez do solo, mesmo na camada mais superficial.

## **6.2 Acidez potencial do solo**

Nas tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os resultados da acidez potencial do solo (H+Al), para as profundidades estudadas. Verificou-se que houve diferença significativa para os tratamentos, sendo que o sem aplicação de calcário e gesso (tratamento 1) e somente aplicação de gesso (tratamento 3), foram os menos eficientes em reduzir a acidez potencial na camada de 0-7cm. Na camada de 7-14cm, houve diferença entre os tratamentos testemunha e somente gessagem com relação aos demais tratamentos independente da fonte de calcário utilizada. Observa-se que não houve diferença entre a eficiência dos calcários na correção da acidez do solo, na terceira camada analisada.

Para tipos de calcário houve diferença significativa apenas para os tratamentos com aplicação de gesso e mistura superficial 30 DAS (tratamentos 3 e 9), somente gessagem e calagem 30 DAG (tratamentos 3 e 8) e calagem 15DDG (tratamento 7) para as profundidades de 0-7, 7-14 e 14-21cm, respectivamente. Havendo maior correção da acidez

potencial do solo quando da utilização do calcário calcítico. Quaggio et al (1985), estudaram a eficiência de calcários com diferentes teores de magnésio, em um Cambissolo álico, com as culturas da batatinha, triticale e milho. Verificaram que não houve diferença entre a eficiência dos tipos de calcário na correção da acidez do solo. Observaram grande diferença entre os tipos de calcário em relação aos teores de cálcio e magnésio do solo.

### **6.3 Potássio no solo**

Para potássio no solo, houve diferença significativa apenas para os tratamentos 1, 3 e 9 (sem calagem e gessagem, somente gessagem e mistura superficial 30 DAS) em relação aos demais tratamentos, que apresentaram menores valores de potássio trocável no solo quando da aplicação do calcário calcítico na camada de 0-7cm (Tabela 2). Este comportamento poderia ser explicado pelo menor desenvolvimento das plantas de milho (parte aérea), que acabou influenciando a não extração do nutriente do solo. Nos tratamentos em que se utilizou o calcário dolomítico houve diferença apenas para o tratamento 1 em relação aos demais e dos tratamentos 3 e 9 quando comparado aos que receberam calagem (30 e 15 dias antes do gesso e dias depois do gesso) e da mistura calcário + gesso (tratamentos 4, 5, 7 e 6) respectivamente. Nas camadas de 7-14 e 14-21cm, não houve diferença significativa para os tratamentos independente da calagem ou gessagem, época ou modo de aplicação e fonte utilizada. Na média geral, o calcário calcítico disponibilizou significativamente mais potássio que o dolomítico, aos 40 dias após a emergência das plantas.

### **6.4 Cálcio trocável no solo**

Nas Tabelas 2, 3 e 4 estão apresentados os resultados dos teores de cálcio trocável para os tratamentos com calcário calcítico e dolomítico nas três profundidades analisadas. Observou-se que para os tratamentos com utilização de calcário calcítico houve efeito significativo entre os tratamentos 1 e 3 (sem calcário e sem gesso e somente gessagem, respectivamente) e os demais tratamentos, os quais revelaram teores inferiores de cálcio

trocável na camada de 0-7cm. Esse efeito pode ser atribuído ao uso da fonte de calcário (calcítico) e as demais misturas e épocas de aplicação não terem reagido com o solo. Para tipos de calcário houve diferença apenas para o tratamento com a aplicação da mistura em superfície 30DAS (tratamento 9), observando-se teores de cálcio mais elevados para o calcário calcítico, que apresenta maiores teores de cálcio em sua constituição.

Para a profundidade de 7-14cm (Tabela 3) observa-se efeito significativo na elevação dos teores de cálcio, devido a aplicação da mistura calcário + gesso (tratamento 6) e da calagem 30 dias após o gesso (tratamento 8) em relação aos tratamentos 1, 3 e 9 e 1 e 9 para calcário calcítico e dolomítico, respectivamente. Os menores valores foram observados para os tratamentos com aplicação de apenas gesso (Tratamento 3) e sem a aplicação de ambos os corretivos (Tratamento 1) para calcário calcítico e dolomítico, respectivamente.

Na Tabela 4 observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos aplicados com e sem calcário e gesso e para misturas e épocas de aplicação. Para tipos de calcário não foi observado diferença significativa para as profundidades de 7-14 e de 14-21 cm.

Os teores de cálcio foram superiores na camada de 0-7cm e diminuíram em profundidade. O movimento de cálcio nas colunas de solo variou em função dos tipos de calcário e foi diretamente influenciado pelas aplicações de calcário e gesso e formas e épocas de aplicação.

De acordo com as Tabelas 2, 3 e 4 (química do solo) os teores de cálcio trocável diminuíram em profundidade, sendo que os tratamentos 1 e 3 apresentaram menores valores de cálcio em relação aos demais tratamentos, para a profundidade de 0 a 7 cm. Os tratamentos 1,3 e 9 e o 6 apresentaram menores e maiores teores de cálcio trocável para as profundidades de 7 a 14 e 14 a 21, respectivamente. Esta diminuição estatisticamente significativa, dos teores de cálcio trocável de acordo com a profundidade também foi encontrado por MARTINS et al. (2002), trabalhando com diferentes profundidades. De um modo geral, para todos os tratamentos houve uma redução dos teores de cálcio trocável nas camadas analisadas.

## **6.5 Magnésio trocável no solo**

Nas Tabelas 2, 3 e 4 são apresentados os resultados dos teores de magnésio no solo nas três profundidades analisadas em função dos tratamentos. A maior concentração de magnésio foi encontrada na camada de 0-7cm. Para tratamentos com aplicação de calcário calcítico, os teores de magnésio encontrados na camada de 0-7cm foram superiores para aplicação da calagem 30DAG (tratamento 4) e calagem 30DDG (tratamento 8) em relação aos tratamentos testemunha (tratamento 1) e para com apenas aplicação de gesso (tratamento 3), revelando o efeito dos corretivos da acidez no fornecimento deste nutriente ao sistema solo. Para os tratamentos com aplicação do calcário dolomítico, houve efeito significativo nos teores de magnésio trocável dos tratamentos em que foi realizado a calagem (Tabela 2) em relação aos tratamentos em que não foi efetuado calagem (Tratamentos 1 e 3). Para tipos de calcário não houve efeito significativo apenas para os tratamentos 1, 3 e 8. Entretanto, os valores de magnésio foram superiores em todos os tratamentos em que se aplicou o calcário dolomítico.

Para magnésio, nos tratamentos com aplicação de calcário calcítico na camada de 7-14cm, observou-se efeito significativo dos tratamentos com calagem 30DAG (tratamento 4) e 30DDG (tratamento 8) em relação à testemunha, o qual revelou menores teores de magnésio. Não diferindo dos demais tratamentos adotados. Para os tratamentos com aplicação de calcário dolomítico, constatou-se elevação significativa nos teores de magnésio nos tratamentos com aplicação de calcário com calagem 30 (tratamento 4) e 15 dias antes e depois da gessagem (tratamentos 5-7) e da mistura calcário + gesso incorporados (tratamento 6) em relação aos demais tratamentos com e sem calagem e/ou gessagem e da mistura aplicada em superfície 30 DAS (tratamento 9). Em relação a tipos de calcário, houve efeito significativo da fonte dolomítica nos tratamentos 2, 4, 5, 6 e 7 em relação aos tratamentos com aplicação do calcário calcítico, entretanto, observou-se maiores teores de magnésio nos demais tratamentos.

Na profundidade de 14-21cm, não foi observada diferenças na concentração de magnésio para os tratamentos com aplicação do calcário calcítico em função da aplicação ou não dos corretivos, épocas e misturas aplicadas ou não em superfície. Já para os tratamentos com a fonte dolomítica, houve efeito significativo da mistura calcário + gesso (tratamento 6) nos maiores de magnésio no solo em relação aos tratamentos 1, 3 e 9 (com e sem aplicação de calcário e gesso e da aplicação da mistura superficial 30DAS,

respectivamente). Para tipos de calcários entre tratamentos, observou-se que os tratamentos 4, 5, 6 e 7 diferiram, sendo os valores superiores para a fonte dolomítica. Isto pode ser explicado pela movimentação com melhor distribuição ou maior concentração de magnésio em função da fonte dolomítica.

Esses valores coincidem com os obtidos por Quaggio et al. (1985), que observaram maior elevação dos teores de magnésio no solo com a utilização do calcário dolomítico quando comparado com o calcário calcítico. Observou-se que houve uma redução à medida em que se analisou as camadas mais profundas dos anéis de PVC (Tabelas 2, 3 e 4), com a aplicação de calcário e gesso, gessagem e somente calagem. As alterações nos teores de magnésio trocável nas colunas de PVC foram semelhantes àquelas observadas para os teores de cálcio trocável, porém de forma menos pronunciada, em virtude dos menores teores de magnésio da média dos calcários utilizados.

## **6.6 Soma de bases no solo**

Os resultados da soma de bases para os diferentes tratamentos estão apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4. Verificou-se que para a profundidade de 0-7cm houve diferenças significativas para todos os tratamentos com aplicação de calcário calcítico e dolomítico em relação aos que não foram efetuados calagem (Tratamentos 1 e 3). Para tipos de calcários houve diferença significativa com valores superiores para a fonte dolomítica nos tratamentos 5 e 7 e para o tratamento 3 nas profundidades de 0-7 e de 14-21cm, respectivamente.

Para a profundidade de 7-14cm, verificou-se efeito significativo nos valores de soma de bases para os tratamentos com e sem calagem/gessagem (tratamentos 1 e 2) e mistura aplicada em superfície (tratamento 9) em relação aos tratamentos com calagem 30DAG e 30DDG (tratamentos 4 e 8) e demais tratamentos para as fontes calcítica e dolomítica, respectivamente. Na profundidade de 14-21cm, observou-se efeito significativo apenas para os tratamentos com calcário dolomítico, diferindo apenas o tratamento com mistura calcário + gesso incorporada (tratamento 6) em relação à testemunha. Deve-se ressaltar que a mistura apresentou valores superiores.

### **6.7 Extração de nutrientes pela parte aérea das plantas de milho**

Nota-se na tabela 5, que independente da forma de aplicação ou tipo de calcário, as quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S diferiram significativamente para o tratamento com aplicação da mistura superficial 30 DAS (tratamento 9) em relação aos demais tratamentos, o qual apresentou menores quantidades de nutrientes extraídos.

O efeito das formas e tipos de calcário sobre a extração de boro pela planta não apresentou diferença entre tratamentos porque os valores iniciais encontrados no solo foram elevados e ao pH do solo baixo aumentou a sua disponibilidade.

Para os tratamentos com calcário calcítico houve diferença do tratamento com aplicação da mistura superficial (tratamento 9) em relação aos tratamentos sem aplicação de calcário e gesso (tratamento 1) e somente calagem (tratamento 2), não diferindo para os demais.

Com relação ao elemento cálcio, tanto as épocas de aplicação como os tipos de calcários não mostraram-se diferentes quando comparados às testemunhas.

Por outro lado, com relação ao magnésio percebe-se que os tratamentos 2,4,5,6,7 e 8 apresentaram resultados diferentes, ou seja, maiores quantidades de nutrientes extraídas de magnésio quando comparados às testemunhas. A extração de magnésio para calcário dolomítico nos tratamentos citados mostrou-se superior quando comparados ao calcítico devido à sua própria composição.

No caso do enxofre, os teores aumentaram com a aplicação de gesso, exceto para o tratamento nove. Dentro das formas de aplicação de gesso, tanto o calcário calcítico quanto o dolomítico proporcionou maiores extrações de enxofre quando comparados às testemunhas. Isso mostra a importância da adição de gesso como fonte fornecedora de enxofre (VILELLA et al., 1995).

**Tabela 5.** Extração de macronutrientes, boro e zinco pela parte aérea das plantas de milho, aos 40 dias após emergência. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.

Calcários	Tratamentos									Média
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
-----N (g/planta)-----										
Calcítico	0,15a	0,16a	0,14a	0,16a	0,12Bab	0,18a	0,15a	0,14a	0,07b	0,14
Dolomítico	0,13ab	0,18a	0,18a	0,15ab	0,18Aa	0,17a	0,15ab	0,14ab	0,09b	0,15
-----P (g/planta)-----										
Calcítico	0,007ab	0,009a	0,008a	0,009a	0,007ab	0,009Aa	0,007ab	0,007ab	0,004b	0,007
Dolomítico	0,006ab	0,008a	0,009a	0,007ab	0,009a	0,008Ba	0,008ab	0,006ab	0,004b	0,007
-----K (g/planta)-----										
Calcítico	0,09bc	0,12ab	0,11ab	0,14a	0,11ab	0,14a	0,13ab	0,12ab	0,07c	0,12
Dolomítico	0,08b	0,13a	0,13a	0,12ab	0,13a	0,13a	0,13a	0,12ab	0,09ab	0,12
-----Ca (g/planta)-----										
Calcítico	0,02cd	0,03ab	0,01cd	0,03ab	0,02bcd	0,03Aa	0,03abc	0,02abcd	0,01d	0,02
Dolomítico	0,01b	0,03a	0,02ab	0,02ab	0,02ab	0,03Ba	0,02ab	0,02ab	0,01b	0,02
-----Mg (g/planta)-----										
Calcítico	0,005ab	0,012Ba	0,003b	0,013Ba	0,009Bab	0,013Ba	0,012Bab	0,013a	0,003b	0,009B
Dolomítico	0,003b	0,024Aa	0,005b	0,021Aa	0,021Aa	0,020Aa	0,023Aa	0,018a	0,007b	0,016a
-----S (g/planta)-----										
Calcítico	0,009ab	0,011ab	0,011ab	0,011ab	0,009ab	0,014a	0,011ab	0,009ab	0,006b	0,010
Dolomítico	0,007b	0,013ab	0,013ab	0,010ab	0,011ab	0,013a	0,010ab	0,009ab	0,007b	0,010
-----B (mg/planta)-----										
Calcítico	0,10Ba	0,12a	0,10Ba	0,12a	0,10a	0,11Ba	0,09Ba	0,11Ba	0,06Ba	0,10B
Dolomítico	0,14Aa	0,15 a	0,15Aa	0,12a	0,12a	0,17Aa	0,13Aa	0,14Aa	0,13Aa	0,14a
-----Zn (mg/planta)-----										
Calcítico	0,095a	0,061Bab	0,077ab	0,083a	0,050Bab	0,057ab	0,053ab	0,051ab	0,022b	0,061B
Dolomítico	0,060ab	0,110Aab	0,111a	0,064ab	0,106Aab	0,090ab	0,052b	0,056ab	0,051b	0,077a
-----Valores de F-----										
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn		
Calcário (C)	NS	NS	NS	NS	*	NS	*	*		
Tratamentos (T)	*	*	*	**	*	*	**	*		
Interação (C) x (T)	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	*		
C.V. (%)	20	23	16	24	29	26	21	36		

## 6.8 Parâmetros de crescimento

Na tabela 6, são apresentados os dados de produção de fitomassa fresca, fitomassa seca, altura da base do caule à inserção da primeira bainha, altura da base do caule à extremidade da maior folha, diâmetro do caule e número de folhas por planta.

Tanto para a produção de fitomassa fresca como para a produção de fitomassa seca, o tratamento nove foram os que apresentaram os resultados mais baixos. Este fato pode ter ocorrido possivelmente porque a mistura não reagiu com o solo a tempo para a produção de fitomassa, e conseqüentemente, com menor produção que a testemunha. Percebe-se ainda que em produção de fitomassa fresca a mistura (tratamento 9) proporcionou uma menor produção com relação ao calcário calcítico quando comparado ao dolomítico.

Nota-se que para a produção de fitomassa fresca e seca, os tratamentos 4, 6 e 7 (dolomítico) apresentaram os melhores resultados. Fato esse explicado, pois o calcário aplicado antes do momento de aplicação do gesso e/ou ao mesmo tempo promoveu um maior fornecimento de cálcio e magnésio para a planta aumentando conseqüentemente sua produção de fitomassa. Já para o tratamento sete, o gesso aplicado antes fornece um pouco de cálcio e enxofre (própria composição) e conseqüentemente com a aplicação de calcário dolomítico teremos um acréscimo no fornecimento de cálcio e magnésio promovendo dessa forma um maior desenvolvimento das plantas. Isso foi comprovado por uma visível diferença de desenvolvimento das plantas quando comparadas aos tratamentos controle. Somente o gesso não propiciou aumentos na produção de matéria seca, havendo efeito significativo somente para calcário e calcário mais gesso. Resultados semelhantes foram relatados por FORESTIERI & DE-POLLI (1990), ISMAIL et al. (1993) e CONTIERO (1995).

Para o parâmetro altura da base do caule à inserção da primeira folha (bainha), notam-se resultados semelhantes aos obtidos em produção de fitomassa fresca e seca, ou seja, o calcário aplicado antes do gesso e junto ao gesso promovem um melhor desenvolvimento da planta por fornecer cálcio e magnésio em superfície e subsuperfície.

Já para o tratamento sete, o gesso fornece um pouco de cálcio e principalmente enxofre em subsuperfície e posteriormente, com a adição dos calcários faz com que as plantas desenvolvam-se melhor em relação à testemunha (tratamento 1).

**Tabela 6.** Produção de fitomassa fresca, fitomassa seca, altura da base do caule à primeira bainha e à extremidade da maior folha, diâmetro do caule e número de folhas, por tratamento. Média de 4 repetições. Botucatu-SP, 2004.

Calcários	Tratamentos									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Média
————— produção fitomassa fresca (g) - FM —————										
Calcítico	32a	40a	31a	40a	32a	41a	36a	33a	16b	33,5
Dolomítico	28bc	43a	39ab	36abc	38ab	39ab	38ab	34abc	23c	35,3
————— produção fitomassa seca (g) - FS —————										
Calcítico	9ab	10a	8Bab	11a	8Bab	12a	10a	9a	5b	9B
Dolomítico	8ab	12a	12Aa	10ab	11Aa	12a	12a	10ab	6b	10a
————— altura da base do caule à primeira bainha (cm) – ABB —————										
Calcítico	22ab	25ab	22Bb	27Aa	22Bb	26ab	25ab	22ab	17Bc	23B
Dolomítico	21c	26ab	28Aa	24Babc	27Aa	26ab	26ab	25abc	22Abc	25a
————— altura da base do caule à extremidade da maior folha (cm) - ABFM —————										
Calcítico	91a	97a	91Ba	101a	88Ba	100a	96a	89a	71Bb	92B
Dolomítico	87bc	100ab	106Aa	93abc	101Aa	103a	96ab	96abc	82Ac	96a
————— diâmetro do caule (cm) – DC —————										
Calcítico	1,20a	1,25a	1,17a	1,18a	1,15a	1,19a	1,10a	1,16a	0,77Bb	1,13
Dolomítico	1,05a	1,14a	1,12a	1,22a	1,23a	1,17a	1,15a	1,11a	0,98Aa	1,13
————— número de folhas por planta - NF —————										
Calcítico	8,0ab	8,6ab	9,1a	8,6ab	8,9a	8,9a	8,6ab	8,8ab	7,0b	8,5B
Dolomítico	8,9a	9,5a	9,4a	8,9a	9,0a	9,1a	9,0a	8,6a	7,8a	8,9a
Valores de F										
	FM (g)	FS (g)	ABB (cm)	ABFM (cm)	DC (cm)	NF				
Calcário (C)	NS	*	*	*	NS	**				
Tratamentos (T)	*	*	*	*	*	*				
Interação (C) x (T)	NS	NS	*	*	NS	NS				
C.V. (%)	17	20	8	6	12	9				

O tratamento nove (calcário calcítico) apresentou um menor desenvolvimento.

Com relação ao parâmetro altura da base do caule à extremidade da maior folha, nota-se que para o calcário calcítico (tratamento 4) reagiu diferente do tratamento nove. Possivelmente isso pode ter acontecido pois o calcário aplicado antes do gesso e separadamente pode ter reagido melhor que a mistura (tratamento 9) e conseqüentemente ter promovido um melhor desenvolvimento da planta. Para calcário dolomítico os tratamentos 3 e o 6 respectivamente foram os tratamentos que apresentaram os melhores resultados. Com relação ao tratamento três, possivelmente pelo fornecimento de cálcio e enxofre (própria constituição) em subsuperfície (local em que o material atua). Já para o tratamento seis a mistura promoveu um melhor condicionamento do perfil do solo proporcionando um maior aproveitamento do sistema radicular e melhor desenvolvimento da planta.

Para diâmetro do caule, o tratamento nove (mistura aplicada em superfície trinta dias antes da semeadura) foi o parâmetro que apresentou os piores resultados com menores diâmetros tanto para calcário calcítico como para dolomítico quando comparados à testemunha (tratamento 1). Fato este explicado pelo não caminhamento da mistura ao longo do perfil das colunas de PVC.

Já para o parâmetro (número de folhas por planta) não foi observado nenhuma diferença com relação aos tratamentos e nem aos tipos de calcários usados quando comparados às testemunhas (tratamento 1).

## 7 CONCLUSÕES

A calagem trinta dias antes da aplicação do gesso, junto ao momento de aplicação do gesso (mistura) e quinze dias após a aplicação do gesso elevou a produção de fitomassa fresca, seca e altura da base do caule à inserção da primeira bainha e proporcionou maior extração de N, K, Ca e Mg; o gesso isoladamente ou associado ao calcário possibilitou maior extração de S, e, para esta, houve também efeito positivo da associação para Ca e K.

A mistura do calcário mais gesso, em superfície, depreciou a produção de fitomassa.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCARDE, J.C. **Contraditória, confusa e polêmica: é a situação do uso do gesso na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS, 1988. 3p. (Informações Agronômicas, 41).

ALCARDE, J. C.; PAULINO, V. T.; DERNARDIN, J. S. Avaliação da reatividade de corretivos da acidez do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 13:387-392,1989.

ALCORDO, I.S.; REHCIGL, J.E. Phosphogypsum in agriculture: a review. **Advances. In Agronomy**, Florida, v.49, p.55-118, 1993.

ALVES, H.M.R. **Alterações de características químicas em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em um Latossolo Vermelho Amarelo Câmbico distrófico, textura média fase cerrado.** Lavras: ESAL, 1984. 84p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

AZEVEDO, A.C.; KAMPF, N. & BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de Latossolo Bruno pela calagem. *R. Bras. Ci. Solo*, 20:191-198, 1996.

BARBER, S.A. & CHEN, J. Using a mechanistic model to evaluate the effect of soil pH on phosphate uptake. *Plant Soil*, 81:143-146, 1990.

BATAGLIA, O. C., FURLANI, A. M. C., TEIXEIRA, J. P. F., FURLANI, P. R., GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48 p. (Boletim técnico, 78).

BRACCINI, M.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; CAMPAIO, N.F. & PEREIRA, A.A. Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. II. Teores de P, Ca e Al e eficiência ao P e Ca. R. Bras. Ci. Solo, 22:443-450, 1998.

CAIRES, E.F.; WEIRICH NETO, P.H.; JUSTINO, A. & DIAS, J. Eficiência de métodos de incorporação de calcário na correção de acidez do solo e resposta do milho cultivado em campo nativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. Resumos. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. CD-ROM.

CAIRES, E.F.; CHUERI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. Rev. Bras. Ci. Solo, v.22, 27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.23, p.315-27, 1999.

CAMARGO, A. P. de, RAIJ, B. van, CANTARELA, H., ROCHA, T. R. da, NAGAI, V., MASCARENHAS, H. A. A. Efeito da calagem nas produções de cinco cultivos de milho, seguidos de algodão e soja. *Pesq. Agrop. Bras.* 17: 1007-112, 1982.

CAMARGO O. A., MONIZ, A. C., JORGE, J. A., VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1986. 94 p. (IAC, Boletim técnico, 106).

CARVALHO, L. J. C. B., GOMIDE, R. L., RODRIGUES, G. C., SOUZA, D. M. G., FREITAS JÚNIOR, E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, 1985, Brasília. **Anais...**, Brasília: EMBRAPA, 1986. p. 61-83.

CARVALHO, M. C. S., RAIJ, B. van. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 192, n. 1, p. 37-48, 1997.

CASTELLS, A.J.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SANT'ANNA, R. & NEVES, J.C. Absorção de fósforo como critério de seleção de genótipos de soja quanto à tolerância ao alumínio. *Pesq. Agropec. Bras.*, 20:1163-1170, 1985.

CATANI, R. A., GALLO, J. R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante correlação entre o pH e a saturação em bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.30, n.1, p. 49-60, 1955.

CERQUEIRA LUZ, P. H., VITTI, G. C. Effects of the application and incorporation of lime and phosphogypsum in citrus orchards. In: CONGRÈS MONDIAL DE SCIENCE DU SOL, 16, 1998, Montpellier. **Résumés...**, Montpellier: ISSS, 1998. p. 729.

CONTIERO, R. L. **Estudo da aplicação de calcário e gesso nas características químicas do solo cultivado com cana-de-açúcar (*Sacharum spp*)**. 1995. 120p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – área: Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1995.

DIAS, L.E.; FERREIRA, F.A.S.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M. Movimentação de cálcio em colunas de solo tratadas com carbonato e sulfato de cálcio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 31, n. 178, p. 407-414, 1984.

DONER, H.E.; LYNN, W.C. Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals. In: DIXON, J.B.; WEED, S.B. (ed.). **Minerals in soil environments**. Madison: **American Society of Agronomy**, p.279-330, 1989.

ERNANI, P.R. & BARBER, S.A. Corn growth and changes of soil and root parameters as affected by phosphate fertilizers and liming. *Pesq. Agropec. Bras.*, 26:1309-1314, 1991.

ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L. & OLIVEIRA, L.C. Increase of grain and green matter of corn by liming. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 22:275-280, 1998.

ERNANI, P.R.; BAYER, C. & MAESTRI, L. Corn yield as affected by liming and tillage system on na acid Brazilian Oxisol. *Agron. J.*, 94:305-309, 2002.

FAGERIA, N.K., BALIGAR, V.C., JONES, C.A. Corn. In: *Grow and mineral nutrition of field crops*. 2 ed., Madison: Marcel Decker, 1997. p.345-383.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Produção de milho. Guaíba:- Agropecuária, 2000. 360p.

FORESTIERI, E. F., DE-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna preta num podzólico vermelho-amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 167-172, 1990.

GALON, J. A.; BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C. Efeito de modos e épocas de aplicação de gesso e calcário sobre a cultura do feijoiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 53, n. 1, p. 119-125, 1996.

GUILHERME, M. R. **Fertilizante Minercal + S 600 + Mg + S : características e eficiência**. S.I.p: Depto. Técnico Agrícola do Grupo Pagliato, 1985. 51 p. (Boletim técnico, 3).

GUIMARÃES, P.T.G.; LOPES, A.S. Solos para o cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: SIMPÓSIO “FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO”. UFV, POTAFOS, ANDA, Poços de Caldas, nov. 1984.

HAMMEL, J. E., SUMNER, M. E., SHAHANDEH, H. Effect of physical and chemical profile modification on soybean and corn production. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, n. 6, p. 1508-1511, 1985.

ISMAIL, H.; SHAMSHUDDIN, J.; SYED OMAR, S.R. Alleviation of soil acidity in ultisol and oxisol for corn growth. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 151, n. 1, p. 55-65, 1993.

LANTMANN, A.F.; SFREDO, G.J.; BORKERT, L.M. & OLIVEIRA, M.N. Resposta da soja a molibdênio em diferentes níveis de pH do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:45-49, 1989.

Mc CORMICK, L.H. & BORDEN, F.Y. The occurrence of aluminum – phosphate precipitate in the plant roots. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 38:931-935, 1974.

MALAVOLTA, E. A prática da calagem. 3ª edição. Mineradora Pagliato Ltda. Sorocaba-SP. 1983. 43 p. (Boletim Técnico, nº 2).

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: MALAVOLTA, E. (coordenador). SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. ESALQ/USP, FEALQ, ANDA. 1985, Campinas. **Anais...**, Campinas: Fundação CARGILL, 1985, p. 3-64.

MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre Corretivos Agrícolas**. Campinas: Fundação Carril, 1985b. p.3-64.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MARTINS, O. C.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; RIBEIRO, A. C.; BARROS, N. F. Respostas à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso em solos. I. alterações químicas no perfil do solo. *Revista Ceres*, 49(282):123-135, 2002.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O. & PAVAN, M.A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes de trigo pela complexação com ácidos orgânicos. *R. Bras. Ci. Solo*, 16:209-215, 1992.

MOREIRA, S.G.; KIEHL, J.C.; PROCHNOW, L.I.; PAULETTI, V. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. *Rev. Bras. Ci. Solo*, v.25: p.71-80, 2001.

MUNSON, R.D. **Potassium, calcium and magnesium in the tropics and subtropics.** Internacional fertilizers Development Center, 1982. 62p. (Technical bulletin, T-23).

NAKAYAMA, F. S. Problems associated with the determination and application of the solubility product constant. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35:442-445, 1971.

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. 3, p. 1-6, 1990.

OLIVEIRA, E. L. Rendimento de matéria seca e absorção de cálcio e magnésio pelo milho em função da relação cálcio/magnésio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 383-388, 1993.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum application to a brasilian oxysol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, V. 48, p. 33-38, 1984.

PAVAN, M. A., VOLKWEISS, S. J. **Efeito do gesso nas relações solo-planta: princípios.** In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. Anais..., Brasília: EMBRAPA, 1986, p.107-118.

PEREIRA, J.E.; MIGUEL, A.E.; OLIVEIRA, J.A. de. Efeitos de sete calcários na formação a primeira safra do cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 10, São Lourenço, 1981. **Resumos...** Rio de Janeiro: IBC/GERCA, 1981. p.232-233.

PETRY, C.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKY, J.; PESSOA, A.C.S. & CASSOL, L.C. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo. II. Efeitos nos parâmetros cinéticos de absorção de fósforo. *R. Bras. Ci. Solo*, 18:69-72, 1994.

PÖTTKER, D. & BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 22:675-684, 1998.

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. *R. Bras. Ci. Solo*, Campinas, 6: 189-194, 1982.

QUAGGIO, J. A. **Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15, Campinas, 1983. *Acidez e Calagem no Brasil*, Campinas: SBCS, IAC, 1983, p. 33-48.

QUAGGIO, J. A.; RAMOS, V. J.; BATAGLIA, O. C.; RAIJ, B. V.; SAKAJ, M. Calagem para a sucessão batata-triticales-miho, usando calcário com diferentes teores de magnésio. *Bragantia*, 44:391-406, 1985.

RAIJ, B. van, ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais.** Campinas, Instituto Agronômico, 1983, 285 p.

RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88p.

RAIJ, B. van; MASCARENHAS, H.A.A.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; IGUE, T.; SORDI, G. de. Efeito de calcário e de gesso para a soja cultivada em Latossolo Roxo ácido saturado com sulfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, V. 18, p. 305-312, 1994.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres e Potafós, 1991, 343 p.

RAIJ, B. van, CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A., FURLANI, A. M.C. (Eds.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico, 1996, 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Eds.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 1997, 285 p.

RAIJ, B. van, ANDRADE, J. C., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J.A. (Eds.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001, 285 p.

REEVE, N.G.; SUMMER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal oxisols by leaching of surface. Applied amendments. **Agrochemophysica**, Pretoria, V. 4, n. 1, p. 1-6, jan./feb. 1972.

RHEINHEIMER, D.S.; PETRY, C.; KAMINSKY, J. & BARTZ, H.R. Influência do estresse do alumínio em plantas de fumo. I. Efeitos no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e no acúmulo de massa seca. **R. Bras. Ci. Solo**, 18:63-68, 1994.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E.; CORRÊA, O. Calcium leaching to increasing rooting depth in a Brazilian savannah oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, V. 72, p. 40-44, 1980.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, V. 8, p. 97-102, 1984.

SHAINBERG, I.; SUMMER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.Y.; PAVAN, M.A.; FEY, M.V. Use of gypsum on soils a review. **Advances in Soil Science**, New York, V. 9, p.1-111, 1989.

SHAMSHUDDIN, J.; CHE FAUZIAH, I.; SHARIFUDDIN, H.A.H. Effects of limestone and gypsum application to a malaysian ultisol on soil solution composition and yields of Maite and groundnut. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 134, n.1, p. 45-52, 1991.

SOUSA, D. M. G., RITCHEY, K. D. **Correção da acidez subsuperficial: o uso de gesso no solo de cerrado**. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1, Piracicaba, 1986. **Anais...**, Campinas-SP: Fundação CARGILL, 1986, p. 91-113.

TESCARO, M. D., PINTRO, J. C. Eficiência do método da saturação por bases para a correção da acidez de um solo álico. IN: FERTBIO – REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, Caxambu, 1998. **Resumos...**, Lavras: UFLA/SBCS/SBM. p. 103.

VASCONCELOS, C.A.; SANTOS, H.L. dos; FRANÇA, G.E. Adubação e calagem na cultura do sorgo. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Recomendações para o cultivo do sorgo**. Sete Lagoas, 1982. p.21-30.

VIEIRA, S.M.; ERNANI, P.R.; MIQUELUTTI, D.; ALMEIDA, J.A.; FIORELLI, E.C. Lixiviação de cátions em solos catarinenses afetada pela aplicação de gesso agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...**, Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. p. 258.

VILELA, L.; RITCHEY, K. D.; SILVA, J. E. Resposta da soja e do milho ao enxofre num latossolo vermelho-escuro sob vegetação de cerrado do distrito federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 281-285, 1995.

VITTI, G.C. Gessagem na agricultura. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DE SOLO. Machado: ANDA/POTAFOS/ESACMA, 1988. p.255-85.