

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO EM MANEJO  
CONSERVACIONISTA DE SOLO PARA CULTIVO DE AMENDOIM E AVEIA  
BRANCA**

**RÚBIA RENATA MARQUES**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP  
Janeiro / 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO EM MANEJO  
CONSERVACIONISTA DE SOLO PARA CULTIVO DE AMENDOIM E AVEIA  
BRANCA**

**RÚBIA RENATA MARQUES**  
ENGENHEIRA AGRÔNOMA  
Mestre em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da UNESP - Campus de  
Botucatu, para obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Agricultura).

BOTUCATU-SP  
Janeiro / 2008

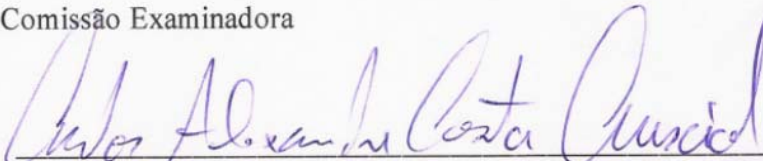
**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**  
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: "APLICAÇÃO SUPERFICIAL DE CALCÁRIO E GESSO EM MANEJO  
CONSERVACIONISTA DE SOLO PARA CULTIVO DE AMENDOIM  
E AVEIA BRANCA"**

ALUNA: RÚBIA RENATA MARQUES

ORIENTADOR: PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

Aprovado pela Comissão Examinadora

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DIRCEU MAXIMINO FERNANDES

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. EDSON LAZARINI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JOSÉ SALVADOR SIMONETI FOLONI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. DENIZART BOLONHEZI

Data da Realização: 17 de janeiro de 2008.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Marques, Rúbia Renata, 1978-  
M357a Aplicação superficial de calcário e gesso em manejo conservacionista de solo para cultivo de amendoim e aveia branca / Rúbia Renata Marques. - Botucatu : [s.n.], 2008. xiv, 142 f. : gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008  
Orientador: Carlos Alexandre Costa Crusciol  
Inclui bibliografia

1. Solos - Manejo. 2. Cultivos agrícolas - Rendimento.  
3. Adubação. I. Crusciol, Carlos Alexandre Costa. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Ciências Agrônômicas.  
III. Título.

## *Oração do Engenheiro Agrônomo*

Senhor:  
a terra é vasta  
e pode sustentar a todos  
O próprio deserto, cujo aridez  
parece implacavelmente estéril,  
pode fazer brotar a vida,  
basta que os domemos carinhosamente.  
Mas não basta senhor, tratar a terra,  
preservá-la da erosão,  
que corroi suas entranhas,  
cicatrizando seus ferimentos,  
para que ela produza mais frutos;  
se a colheita é feita por aqueles  
que jamais semearam.  
Milhares de homens padecem de fome.  
Será que a terra lhes nega o pão,  
mostrando-se insensível  
aos seus desesperados apelos?  
Senhor!  
Dai-me a necessária flexibilidade  
de sentimentos, para que eu seja generoso  
como a seiva que sobe  
e alimenta a planta.  
E que a semente depositada  
sobre meu coração germine,  
cresça e frutifique abundantemente!!!

Autor desconhecido

A meus pais **VALDIVINO** e  
**GLÓRIA**, que são meus  
maiores incentivadores.

A toda comunidade científica

**DEDICO**

### *AGRADECIMENTOS*

Em primeiro lugar a Deus e São Bento que sempre me acompanham, por me darem forças em todos os momentos que passei durante esta importante etapa de minha vida.

Aos meus pais por terem me ensinado respeito, lealdade, honestidade e caráter, e que apesar da distância que nos separou sempre estiveram tão próximos de mim, mesmo que apenas na lembrança.

Ao meu irmão Bruno e sua família pelo apoio incondicional.

A amiga Monalissa minha companheira de república, minha irmã do coração que esteve presente em momentos importantes! Alegres, descontraídos, engraçados mas também nos momentos de tensão e de dificuldade.

A minha amiga Clarice pela amizade duradoura e companheirismo.

Ao Prof. Dr. Carlos Alexandre Costa Crusciol, pela orientação, paciência, incentivo e amizade.

A CAPES, pelo apoio financeiro por meio da concessão de bolsa de estudo.

Aos estagiários Ricardo Zinsly Facco, Gustavo Spadotti Amaral Castro, Lucas Perim, Thales Henrique Apóstolo de Siqueira e Vanessa Degasperi Prado, pela essencial ajuda na condução deste trabalho e pela amizade que se iniciou.

Aos professores Drs. Rogério Peres Soratto, Roberto Lyra Villas Boas, Dirceu Maximino Fernandes, Maurício Dutra Zanotto, Leonardo Theodoro Bull, João Nakagawa e Ciro Antônio Rosolem, pelos ensinamentos concedidos.

Aos laboratoristas do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura da FCA/UNESP: Dorival Peres de Arruda e Valéria Giandoni, pelo apoio e auxílio na condução deste trabalho.

Aos funcionários de campo do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura da FCA/UNESP pela ajuda, sem a qual esse trabalho dificilmente teria sido realizado.

Aos demais funcionários do Departamento de Produção Vegetal pelo auxílio de forma direta ou indireta.

A todos os colegas do curso de pós-graduação.

Aos meus amigos, os que já existiam de longa data e os novos que conquistei nesses quatro anos, por todos os momentos felizes que passamos juntos, e por todas as lembranças maravilhosas que guardarei sempre em minha memória! São eles: Mirina, Tammy, Claudinei (Ney), Sandra (Bac), Mônica, Dany, Rafael, Marô, Priscila, Priscila Laposta, Elisa, Clarice, Alessandro, Mona, Rogério (Caçú), Fábio (Bigorna), Davison (Gracy), Gustavo (Spirro), Rafael (Karnak), Rodrigo (Tuvira), Gláucia (Soró), Roberta, Rodrigo Foltran, Mirela, Leila, Rodrigo Emediato, Cláudia, Soratto, André (Ximba), Nara, Priscila (Pira), Thales (Lambreta), Glauber e outros mais.

Ao Gustavo por fazer parte da minha vida hoje e por apoiar minhas decisões.

Enfim a todos que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho meus sinceros agradecimentos.



## SUMÁRIO

	Página
LITA DE TABELAS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XIII
1 RESUMO .....	1
2 SUMARY .....	3
3 INTRODUÇÃO .....	5
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	8
4.1 Sistema plantio direto .....	8
4.2 Acidez do solo .....	11
4.3 Calagem no sistema plantio direto .....	15
4.4 Fatores que afetam a correção da acidez do solo em aplicações superficiais.....	20
4.5 Aplicação de gesso agrícola no sistema plantio direto .....	25
4.6 Calagem e gessagem na cultura do amendoim .....	28
5 MATERIAL E MÉTODOS .....	32
5.1 Localização e caracterização climática da área experimental .....	32
5.2 Caracterização do solo e histórico da área experimental.....	34
5.3 Delineamento experimental e tratamentos utilizados .....	35
5.4 Cultivares .....	36
5.5 Condução do experimento .....	37
5.5.1 Cultivo do amendoim (2004/05 e 2005/06).....	37
5.5.2 Cultivo da aveia branca (inverno de 2005 e 2006).....	38
5.6 Amostragens e avaliações realizadas.....	39
5.6.1 Cátions solúveis e condutividade elétrica dos extratos vegetais .....	39
5.6.2 Características químicas do solo .....	40
5.6.3 Fração dos corretivos remanescente no solo .....	40
5.6.4 Produção de matéria seca e diagnose foliar das culturas.....	41
5.6.5 Altura de planta, componentes da produção e produtividade de grãos .....	41
5.7 Análise estatística .....	43
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
6.1 Cátions solúveis e condutividade elétrica dos extratos dos resíduos das culturas.....	44
6.2 Concentração de cátions solúveis e na condutividade elétrica dos extratos dos resíduos vegetais .....	46
6.3 Características químicas do solo .....	58
6.4 Fração dos corretivos remanescentes no solo.....	89
6.5 Características da cultura de amendoim .....	96
6.5.1 Matéria seca e diagnose foliar .....	96
6.5.2 População de plantas, componentes da produção e produtividade de grãos ...	104
6.6 Características da cultura de aveia branca.....	110
6.6.1 Matéria seca e diagnose foliar .....	110
6.6.2 Componentes da produção e produtividade.....	118
7 CONCLUSÕES .....	123
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	124

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Características químicas do solo da área antes da instalação do experimento. ....	34
Tabela 2. Características físicas do solo da área antes da instalação do experimento. ....	35
Tabela 3. Características granulométricas do solo a área antes da instalação do experimento. ....	35
Tabela 4. Características químicas e físicas do calcário utilizado.....	36
Tabela 5. Esquema de aplicação de defensivos agrícolas, utilizados na cultura de amendoim. Botucatu, SP, 2005/06. ....	38
Tabela 6. Esquema de análise da variância para as características químicas do solo, corretivos remanescente e características das culturas de amendoim e aveia branca. ....	43
Tabela 7. Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais das culturas de amendoim e aveia branca, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2004/05 e 2005/06.....	45
Tabela 8. Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de amendoim, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2004/05.....	47
Tabela 9. Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de amendoim, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2005/06.....	48
Tabela 10. Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de aveia-branca, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2005...	53
Tabela 11. Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de aveia branca, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2006...	53
Tabela 12. Equações de regressão ajustadas para saturação de bases (%), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha <sup>-1</sup> ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ....	71
Tabela 13. Equações de regressão ajustadas para H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha <sup>-1</sup> ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ....	73

- Tabela 14. Equações de regressão ajustadas para Al Trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 75
- Tabela 15. Equações de regressão ajustadas para  $\text{S-SO}_4^{-2}$  ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 77
- Tabela 16. Equações de regressão ajustadas para K trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 79
- Tabela 17. Equações de regressão ajustadas para Ca trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 81
- Tabela 18. Equações de regressão ajustadas para Mg trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 83
- Tabela 19. Equações de regressão ajustadas para saturação de bases (%), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 85
- Tabela 20. Equações de regressão ajustadas para matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. .... 87
- Tabela 21. Equações de regressão ajustadas para Ca trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem 24 meses após a aplicação. .... 93
- Tabela 22. Equações de regressão ajustadas para Mg trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após 24 meses da aplicação. .... 95

Tabela 23. Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes em folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2004/05. ....	96
Tabela 24. Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes em folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005/06. ....	97
Tabela 25. Teores de micronutrientes foliares de amendoim função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2004/05. ....	102
Tabela 26. Teores de micronutrientes foliares de amendoim função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005/06. ....	103
Tabela 27. População de plantas, componentes da produção e produtividade de vagens de amendoim em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2004/05. ....	106
Tabela 28. População de plantas, componentes da produção e produtividade de vagens de amendoim em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005/06. ....	108
Tabela 29. Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes na folha bandeira da cultura de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005. .	111
Tabela 30. Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes foliares na folha bandeira de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2006. .	112
Tabela 31. Teores de micronutrientes foliares na folha bandeira de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005. ....	114
Tabela 32. Teores de micronutrientes foliares na folha bandeira de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2006. ....	118
Tabela 33. Número de panículas por m <sup>2</sup> , número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de aveia branca em função dos tratamentos. Botucatu, SP, 2005. ....	120
Tabela 34. Número de panículas por m <sup>2</sup> , número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de aveia-branca em função dos tratamentos. Botucatu, SP, 2006. ....	122

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Precipitação pluvial (—), temperatura máxima (—) e mínima ( ), registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006. .... 33
- Figura 2. Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2004/05. .... 49
- Figura 3. Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2004/05. .... 50
- Figura 4. Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005/06. .... 51
- Figura 5. Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005/06. .... 52
- Figura 6. Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005. .... 54
- Figura 7. Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia-branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005. .... 55
- Figura 8. Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia-branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006. .... 57
- Figura 9. Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia-branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006. .... 58

- Figura 10. Valores de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário. .... 72
- Figura 11. Valores de  $\text{H} + \text{Al}$  ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário..... 74
- Figura 12. Valores de Al ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário. .... 76
- Figura 14. Valores de K trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário..... 80
- Figura 15. Valores de Ca trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário..... 82
- Figura 16. Valores de Mg trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário..... 84
- Figura 17. Valores de saturação por bases (%) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário..... 86
- Figura 18. Valores de matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário..... 88
- Figura 19. Teores de Ca trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), no solo em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície 24 meses da aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário. .... 92
- Figura 20. Teores de Mg trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), no solo em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície 24 meses da aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário. .... 94

- Figura 21. Matéria seca da parte aérea de plantas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \*\* é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2004/05.....96
- Figura 22. Matéria seca da parte aérea de plantas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \*\* é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005/06.....97
- Figura 23. Teores de macronutrientes nos folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2004/05.....99
- Figura 24. Teores de macronutrientes nos folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005/06.....101
- Figura 25. Teores de micronutrientes nas folhas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2004/05.....103
- Figura 26. Teores de micronutrientes nas folhas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005/06.....104
- Figura 27. População de plantas, componentes da produção e produtividade estimada de grãos de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2004/05.....107
- Figura 28. População de plantas, componentes da produção e produtividade de grãos de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005/06.....109

- Figura 29. Matéria seca da parte aérea de plantas de aveia branca branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005. .... 111
- Figura 30. Matéria seca da parte aérea de plantas de aveia branca branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \*\* é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006. .... 112
- Figura 31. Teores de macronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005. .... 113
- Figura 32. Teores de macronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2006. .... 115
- Figura 33. Teores de micronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005. .... 116
- Figura 34. Teores de micronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2006. .... 117
- Figura 35. Componentes da produção e produtividade de grãos de aveia-branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005. .... 119
- Figura 36. Componentes da produção e produtividade de grãos de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006. .... 121



## 1 RESUMO

Estudos relacionados ao cultivo de amendoim no sistema de semeadura direta são escassos, principalmente relacionados com aplicação superficial de calcário e gesso. A aveia branca é uma das alternativas para o cultivo de inverno no Brasil, por produzir grãos para alimentação humana, forragem e adubo verde, diversificando a atividade agrícola, no entanto são inexistentes na literatura informações a respeito da calagem e gessagem superficiais nesta cultura. Em função do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento das culturas de amendoim e aveia branca cultivadas no sistema semeadura direta, em área com aplicação superficial de calcário e gesso, bem como as conseqüências no movimento de bases no perfil do solo, na concentração de cátions solúveis na parte aérea, na nutrição e produtividade das culturas. O experimento foi conduzido nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006 na Fazenda Experimental Lageado da Faculdade de Ciências Agronômicas – Campus de Botucatu, num Latossolo Vermelho distrófico. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados com parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram constituídas pela aplicação de quatro níveis de calcário dolomítico com PRNT = 71,2. As doses de calcário foram definidas de acordo com a análise química do solo na profundidade 0-0,2m para elevar a saturação por bases a 70% (2.000 kg ha<sup>-1</sup>), metade da dose recomendada (1.000 kg ha<sup>-1</sup>), o dobro da dose recomendada (4.000 kg ha<sup>-1</sup>) e uma testemunha (sem aplicação). As subparcelas foram constituídas pela ausência e presença da aplicação de 2.100 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola. Como cultura de verão foi utilizado o cultivar de amendoim (IAC 886) nos dois anos de condução do experimento em toda a área experimental e como cultura de inverno foi utilizado o cultivar de aveia branca (IAC 7) nos dois anos de condução do experimento. Os resultados do presente estudo evidenciam que a

calagem em superfície teve efeito sobre a correção da acidez e elevação dos teores de Ca e Mg do solo praticamente em todo o perfil, e que a aplicação de gesso pôde contribuir para que os efeitos alcancem camadas ainda mais profundas do subsolo, indicando que certamente parte do calcário aplicado na superfície apresenta algum efeito residual, com partículas finas deslocando ao longo do perfil do solo. Provavelmente a calagem superficial propiciou aumento na soma de cátions solúveis nos extratos vegetais de amendoim e aveia branca, principalmente por ter elevado a concentração de cálcio e magnésio solúveis nos extratos. A calagem e a aplicação de gesso superficial incrementaram a absorção de macronutrientes, principalmente cálcio e magnésio e reduziram a absorção de micronutrientes pelas plantas de amendoim, e a aplicação de gesso elevou a absorção de enxofre pelas plantas de aveia branca nos dois anos de cultivo. As culturas de amendoim e aveia branca responderam positivamente à calagem e aplicação de gesso em superfície proporcionando aumento na produtividade das culturas. Nos dois anos de cultivo, a maior produtividade de grãos de amendoim foi obtida quando foi feita a aplicação superficial de calcário e gesso e para a cultura da aveia branca a maior produtividade foi observada com a aplicação de calcário isoladamente.

SUPERFICIAL LIMING AND GYPSUM APPLICATION FOR PEANUT AND WHITE OAT PRODUCTION IN A CONSERVATION SYSTEM. Botucatu, 2005. 143p. Tese Doutorado em Agronomia/Agricultura – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: Rúbia Renata Marques

Adviser: Carlos Alexandre Costa Crusciol

## 2 SUMMARY

There have been few studies about peanut crop in no-tillage system mainly about superficial liming and gypsum application. White oat is an alternative for winter cropping in Brazil to be used as human food, forage and green manure; nevertheless, there is no information about superficial liming and gypsum application for this crop. Therefore, the objective of this work was to evaluate peanut and white oat yield as affected by superficial liming and gypsum application in no-tillage system as well as base movement in soil profile, concentration of water-soluble cations in the shoot of plants and plant nutrition. The experiment was carried out in the growing seasons of 2004/2005 and 2005/2006 in Botucatu, São Paulo State, Brazil, on a dystrophic Red Latosol. The experimental design was the completely randomized block with subdivided plots and four replications. The main plots consisted of four dolomite limestone levels with neutralization power of 71.2. Limestone levels were determined by soil chemical analysis in the 0-0.20m depth; the aim was to apply the recommended dose to raise base saturation up to 70% (2000 kg ha<sup>-1</sup>), half of the recommended dose (1.000 kg ha<sup>-1</sup>) and twice the recommended dose (4000 kg ha<sup>-1</sup>) besides the control, with no application. Subplots consisted of areas with and without gypsum application (2000 kg ha<sup>-1</sup>). Peanut (cultivar IAC 886) and white oat (IAC 7) consisted of the summer and winter crops cultivated in two growing seasons, respectively. The results of the present research showed that superficial liming affected soil acidity and increased Ca and Mg levels in the soil profile along with gypsum application, which contributed for the effects to be observed in deeper layers. Then, it was found that superficial liming showed residual effects and allowed fine lime particles to move down in the soil profile. Superficial liming probably

increased water-soluble cations in plant extracts of peanut and white oat, mainly due to the increase in soluble Ca and Mg concentration. Superficial liming and gypsum application increased macronutrient absorption, especially Ca and Mg, and decreased micronutrient absorption by peanut plants. Gypsum application increased S absorption by white oat plants in both years. Peanut and white oat responded positively to lime and gypsum application on soil surface and increased crop yield. In both growing seasons, the highest peanut yield was obtained when lime and gypsum were applied superficially. Conversely, the application of lime alone provided the highest white oat yield.

---

Keywords: conservation tillage, groundcert, agronomic characteristics, crop yield.

### 3 INTRODUÇÃO

A área cultivada no sistema plantio direto tem aumentado rapidamente no Brasil, principalmente nos últimos anos. Na safra 2006/2007 a área cultivada com culturas anuais no país em sistema de plantio direto foi de cerca de 23 milhões de hectares.

A manutenção de resíduos culturais na superfície do solo no sistema plantio direto proporciona aumento da retenção de água e maior proteção do solo contra o impacto direto das chuvas. Daí seu grande sucesso, pois devido a pouca movimentação do solo e a grande quantidade de resíduos deixados em sua superfície, esse sistema diminui significativamente as perdas de solo por erosão, tendo como consequência melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na sua fertilidade e na produtividade das culturas.

Dessa forma, como nas demais culturas anuais, também na do amendoim vem crescendo a adoção do sistema plantio direto em várias regiões do país com destaque para os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. A cultura do amendoim vem sendo utilizada tanto na reforma de canavial, sobre palhada de cana crua na região de Ribeirão Preto-SP, e de pastagens, sobre palhada de plantas forrageiras do gênero *Brachiaria* na região de Cassilândia-MS, quanto em cultivo de safrinha, sobre a palhada da cultura antecessora, nas regiões do Sudoeste Goiano, Chapadão do Sul-MS e Campo Verde-MT, com resultados promissores.

Vale ressaltar, que apesar da colheita da cultura acarretar mobilização do solo durante o processo de arranquio, no recolhimento as máquinas podem ser equipadas com distribuidor de palha proporcionando adequada distribuição do resíduo vegetal sobre o solo, permitindo assim a semeadura direta da próxima cultura.

A adoção do sistema plantio direto na cultura do amendoim ainda é muito pequena, em razão do desconhecimento de técnicas, tanto dos produtores quanto dos pesquisadores e extencionistas, que proporcionem produtividades no mínimo similares as obtidas no sistema convencional.

O não revolvimento do solo no sistema plantio direto e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais e fertilizantes na superfície aceleram o processo de acidificação, contínuo e acentuado que ocorre naturalmente em solo de regiões úmidas, onde, geralmente, é observada baixa disponibilidade de nutrientes e elevados teores de H+Al. Assim, da mesma forma que no sistema de cultivo convencional, nos sistemas em que não é utilizado preparo do solo, existe também a necessidade de aplicação insumos, especialmente, materiais corretivos de acidez.

No sistema plantio direto a calagem tem sido realizada mediante a aplicação do calcário na superfície do solo, sem incorporação. Porém, esse método de calagem, ainda é bastante questionado, pois se sabe que o calcário é um produto que apresenta baixa solubilidade em água e baixa reatividade.

Outro problema relacionado à aplicação de calcário em superfície, em sistema plantio direto é a correção da acidez do subsolo, que limita, em muitos casos, o crescimento radicular e a absorção de água e nutrientes pelas culturas. Desta forma a calagem não corrige a acidez e a deficiência de cálcio em subsuperfície em tempo razoável para evitar que o agricultor corra grande risco com a ocorrência de veranicos.

A aplicação superficial de gesso agrícola, que é um subproduto da indústria do ácido fosfórico que contém principalmente sulfato de cálcio e é largamente disponível em muitas partes do mundo, tem sido proposta como uma alternativa para solucionar este problema em curto prazo, sendo utilizado em solos ácidos como produto complementar ao calcário. O gesso tem alta mobilidade no solo devido sua maior solubilidade e à presença de um ânion estável ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Este ânion forma um par iônico neutro com o íon  $\text{Ca}^{2+}$  ou  $\text{Mg}^{2+}$ , e com isto leva esses cátions até a subsuperfície do solo. Assim, a aplicação de gesso na superfície seguido de lixiviação para subsolos ácidos resulta em melhor crescimento radicular e maior absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas, em decorrência do aumento da concentração de cálcio trocável e da redução da toxidez por alumínio.

Contudo, trabalhos recentes tem mostrado a viabilidade de correção da acidez do solo e a neutralização do  $Al^{+3}$  com aplicação de calcário e gesso em superfície em áreas há vários anos sob sistema plantio direto e na implantação do sistema em áreas de pastagem.

Vale ressaltar, que a grande maioria dos trabalhos nessa linha se restringem basicamente ao comportamento das culturas da soja, milho, trigo e aveia preta.

Embora estudos relacionados ao cultivo de amendoim no sistema de plantio direto sejam praticamente inexistentes, principalmente relacionados com aplicação superficial de calcário, no sistema convencional de cultivo a calagem é uma das práticas recomendadas na condução dessa oleaginosa, já que o cálcio é um importante nutriente para frutificação, formação e desenvolvimento das sementes, sendo que os requerimentos nutricionais dessa cultura em cálcio são altos, principalmente nos cultivares pertencentes ao grupo virgínia.

A finalidade do cultivo da aveia, entre as diversas alternativas para o cultivo de inverno no Brasil, além de produzir grãos, forragem verde, feno, silagem e adubo verde, antecedendo a implantação de diversas culturas de verão, especialmente pelo sistema de semeadura direta, objetiva a diversificação da atividade agrícola. Agricultores investem no cultivo de variedades de alto rendimento e fibras de qualidade, de olho no crescimento do mercado de alimentos funcionais já que as possibilidades de expansão do consumo para a alimentação humana são notáveis. A expressão de potenciais de rendimento e qualidade de grãos estão associados às técnicas adequadas de manejo, entre elas a disponibilidade de nutrientes.

Os principais benefícios da utilização desta planta como cobertura vegetal estão relacionados à melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, no entanto são escassas informações a respeito da calagem e gessagem superficiais.

Em função do exposto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento das culturas de amendoim e aveia branca cultivadas no sistema de semeadura direta, em área com aplicação superficial de calcário e gesso, bem como as conseqüências no movimento de bases no perfil do solo, na concentração de cátions solúveis na parte aérea, na nutrição e produtividade das culturas.

## **4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **4.1 Sistema plantio direto**

O plantio direto constitui-se numa eficiente prática para o controle da erosão, propiciando maior disponibilidade de água e nutrientes para as plantas, melhorando as condições físicas do solo com o aumento da matéria orgânica, bem como as condições químicas do mesmo (BALBINO et al., 1996). Difere do sistema convencional, fundamentalmente pelo manejo do solo, visto que, no sistema de plantio direto não há revolvimento do solo e a área permanece coberta pelos restos da cultura anterior ou por vegetação cultivada. No entanto, mesmo nesse sistema, existe a necessidade da adição dos insumos, especialmente calcário, pois os solos cultiváveis no Brasil em sua maioria são ácidos e necessitam de corretivos de acidez (RHEINHEIMER et al., 2000). O estabelecimento do plantio direto em áreas não cultivadas no Brasil seria vantajoso considerando a conservação do solo, das propriedades estruturais, o controle eficaz da erosão, e a economia de operações de preparo no solo (MUZILLI, 1983).

Muzilli (1985) conceituou o plantio direto como o processo de semeadura em solo não revolvido, no qual a semente é colocada em sulcos ou covas, com largura e profundidade suficientes para a adequada cobertura e contato das sementes com a terra.

No entanto, atualmente, o conceito de plantio direto é visto como um sistema, envolvendo a combinação de práticas culturais ou biológicas, tais como: o uso de produtos químicos ou práticas mecânicas no manejo de culturas destinadas à adubação verde, para a formação de coberturas do solo, mediante a manutenção dos resíduos culturais na sua superfície; a combinação de espécies com exigências nutricionais, produção de fitomassa e



sistema radicular diferenciados, visando constituir uma rotação de culturas; e a adoção de métodos integrados de controle de plantas daninhas, por meio da cobertura do solo, herbicidas e o não revolvimento do solo, exceto nos sulcos de semeadura. Nesse sentido, a rotação de culturas com inclusão de plantas de cobertura, conciliando o retorno econômico com a preservação da capacidade produtiva do solo, têm grande importância para garantir a sustentabilidade do sistema. Assim, o uso de espécies que possuem sistema radicular agressivo pode permitir a continuidade desse sistema sem interrupções, mesmo quando ocorre a compactação superficial do solo (AMARAL et al., 2004a).

A principal característica do sistema plantio direto é a manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo, o que é responsável por grande parte dos benefícios desse sistema. A presença desses resíduos na superfície promove maior proteção contra o impacto direto das gotas de chuva, favorece a infiltração, reduz perda de água por escoamento superficial e perda de solo e nutrientes por erosão (WUTKE et al., 1993; HERNANI et al, 1999).

O sucesso do plantio direto como sistema de produção agrícola está diretamente relacionado com as alterações na dinâmica de decomposição dos resíduos vegetais (FRANCHINI et al, 2000). As características do não revolvimento do solo, da decomposição de material orgânico vegetal na superfície e do cultivo diversificado de espécies por meio da rotação de culturas provocam alterações nas características do solo diferentemente daquelas observadas quando se cultiva o solo em sistemas que provocam o revolvimento do mesmo (COSTA, 2000). O não revolvimento do solo leva a decomposição mais lenta e gradual do material orgânico, tendo como consequência alterações físicas, químicas e biológicas do solo que irão repercutir na fertilidade e na produtividade das culturas (HOLTZ & SÁ, 1995). Essas alterações tornam necessária a redefinição do manejo da fertilidade para o sistema plantio direto.

Como as características físicas, químicas e biológicas do solo são alteradas pelo plantio direto de acordo com o tempo de cultivo e as práticas adotadas no desenvolvimento do sistema (COSTA, 2000), divide-se o sistema plantio direto em várias fases: a inicial, de 0 a 5 anos da implantação; a de transição, dos 5 aos 10 anos; a de consolidação, dos 10 aos 20 anos; e a de manutenção, com mais de 20 anos (Sá, 2001, citado por ANGHINONI & NICOLODI, 2004). Na fase de implantação não se discriminam

claramente as alterações nas características físicas, químicas e biológicas do solo em decorrência do sistema de cultivo. No entanto, a decomposição periódica de resíduos orgânicos na superfície favorece a acidificação do solo (BLEVINS & FRYE, 1993; CAIRES, 2000; CIOTTA et al., 2002), pois continuamente o material orgânico está sendo decomposto pelos microorganismos em ácidos orgânicos, dióxido de carbono e água.

Com a evolução das fases, ocorre acúmulo de matéria orgânica devido a menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais na superfície, resultando em um rearranjo da estrutura do solo, o aumento da ciclagem e do estoque de nutrientes, aumento da capacidade de troca de cátions e da atividade biológica (CAIRES, 2000), com conseqüente melhora da fertilidade dos solos ácidos com cargas de pH associadas à matéria orgânica (RHEINHEIMER et al., 1998). Isso tem proporcionado maior tolerância das culturas às condições de acidez do solo.

A matéria orgânica age como condicionador do solo mediante sua estrutura complexa e longas cadeias de carbono, agregando partículas minerais. Assim, muitos autores citam a importância de sistemas de manejo do solo que visam o menor tráfego de máquinas, menor revolvimento do solo e aumento do teor de carbono orgânico, notadamente o plantio direto e a rotação de culturas, como medidas para recuperar as propriedades físicas e a fertilidade do solo (CASTRO FILHO et al., 1998; SILVA & MIELNICZUK, 1997).

Em solos menos intemperizados e, ou, com menores teores de argila, espera-se efeito negativo do revolvimento do solo para incorporação de calcário sobre os teores de matéria orgânica. Bruce et al. (1995) verificaram que o incremento na matéria orgânica, obtido com cinco anos de plantio direto, foi perdido quase que totalmente com apenas um revolvimento do solo. Amado et al. (2001) observaram redução de, aproximadamente, 25% do estoque de matéria orgânica de um Argissolo Amarelo ( $150 \text{ g kg}^{-1}$  de argila) sob campo nativo, com apenas uma aração e duas gradagens para incorporação de calcário e fertilizantes.

Dessa forma, tem aumentado o interesse pela busca de alternativas para o estabelecimento de culturas, no sistema plantio direto em áreas anteriormente cultivadas no sistema convencional de preparo do solo ou sob pastagens, sem proporcionar o revolvimento do solo. As vantagens desse procedimento estão relacionadas com a manutenção

das características químicas e estruturais do solo, com maior controle da erosão, e com a economia com as operações de preparo do solo e incorporação de corretivos.

#### **4.2 Acidez do solo**

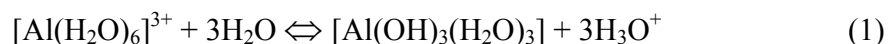
A acidez é generalizada em solos agrícolas brasileiros (Franchini et al., 2001), sendo em muitos casos um dos principais fatores limitantes à produção agrícola. Grande parte dos solos agricultáveis no Brasil apresenta baixos valores de pH, elevados teores de alumínio e manganês trocáveis, baixas saturação por bases e teores baixos de fósforo (OLMOS & CAMARGO, 1976; LOPES, 1983).

A acidificação do solo é um processo natural, resultado da lixiviação de cátions básicos solúveis, seguida pela sua substituição por cátions ácidos (H e Al) no complexo de troca catiônica (Ziglio et al., 1999). Em regiões de clima úmido, há uma tendência constante à acidificação do solo e os dois principais mecanismos responsáveis são o suprimento de íons  $H^+$  para a solução do solo e a remoção de bases da solução (VITTI e LUZ, 2004).

Os solos podem ser naturalmente ácidos em razão da pobreza do material de origem em cálcio, magnésio, potássio e sódio, denominados de bases, ou mediante processos de formação ou de manejo de solos que levam à perda destas bases e, portanto, à acidificação (QUAGGIO, 2000). O processo de acidificação consiste na remoção de cátions para camadas mais profundas do solo, fora do alcance das raízes, ou também pela extração dos mesmos pelas culturas, mediante a colheita dos grãos ou, principalmente, pela remoção da área, de praticamente toda a parte aérea para produção de silagem, como foi verificado por Mateus (2003). Assim, os solos que se encontram nas zonas de clima quente, com altas precipitações pluviais e drenados são, em sua grande maioria, ácidos, mesmo que o material de origem não tenha reação ácida quando em contato com a água (BOHNEN, 2000), pois, ao longo do tempo os cátions, que por sua natureza química, formam compostos mais solúveis, vão sendo lixiviados pela água que percola através do perfil solo.

Os íons presentes na solução do solo e, principalmente, o alumínio que se encontra hidratado, possuem propriedade química capaz de quando em contato com a água, fazer com que esta possa ser decomposta, liberando íons hidrogênio, que podem reduzir

o pH do solo, mediante a seguinte reação de hidrólise (LUCHESE et al., 2001; VITTI e LUZ, 2004):



Assim, à medida que os íons alumínio vão sendo solubilizados da rocha, podem, dentro dos equilíbrios que se estabelecem entre as inúmeras substâncias presentes, provocar reações como a apresentada acima, liberando íons hidrogênio que favorecem a dissolução de mais rocha. Isso apressa a formação do solo, mas, ao mesmo tempo, faz com que o alumínio desloque das cargas da CTC os cátions que são importantes na nutrição das plantas para a solução do solo, favorecendo sua perda por percolação (VITTI e LUZ, 2004).

As plantas, por meio do processo de absorção de cátions, liberam na rizosfera íons hidrogênio para manter a eletroneutralidade do meio (mecanismos antiporte), contribuindo para a acidificação do solo (TAIZ & ZEIGER, 2004). Sendo esse processo mais intenso nas leguminosas que absorvem mais cátions como Ca e Mg, quando comparadas às gramíneas, isso porque uma leguminosa com nodulação eficiente, não absorve tanto nitrato quanto uma gramínea, o que favorece o acúmulo de íons  $\text{H}^+$  na rizosfera (BOHNEN, 2000).

A adição de fertilizantes no solo também pode aumentar a atividade dos íons hidrogênio, baixando o pH. Adubos nitrogenados contendo N-amoniacoal ou N-amídico na composição, quando usados constantemente em solos com baixo poder tampão (arenosos, com baixo teor de matéria orgânica), mediante a reação de nitrificação, em que o amônio é transformado em nitrato, liberam íons  $\text{H}^+$ , reduzindo o pH do solo, de forma a alterar a solubilidade do alumínio, tornando-o tóxico as plantas (BOHNEN, 2000; QUAGGIO, 2000; CIOTTA et al., 2002). Os fertilizantes também possuem outros íons como  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$ , que, após a solubilização, ficam em equilíbrio com os cátions básicos na solução do solo, tornando os cátions básicos sujeitos à lixiviação (QUAGGIO, 2000).

Os microrganismos do solo, quando decompõem os resíduos vegetais no processo de mineralização e formação das substâncias húmicas, podem contribuir para a acidez do solo, mediante a formação de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{H}^+$  (HELYAR, 2003). Além disso, se

ocorrer percolação, os cátions que não estão atraídos pelas cargas negativas do solo podem ser lixiviados juntamente com o nitrato ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e  $\text{KNO}_3$ ), deixando nas camadas mais superficiais os íons hidrogênio que vão manter o pH do solo mais baixo. Com isso, os pontos de troca de cargas negativas vão sendo gradativamente ocupados pelo  $\text{Al}^{3+}$  e, em certos solos, pelo  $\text{Mn}^{2+}$  (BOHNEN, 2000). Dessa forma, no sistema plantio direto, o acúmulo de resíduos vegetais e a reação de adubos nitrogenados na superfície pode baixar o pH e elevar o teor de alumínio trocável na camada superficial em comparação ao sistema convencional de preparo do solo (CIOTTA et al., 2002). No entanto, esta redução no pH não tem acentuado a toxidez de alumínio como seria de se esperar, provavelmente devido a complexação deste por substâncias orgânicas formadas no processo de mineralização dos restos vegetais (MIYAZAWA et al., 1993).

A presença de substâncias ou elementos químicos que possam retardar, prejudicar ou alterar a absorção e/ou a ação fisiológica de qualquer um dos nutrientes essenciais, seja ela de ordem física, química ou bioquímica, é considerada uma ação tóxica, e esse elemento ou substância passa a ser rotulado como tóxico (KAMINSKI & RHEINHEIMER, 2000).

A entrada do nutriente no interior das células pressupõe a passagem pelas membranas celulares, que atuam como barreiras. Para que isso ocorra, existem mecanismos próprios que, simplificada, são conhecidos como carregadores, geralmente proteínas capazes de promover ou facilitar a entrada dos nutrientes na célula. Além disso, a arquitetura das raízes, suas ramificações, diâmetro, presença de pelos absorventes e formação de micorrizas determinam a superfície radicular, ou a área de contato com a solução do solo. Assim, quanto maior a área radicular maior a chance de o nutriente alcançar uma posição favorável à absorção (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A fertilidade do solo está centrada na eficiência com que as plantas adquirem e utilizam os nutrientes essenciais, e depende do sincronismo, entre a capacidade em fornecê-los em quantidade e taxas suficientes, e da habilidade que as plantas possuem em absorvê-los. Os solos ácidos são considerados de baixa fertilidade, porque as quantidades de alguns nutrientes, especialmente cálcio, magnésio e fósforo, são insuficientes, e a presença de alumínio interfere no processo de absorção das plantas, já que ele inibe o crescimento radicular diretamente e altera o funcionamento dos carregadores (KAMINSKI &

RHEINHEIMER, 2000; PAVAN e OLIVEIRA, 2000). Assim, a presença das formas de alumínio na solução do solo não interfere de forma considerável diretamente na disponibilidade dos nutrientes, mas na capacidade de absorção das plantas.

As espécies de alumínio solúvel são todas derivadas, pelo processo de dissociação da  $[Al(H_2O)_6]^{3+}$  (LUCHESE et al., 2001), a qual é a principal responsável pelos prejuízos no crescimento das plantas cultivadas. No entanto, a composição da solução do solo que entra em contato com as raízes é muito importante para o aparecimento de toxidez. À medida que o pH aumenta, a água do alumínio hexahidratado  $[Al(H_2O)_6]^{3+}$ , que predomina na solução em  $pH < 5,0$ , sofre deprotonação e desaparece a partir de pH próximo de 5,5. Além disso, a presença de outros cátions, especialmente, cálcio, magnésio e potássio (BRUNET, 1994), ou a presença de ânions orgânicos (MIYAZAWA et al., 1993; MIYAZAWA et al., 2000) e inorgânicos têm participação na atividade do alumínio e na distribuição de suas espécies, o que afeta a sua fitotoxicidade (MENDONÇA e ROWEL, 1994). Geralmente, quanto maior a força iônica da solução, principalmente na presença de substâncias orgânicas com capacidade quelante, menor será a atividade do alumínio e menor seu potencial tóxico às plantas (KAMINSKI & RHEINHEIMER, 2000).

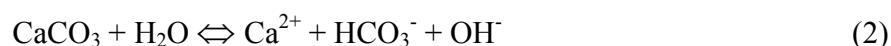
A distribuição e localização do sistema radicular no perfil podem interferir na expressão dos efeitos danosos do solo ácido. Na parte superior do horizonte superficial, onde a quantidade de resíduos e matéria orgânica é mais alta, os ânions orgânicos e intermediários da decomposição dos resíduos podem bloquear as espécies tóxicas do alumínio da solução do solo e, especialmente, mantém esse elemento fortemente adsorvido na fase sólida, porém à medida que as raízes se aprofundam, o efeito do alumínio é mais pronunciado (MARSCHNE, 1991; MENDONÇA e ROWEL, 1994). As plantas submetidas ao estresse por alumínio têm o crescimento radicular diminuído, ramificação deficiente, raízes curtas e grossas, o que diminui o volume de solo explorado, além de inibir a absorção e translocação de nutrientes (RHEINHEIMER et al., 1994). Mas a inibição do crescimento radicular em subsolos ácidos é de importância secundária do ponto de vista da absorção de nutrientes, uma vez que, a disponibilidade de nutrientes em profundidade, via de regra, é baixa. A maior contribuição na absorção de nutrientes, em solos ácidos é da camada superficial do solo. Dessa forma, a maior importância de um sistema radicular profundo reside fundamentalmente na aquisição de água pelas plantas (ROSOLEM, 1995). A capacidade da

camada superficial em fornecer água às plantas durante períodos secos é limitada (BLACK, 1993). Conseqüentemente, a acidez que inibe o crescimento radicular nas camadas mais profundas do solo pode restringir o crescimento das plantas pela limitação no fornecimento de água (COSTA, 2000).

### 4.3 Calagem no sistema plantio direto

Com a prática da calagem podem ser neutralizados os íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$ , liberando cargas que serão ocupadas por  $Ca^{++}$  e  $Mg^{++}$  (MIYAZAWA et al., 2000), e restaurar a capacidade produtiva dos solos, aumentar a disponibilidade de nutrientes além de diminuir os elementos tóxicos (PAVAN e OLIVEIRA, 2000).

O calcário, quando misturado ao solo e na presença de água, dissolve-se e o carbonato de cálcio dissocia-se de acordo com a seguinte reação (BOHNEN, 2000; QUAGGIO, 2000):



Os produtos da dissolução do calcário reagem com os colóides do solo, e nessa reação os íons  $Ca^{2+}$  deslocam o íon  $Al^{3+}$  ligado nas partículas coloidais para a solução de equilíbrio. Enquanto isso, o pH do meio é aumentado, pois, os íons  $HCO_3^-$ , provocam a dissociação dos íons  $H^+$ , formando água e gás carbônico. Com a elevação do pH, os íons  $Al^{3+}$  hidratados, sofrem hidrólise (equação 1). Os íons  $H^+$ , provenientes da hidrólise do  $Al^{3+}$  são neutralizados por hidroxilas oriundas da dissolução do calcário (QUAGGIO, 2000).

Diferentemente do plantio convencional, no sistema plantio direto o calcário não é misturado ao solo e sua aplicação é feita na superfície, sem incorporação (CAIRES et al., 2006a). A prática de revolvimento do solo para incorporação do calcário altera algumas características físicas do solo, diminuindo a porosidade, a distribuição de tamanho e a estabilidade dos agregados, além de destruir os canais resultantes do crescimento radicular e da atividade biológica, o que prejudica a infiltração de água, aumentando o escoamento superficial e facilitando a erosão (FUCKS et al., 1994). Isso é preocupante, pois

de acordo com Cargnelutti et al. (1996) são necessários cerca de três anos de plantio direto para recuperar de 50 a 90% dos agregados destruídos pela mobilização do solo.

A eficiência do calcário depende da área superficial de contato com o solo e do tempo de reação deste, devido a sua baixa solubilidade e dessa forma, a sua eficiência está diretamente relacionada com a granulometria, uniformidade de aplicação ao solo e com a antecedência de aplicação em relação aos períodos de demanda pelas culturas (ANGHINONI e SALET, 2000). O benefício máximo é obtido com a aplicação antecipada, distribuição uniforme e a mais profunda incorporação (RAIJ et al., 1996), porém, isso não é possível no sistema plantio direto, visto que não há o revolvimento do solo.

Em plantio direto, a calagem assume um aspecto importante em razão da necessidade de aplicação na superfície do solo sem a incorporação (CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 1999; CAIRES e FONSECA, 2000; PAVAN e OLIVEIRA, 2000; RHEINHEIMER et al., 2000). Isso tem gerado questionamento quanto à eficiência ou não dessa prática (SÁ, 1995), pois os materiais utilizados como corretivos de acidez na agricultura são pouco solúveis em água, e apresentam baixa mobilidade no solo (CAIRES et al., 1998; PAVAN e OLIVEIRA, 2000). Além do que, ainda faltam informações a respeito da reação do calcário aplicado na superfície do solo, em sistema plantio direto, bem como das conseqüências das alterações das características químicas do solo, pela calagem superficial, sobre a nutrição mineral e produção das culturas (CAIRES et al., 1999, 2006b).

De acordo com CAIRES et al. (1999) no sistema plantio direto, como a calagem é realizada superficialmente, sem incorporação, espera-se que a ação do calcário seja muito mais lenta e restrita às camadas superficiais do solo, o que torna a eficiência dessa prática incerta (CAIRES et al., 2000a), pois os materiais corretivos da acidez são pouco solúveis em água, tendo os produtos de sua reação com o solo mobilidade limitada no perfil (CAIRES et al., 1998).

Nos últimos anos, vários trabalhos têm demonstrado a formação de uma frente alcalinizante, que avança gradualmente, neutralizando a acidez de superfície e de subsuperfície. Assim, inúmeras são as evidências à ação benéfica da calagem superficial atuando nas primeiras camadas abaixo da superfície do solo. A diminuição do alumínio trocável e o aumento do pH do solo, até 0,40 m de profundidade, 32 meses após a aplicação de calcário na superfície foi constatada por Oliveira e Pavan (1996) em Latossolo Vermelho, na



região de Ponta Grossa, em sistema plantio direto já estabelecido. No mesmo tipo de solo e região, Caires et al. (1999) observaram aumento nos valores de pH e teores de cálcio e magnésio, além da diminuição do alumínio trocável, até a profundidade de 0,40 m, 18 meses após a aplicação de corretivo. Lima (2001) em um Nitossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, na região de Botucatu-SP, verificou aumento do pH e da saturação por bases até a profundidade de 0,40 m, apenas 5 meses após a aplicação do calcário, na implantação do sistema.

Por outro lado, também na região de Botucatu, em um Latossolo Vermelho distroférico, Barizon (2001) verificou efeito da calagem superficial na redução da acidez potencial e elevação do pH, apenas na camada superficial (0-0,05 m), 10 meses após a aplicação do corretivo. Além disso, em outras regiões, há relatos indicando que as alterações nas características do solo, pela aplicação superficial de calcário, se restringiram a camadas de 0-0,10 m, 12 meses após a aplicação de corretivo na superfície (CAIRES et al., 1998) e 0-0,05 m, 34 meses após a aplicação de corretivo na superfície (PÖTTKER e BEN, 1998). Resultados semelhantes foram observados por Pavan et al. (1984) e Meda et al. (2002a).

É importante ressaltar que o tempo de reação do calcário aplicado na superfície no sistema plantio direto pode variar em função da dose, das características químicas e físicas do solo, do manejo da adubação, do sistema de rotação de culturas (manejo de resíduos orgânicos), da reatividade do corretivo e da precipitação pluvial (CAIRES, 2000; COSTA, 2000; CRUSCIOL et al., 2003a). Dessa forma, em diferentes regiões e em diferentes sistemas de produção, a eficiência da calagem realizada em superfície pode ser diferente.

A resposta das culturas a calagem superficial em sistema plantio direto tem sido positiva quando a acidez do solo é elevada (BLEVINS et al., 1978, OLIVEIRA e PAVAN, 1996; LIMA 2001 e 2004; SORATTO, 2005), principalmente quando a saturação por alumínio é alta (SÁ, 1999) e quando se utiliza espécies e cultivares sensíveis ao alumínio (SÁ, 1999; PÖTTKER e BEN, 1998).

Caires (2000) relata que os aumentos verificados na produtividade de grãos demonstram a eficiência da aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. A cevada, comparada à soja, milho e trigo foi a cultura que apresentou a maior resposta à calagem na superfície, em decorrência de sua sensibilidade à acidez do solo. Vários autores verificaram aumentos de produtividade de soja (OLIVEIRA e PAVAN, 1996, SÁ, 1999;

CAIRES et al., 2000), milho e trigo (SÁ, 1999; CAIRES et al., 2000b) em função da aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto já estabelecido, e de soja (BARIZON, 2001), milho (MELLO, 2001; LIMA, 2004), arroz, feijão e aveia preta (SORATTO, 2005) em função da aplicação superficial de calcário na implantação do sistema plantio direto.

O melhoramento vegetal, ao selecionar cultivares tolerantes a acidez do solo, busca criar genótipos com melhor desenvolvimento radicular em solos ácidos (RAIJ et al., 1998). O efeito primário da toxicidade por alumínio é a paralisação irreversível do desenvolvimento do sistema radicular (CARVER e OWNBY, 1995). As plantas sensíveis ao alumínio crescendo em solos ácidos, mesmo corrigidos, podem sofrer sérias limitações de exploração do solo em profundidade, pois, o efeito da calagem é geralmente maior na camada superficial, enquanto as camadas profundas continuam ácidas. Nos cultivares mais tolerantes essas limitações são menos evidentes (BATAGLIA et al., 1985; PARRA e MODA-CIRINO, 1996).

Em Latossolo Vermelho da região dos Campos Gerais do Paraná, Sá (1999), avaliando a produção acumulada de grãos de soja, milho e trigo, pelo período de seis anos, constatou que com a utilização de cultivares tolerantes, a aplicação em superfície apresentou resultados iguais àqueles com incorporação do corretivo e que apenas os cultivares sensíveis apresentaram redução na produtividade pela acidez. Os resultados evidenciam que o uso de cultivares tolerantes a acidez é uma alternativa para se conseguir produtividades satisfatórias, no início do sistema, onde o calcário aplicado superficialmente ainda não promoveu correção efetiva da acidez, principalmente, nas camadas subsuperficiais do solo.

Na região Sul do Brasil, tem-se observado elevadas produtividades das culturas na ausência de calcário, em solos sob plantio direto, mesmo com elevada acidez, o que pode estar relacionado a uma série de fatores inerentes a esse sistema (CAIRES et al., 2000).

O maior teor de matéria orgânica e a maior concentração de nutrientes na superfície do solo, no sistema plantio direto, são dois fatores que alteram o comportamento do alumínio em solução. Essas duas características reduzem a atividade do alumínio, e conseqüentemente, o seu potencial químico, pois o alumínio pode formar complexos com ligantes orgânicos simples de baixo peso molecular (citrato, malato, oxalato, etc.), provenientes da decomposição de resíduos de culturas da superfície do solo, ou com ácidos

fúlvicos da matéria orgânica estável do solo (PAVAN et al, 1984; MYAZAWA et al., 1992; PAVAN, 1997; SALET, 1998; ANGHINONI e SALET, 2000). Além disso, o aumento na capacidade de troca de cátions dos solos, devido ao maior teor de matéria orgânica, pode proporcionar maior concentração de cátions trocáveis, mesmo em condições de alta acidez. Dessa forma, em solos ácidos manejados no sistema plantio direto, os teores de Ca, Mg e K trocáveis podem ser suficientes para a obtenção de altas produtividades das culturas (CAIRES et al., 1998).

Outro fator importante, é que no sistema plantio direto há maior umidade nas camadas superficiais (SALTON e MIELNICZUK, 1995), mantendo-se por mais tempo na faixa de água disponível para as plantas, em função da cobertura do solo, que reduz as perdas por evaporação. A maior retenção de água no sistema plantio direto tem sido observada em vários trabalhos (SALTON e MIELNICZUK, 1995; STONE e SILVEIRA, 1999) e apontada como uma das vantagens desse sistema de cultivo. Portanto, a elevada produção de grãos em condições de alta acidez do solo, em sistema plantio direto já estabelecido, principalmente na região sul do Brasil, também pode estar relacionada à adequada absorção de nutrientes pelas plantas, provavelmente em decorrência de maior umidade disponível no solo (CAIRES e FONSECA, 2000). Assim, Vitti & Luz (2004) ressaltaram que no sistema plantio direto, as culturas têm respondido a calagem num nível de pH mais baixo, em relação ao sistema convencional de preparo de solo, e que a aplicação de calcário em superfície tem sido eficaz em reduzir a acidez do solo, porém torna-se necessária nova recomendação dessa nova prática.

O conhecimento da dinâmica da correção da acidez a partir da superfície do solo no sistema plantio direto, ao longo do tempo, é necessário para que possam ser estabelecidos ajustes na recomendação de calagem (doses e frequência) (AMARAL e ANGHINONI, 2001; CAIRES et al., 2005).

O critério e as recomendações de calagem para o estabelecimento do sistema plantio direto, permanecem os mesmos indicados para o sistema convencional, e os grandes questionamentos surgem por ocasião da reaplicação do calcário no sistema plantio direto estabelecido, quando a acidez do solo estiver limitando os rendimentos das culturas. Uma das questões diz respeito ao critério de tomada de decisão e ao índice utilizado para definir a dose de calcário a aplicar, pois, freqüentemente, o método adotado recomenda aplicar

doses elevadas em lavouras que mantêm a produtividade das culturas ainda alta; e a segunda questão diz respeito à forma de reaplicar calcário, uma vez que no sistema plantio direto se preconiza o não revolvimento do solo (ANGHINONI e SALET, 2000). Considerando os resultados de pesquisa no sul do Brasil o tempo para a primeira reaplicação pode ser superior a cinco anos, e a dose aplicada pode ser menor, em comparação com as recomendações em uso (COMISSÃO, 1995), e a frequência das aplicações subsequentes deve ser maior, em relação ao recomendado para o sistema convencional.

Anghinoni e Salet (1998) sugerem a aplicação no primeiro ano da dose referente à camada superficial (0-5 cm) e, a cada dois anos, as doses correspondentes às camadas subsequentes (5-10 e 10-15 cm).

Alguns trabalhos evidenciam os efeitos positivos da reaplicação de calcário superficial e entre eles está o de Caïres et al., (2006b) que em uma área com cerca de 10 anos após a aplicação superficial de calcário (0, 2, 4 e 6 ton ha<sup>-1</sup>) e três anos da reaplicação de calcário na superfície (0 e 3 ton<sup>-1</sup>), em Latossolo Vermelho, concluíram que a calagem na superfície ocasionou aumento de até 66% no crescimento radicular (0-60 cm) e de até 140% na produção de trigo. Gatiboni et al., (2003) verificaram em Argissolo Vermelho distrófico que a reaplicação superficial de calcário proporcionou uma frente alcalinizante no perfil do solo e migração de Ca e Mg em todo horizonte A. Amaral (2001) avaliando o efeito da reaplicação de calcário, com e sem incorporação ao solo no sistema plantio direto, sobre as características químicas das fases sólida e líquida ao longo do tempo e do perfil de um Argissolo Vermelho distrófico, cultivado há oito anos no sistema plantio direto com reaplicação de calcário a cada quatro anos verificou efeitos relativamente rápidos da reaplicação de calcário na superfície do solo em profundidade até 4 cm.

#### **4.4 Fatores que afetam a correção da acidez do solo em aplicações superficiais**

É possível que ocorra movimentação física do calcário em profundidade, atribuída a diversos fatores. O mais conhecido é o deslocamento físico de partículas do corretivo através de canais formados por raízes mortas, mantidos intactos em razão da ausência de preparo convencional do solo (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; PETRERE

e ANGHINONI, 2001; AMARAL et al., 2004b). Há também, a formação de planos de fraqueza no solo que permitem o deslocamento físico de finas partículas de calcário através do movimento descendente da água (PETRERE & ANGHINONI, 2001; AMARAL et al., 2004b). Porém, esse mecanismo, sozinho, provavelmente não justifica os expressivos efeitos da calagem superficial em profundidade observados em diversos experimentos, principalmente quando a área encontra-se recém implantada no sistema plantio direto. Pois, a lixiviação de partículas finas do calcário é pouco provável, visto que uma partícula muito fina (por exemplo, com diâmetro de 0,001 mm) é 2.000 vezes maior que um íon  $\text{Ca}^{2+}$  hidratado. Dessa forma, a maior parte do efeito da calagem em profundidade é devido à movimentação de íons (TEDESCO e GIANELLO, 2000). Assim, a água que percola no solo, normalmente encontra-se enriquecida com os produtos da dissolução do calcário, responsáveis pela neutralização da acidez e aumento dos cátions de reação básica, permitindo maior atuação em profundidade (RHEINHEIMER et al., 2000).

Também, pode ocorrer arrasto de calcário pela água de infiltração nas galerias de organismos do solo e macrocanais biológicos (RHEINHEIMER et al., 2000), formados pela mesofauna do solo (ácaros e colêmbolas) e macrofauna (minhocas, besouros, cupins, formigas, centopéias, aranhas, lesmas e caracóis). A incorporação biológica do calcário pela ação dos microrganismos é efetiva, pois são responsáveis por mais de 95% da decomposição ocorrida no solo, sendo que os outros 5% da fauna participam com o rearranjo dos detritos e sua desintegração, havendo com isto a incorporação dos resíduos vegetais da superfície juntamente com o calcário aplicado (HOLTZ e SÁ, 1995).

A pequena mobilização do solo que ocorre somente na linha de semeadura no sistema plantio direto, também contribui com a movimentação física do calcário em função da incorporação ocorrida nesta região, e, com os repetidos ciclos de semeadura, auxilia no caminhamento em profundidade das partículas do corretivo (RHEINHEIMER et al., 2000).

Para Caires et al. (1999), a ausência de efeito da calagem superficial sobre o pH nas camadas intermediárias de solo, voltando a atuar em profundidade, é um forte indício de que não deve ocorrer acentuado deslocamento físico do calcário, devendo a elevação do pH em camadas mais profundas do solo ser atribuída a outros mecanismos.

A dissolução do calcário, em solos ácidos, promove a liberação de ânions ( $\text{OH}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ ), os quais reagem com os cátions de reações ácidas da solução do solo ( $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ), havendo posteriormente a formação e a migração de  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  e  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  para camadas mais profundas do solo (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; RHEINHEIMER et al., 2000). Costa (2000), em estudos com calagem superficial no sistema plantio direto, verificou aumento nos teores de Mg na solução do solo, em todo o perfil do solo, indicando movimentação para as camadas subsuperficiais do Mg oriundo da reação de hidrólise do calcário dolomítico aplicado em superfície. Os resultados confirmaram a hipótese estabelecida por Oliveira & Pavan (1996), de formação de pares iônicos entre o bicarbonato, cálcio e magnésio facilitando o seu movimento no perfil do solo. Quando o pH da solução do solo alcança valores superiores à 5,5, a espécie  $\text{HCO}_3^-$  passa a estar presente como forma estável na solução e sua concentração aumenta até atingir valores máximos na faixa de pH 8,0 e 8,5 (BOHN et al., 1979). Nessas condições, o  $\text{HCO}_3^-$  pode migrar com o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{Mg}^{2+}$ , corrigindo a acidez do solo além do local de aplicação do calcário (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; COSTA, 2000). No entanto, enquanto existirem cátions ácidos a reação de neutralização da acidez ficará limitada à camada superficial, retardando o efeito em subsuperfície (RHEINHEIMER et al., 2000). Assim, para que a neutralização da acidez ocorra em subsuperfície, os produtos da dissolução do calcário devem ser arrastados para camadas inferiores (LIMA, 2004).

É provável que os ânions, como nitratos, sulfatos e cloretos, originados da decomposição dos resíduos vegetais ou da adição de fertilizantes, contribuam para o caminhamento do Ca e Mg e, em menor grau, de outros cátions (CAIRES et al., 1998; SILVA e VALE, 2000). Existem muitos exemplos na literatura demonstrando a correção da acidez do subsolo pela adição de calcário e fertilizantes nitrogenados (PEARSON et al., 1962; ADAMS et al., 1967; CRUSCIOL et al., 2003a). A redução da acidez, nesse caso, pode ser motivada pela absorção de nitratos, devida à chamada absorção alcalina (RAIJ et al., 1988). No sistema plantio direto grande quantidade de  $\text{NO}_3^-$  é observada no solo, seja devido ao acúmulo de matéria orgânica, que ocorre em função das sucessões e rotações de culturas, ou pelas elevadas doses de adubos nitrogenados, que são utilizadas para obtenção de altas produtividades (CAIRES et al., 1998). Silva e Vale (2000) constataram que a movimentação de Ca em profundidade no perfil do solo foi mais dependente da fertilização nitrogenada do

que dos resíduos vegetais utilizados. Crusciol et al. (2003a) constataram que a aplicação de N-inorgânico, na cultura do arroz de terras altas, promoveu lixiviação de bases e correção da acidez no perfil do solo em área que recebeu calagem superficial. A elevação do pH decorrente da aplicação de N-inorgânico pode ser atribuída a exsudação de  $\text{OH}^-$  ou  $\text{HCO}_3^-$  pela raízes da gramínea, para manter o equilíbrio iônico nas células, devido a elevada absorção de  $\text{NO}_3^-$  das camadas mais profundas do solo, o que resultou em elevação do pH na rizosfera (QUAGGIO, 2000).

Recentemente a eficiência da calagem superficial sobre a elevação do pH, movimentação de Ca e Mg trocáveis e redução da acidez potencial ( $\text{H}^+\text{Al}$ ), nas camadas subsuperficiais, tem sido associada ao manejo de resíduos orgânicos (MIYAZAWA et al., 1996; OLIVEIRA e PAVAN, 1996; FRANCHINI et al., 2001; MEDA et al., 2001; MEDA et al., 2002b; MIYAZAWA et al., 2000; MIYAZAWA et al., 2002; ZIGLIO et al., 1999). Segundo Caires (2000) e Miyazawa et al. (2000), a permanência de resíduos vegetais na superfície e a ausência de revolvimento do solo reduzem a taxa de decomposição dos ligantes orgânicos por microrganismos, sendo que com a disponibilidade de água, os compostos orgânicos podem ser solubilizados e lixiviados. Tal fato, somado ao constante aporte de resíduos, possibilita a produção contínua desses compostos orgânicos, podendo resultar em sua perenização no solo (AMARAL et al., 2004a).

De acordo com Miyazawa et al. (1996) e Franchini et al. (2001), o provável mecanismo de lixiviação de bases trocáveis em áreas de cultivo sem sistema de preparo do solo está relacionado à formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas, sendo esses ácidos orgânicos responsáveis por promoverem as maiores alterações químicas até camada subsuperficial dos solos.

Na camada superficial do solo, os ligantes orgânicos complexam o cálcio trocável, formando um composto estável ou com carga negativa, o que facilita sua mobilidade no solo (MIYAZAWA et al., 2000). Na camada subsuperficial, o cálcio dos complexos Ca-Lorgânico é deslocado pelo alumínio trocável do solo, porque os íons  $\text{Al}^{3+}$  formam complexos mais estáveis que  $\text{Ca}^{2+}$ , diminuindo a acidez trocável e aumentando o cálcio trocável (equação 3). Para o magnésio as reações são semelhantes (CAIRES et al., 1998).



onde, M = Ca, Mg e K.

No entanto, o efeito do resíduo vegetal na mobilidade dos produtos da dissolução do calcário no solo varia com a espécie de planta, com as variedades de uma mesma espécie (MEDA et al., 2002b) e com o estágio em que a planta é manejada (FRANCHINI et al., 2003). Assim, os resíduos produzidos pelas plantas de cobertura são mais efetivos do que os de culturas comerciais obtidos após a colheita de grãos (FRANCHINI et al., 1999a; 1999b; 2003; MEDA et al., 2001; MIYAZAWA et al., 2002). Franchini et al. (2003) avaliando a composição orgânica da fração solúvel de resíduos vegetais observaram que a capacidade desses materiais na mobilização de cátions em solos ácidos estava relacionada com o teor de ácidos orgânicos de baixo peso molecular, tais como: cítrico, málico, t-aconítico entre outros, cuja presença na planta está diretamente relacionada com a atividade metabólica e conseqüentemente com seu estágio de desenvolvimento, o que os torna mais abundantes nos resíduos manejados em seu pleno crescimento vegetativo ou início do florescimento, situação comum em plantas de cobertura.

A espécie de planta utilizada para produção de palha no sistema plantio direto, por si só, pode interferir no processo de acidificação do solo. Algumas espécies têm a capacidade de aumentar o pH da rizosfera e, conseqüentemente, do solo. O exemplo mais marcante é a aveia-preta, que absorve mais ânions do que cátions, havendo assim, excesso de cargas negativas que deve ser compensado pelo metabolismo da planta para manter o equilíbrio elétrico no citoplasma das células. As plantas conseguem esse equilíbrio mediante a exsudação de ânions como  $\text{OH}^-$  ou  $\text{HCO}_3^-$  pelas raízes o que resulta em elevação do pH da rizosfera (QUAGGIO, 2000). Algumas características intrínsecas aos solos, principalmente aquelas relacionadas com o tamponamento, também afetam a profundidade de atuação das reações de correção do solo provocadas pela calagem (ERNANI et al., 2001).

O poder tampão de um solo está ligado à sua capacidade de resistir à aplicações de ácidos, ou bases, sem sofrer grandes alterações em seu pH. Esta capacidade encontra-se associada aos constituintes do solo. Assim, solos argilosos ou com elevados teores de matéria orgânica, geralmente apresentam maior poder tampão, pois os pontos de troca dos



colóides orgânicos e minerais, funcionam como receptores e fornecedores de  $H^+$ , mantendo o pH do solo sem grandes alterações (LUCHESE, et al. 2001). Pöttker & Ben (1998) observaram que em um solo de textura média, houve maior efeito da calagem aplicada em superfície na correção da acidez em profundidade, quando comparado com um solo de textura argilosa.

A qualidade do corretivo utilizado também pode ter influência na velocidade de correção do solo. Porém, são escassos os trabalhos relacionados com a utilização de diferentes tipos de corretivos em aplicações superficiais. Em linhas gerais Verlengia e Gargantini (1972) e Souza e Neptune (1979) afirmam que quanto menor a granulometria do calcário, mais rápida é a sua reação de neutralização. Calcário com granulometria mais fina apresenta maior reatividade que calcário com granulometria mais grosseira, no sistema plantio direto (MELLO, 2001, GONÇALVES, 2003). No entanto, a velocidade de reação do corretivo e o efeito residual são duas grandezas inversas, que se contrapõem. Os materiais finamente moídos reagem rapidamente no solo, mas seu efeito é mantido por um período mais curto do que materiais mais grosseiros (TISDALE e NELSON, 1985). O efeito residual de um corretivo é fator primordial no manejo dos solos ácidos, devendo ser considerado, principalmente, na avaliação da economicidade da calagem (RAIJ & QUAGGIO, 1984).

Os silicatos provenientes de escórias de siderurgia também podem ser utilizados como corretivos de acidez, fornecedores de Ca e Mg, além de fornecer silício as plantas (KORNDÖRFER, 2002). Vários autores constataram efeito mais rápido do silicato em comparação ao calcário, quanto à correção da acidez e elevação nos teores de Ca e Mg em profundidade (RAMOS et al., 2003; BARBOSA et al, 2003; CORRÊA et al., 2004). Isso ocorre porque, as fontes de silicatos apresentam solubilidade seis a sete vezes superior ao calcário, o que facilita a sua mobilidade no solo (ALCARDE, 1992).

#### **4.5 Aplicação de gesso agrícola no sistema plantio direto**

Outro problema bastante comum, principalmente na região do Cerrado, é a deficiência de cálcio na subsuperfície do solo, associada ou não à toxidez de alumínio. As limitações causadas pela acidez do subsolo à produtividade agrícola, devido à

restrição ao crescimento radicular e à absorção de água e nutrientes pelas culturas, têm sido amplamente divulgadas na literatura (PAVAN et al., 1982; RITCHEY et al., 1982; SUMNER et al., 1986; QUAGGIO, 2000). A melhoria das condições do solo abaixo das camadas superficiais pode ser um fator de aumento de produtividade das culturas, especialmente quando há ocorrência de períodos de deficiência hídrica, comuns nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil.

Considerando que o sistema plantio direto preconiza a não movimentação do solo para a incorporação de corretivos de acidez, os quais devem ser aplicados superficialmente, o gesso é uma importante opção para a correção da acidez subsuperficial.

O gesso agrícola, constituído principalmente por sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), é um subproduto da indústria do ácido fosfórico, que ocorre em forma similar também em jazidas (SUMNER, 1995; SOUSA et al., 1996) e é largamente disponível em muitas partes do mundo. No Brasil, o produto originário da indústria é o mais utilizado, pela grande disponibilidade, já que cerca de 3,3 milhões de toneladas são produzidas anualmente (FREITAS, 1992).

O gesso atua sobre dois fatores que impedem ou dificultam o desenvolvimento radicular das plantas: o excesso de alumínio e a deficiência de cálcio (RAIJ et al., 1998). A eficiência do gesso na redução dos efeitos da acidez no subsolo tem sido demonstrada por vários autores (SOUSA et al., 1996; CARVALHO e RAIJ, 1997; RAIJ et al., 1998; ERNANI et al., 2001; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004; SORATTO, 2005; CAIRES et al., 2006a). A utilização de gesso pode favorecer o desenvolvimento das raízes em profundidade, abaixo da camada corrigida pela calagem. O maior desenvolvimento das raízes provavelmente ocorre devido à diminuição da toxicidade do alumínio pela formação do par iônico  $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$  (OLIVEIRA e PAVAN, 1996).

O interesse pelo uso de gesso para diminuir o problema da acidez do subsolo em sistema plantio direto é decorrente da sua maior solubilidade em relação ao calcário. Assim, por ser relativamente solúvel (Bolan et al., 1991 citados por SUMNER, 1995), o gesso agrícola aplicado na superfície do solo movimenta-se ao longo do perfil sob a influência da percolação de água. Como consequência, obtêm-se aumento no suprimento de cálcio e redução da toxidez de alumínio no subsolo (SUMNER, 1995).

Dessa forma, o gesso agrícola tem sido utilizado em solos ácidos como produto complementar ao calcário (BRAGA et al., 1985; SILVA et al., 1998). A alta mobilidade do gesso tem sido atribuída a sua maior solubilidade e à presença de um ânion estável ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Este ânion forma par iônico neutro com o íon  $\text{Ca}^{2+}$ , e com isto leva o cálcio até a subsuperfície do solo. O íon  $\text{SO}_4^{2-}$  pode ainda formar  $\text{Al}(\text{SO}_4)^+$ , que é menos disponível (PAVAN et al., 1982; PAVAN et al., 1984). A liberação de  $\text{OH}^-$  pelo  $\text{SO}_4^{2-}$ , mediante troca de ligantes, com a formação de estruturas hidroxiladas de alumínio, mecanismo chamado por REEVE e SUMNER (1972) de “autocalagem” e a precipitação de alumínio, com formação de minerais (ADAMS e RAWAYFIH, 1977), também tem sido indicadas. Isto demonstra que o gesso pode reduzir a atividade do alumínio em solução, e também aumentar os teores de Ca e os valores de pH na subsuperfície do solo, em consequência do seu uso (SUMNER et al., 1986; CAIRES et al., 2003). Em função disso, ocorre maior proliferação de raízes no subsolo e maior aproveitamento de água e de nutrientes pelas plantas (RITCHEY et al., 1980). Além do que, o gesso é fonte de enxofre, elemento essencial para as planta e que pode limitar a produção das culturas (MORAES et al., 1998).

Um problema freqüentemente observado com a aplicação de gesso em solos está relacionado à intensa movimentação de bases trocáveis. Além da movimentação de Ca em profundidade, o gesso também proporciona lixiviação de Mg trocável. A lixiviação de Mg tem sido freqüente nos estudos com aplicação de gesso em solos (DAL BÓ et al., 1986; CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004; SORATTO, 2005). Em função disso, o uso de gesso não tem sido recomendado de forma isolada, e sim em combinação com a aplicação de calcário dolomítico (CAIRES, 2000). Porém, dependendo da dose de gesso utilizada e do tempo decorrido de sua aplicação, a lixiviação do Mg trocável pode ser muito intensa, mesmo em combinação com a calagem (SILVA et al., 1998; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 2001a), podendo também ocorrer lixiviação de K, provocada pelo uso de gesso, dependendo do tipo de solo (DAL BÓ et al., 1986; SILVA et al., 1998; SUMNER, 1995; SORATTO, 2005). No sistema plantio direto, no entanto, tais perdas de K trocável com a aplicação de gesso têm sido relativamente pequenas (CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 2001a; CAIRES et al., 2004, SORATTO, 2005). A calagem pode contribuir para a redução da lixiviação do K, pois aumenta a CTC efetiva do solo, mas não elimina o movimento proporcionado pelo gesso.

O gesso agrícola aplicado na superfície apresenta eficiência na melhoria do ambiente radicular do subsolo no sistema plantio direto, causando elevação do pH, redução do Al trocável e aumento do Ca trocável e do sulfato (CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 1999; SORATTO, 2005). Tais efeitos positivos do gesso foram observados após 8 meses por Caires et al. (1998) e mantiveram-se consistentes por longo período de tempo (CAIRES et al., 1999). Caires et al. (2003) observaram aumento do pH nas camadas de 0,20-0,40 m aos 8 meses e de 0,40-0,60 m aos 20 e 32 meses após a aplicação superficial de gesso. Soratto (2005), concluiu que a aplicação de gesso promoveu aumento nos teores de pH, Ca, S e reduziu os teores de Al trocável no solo até 18 meses após a aplicação. Os autores atribuíram esse efeito a uma reação de troca de ligantes na superfície das partículas de solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, com o  $\text{SO}_4^{2-}$  deslocando  $\text{OH}^-$  e assim, promovendo neutralização parcial da acidez (REEVE e SUMNER, 1972). Em outros trabalhos foram verificados aumentos nos teores de cálcio no perfil do solo, lixiviação do magnésio (CAIRES et al., 2001a; CAIRES et al., 2001b; CAIRES et al., 2003) e redução do alumínio trocável (CAIRES et al., 2001b), devido à aplicação de gesso na superfície.

Dessa forma, apesar do grande potencial de uso do gesso na melhoria das propriedades químicas das camadas subsuperficiais dos solos, mediante a elevação do teor de cálcio e redução da atividade do alumínio desses solos, a indicação da gessagem em substituição à prática da calagem não é recomendada (SILVA et al., 1998).

Além disso, ainda existem dúvidas quanto ao método de recomendação do produto, e em que condições podem se esperar respostas das culturas a aplicação superficial de gesso agrícola em combinação com a calagem em superfície, na implantação do sistema plantio direto, principalmente nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, que são em grande parte caracterizadas por apresentarem condições de inverno seco, ou seja, em um período aproximado de 4 a 6 meses por ano, praticamente não ocorrem chuvas ou a precipitação pluvial é muito baixa nessas regiões.

#### **4.6 Calagem e gessagem na cultura do amendoim**

O Brasil cultiva anualmente em duas safras cerca de 100.000 hectares de amendoim, que é uma planta oleaginosa com alto rendimento de produção, sendo a cultura

que acumulou os maiores ganhos de tecnologia nos últimos 5 anos; e essa evolução foi suficiente para colocar o país entre os países exportadores, ainda que com pequenos volumes. Atualmente podem ser identificadas algumas mudanças importantes no perfil da cultura, principalmente o fato de cultivares rasteiras, pertencentes ao grupo Virgínia, terem quebrado a hegemonia das variedades de porte ereto, como a cultivar Tatu Vermelho (grupo Spanish) que dominou as safras dos últimos 40 anos (AGRIANUAL, 2008).

Quando se trata de calagem na cultura do amendoim, existe na literatura um destaque muito grande para o cálcio, sendo a calagem, quase sempre, considerada mais como uma operação fornecedora do nutriente do que corretiva da acidez. Esta situação prevalece porque as pesquisas foram quase sempre direcionadas no sentido de avaliar somente os efeitos do nutriente cálcio do calcário e não da ação corretiva desse material na acidez do solo e, ainda, das conseqüências dessa acidez no desenvolvimento do amendoim ou na sua produtividade (NAKAGAWA et al., 1983).

A calagem é uma das práticas recomendadas na condução da cultura, principalmente em solos com baixa saturação por bases, embora seus efeitos sobre a produtividade de grãos e qualidade nem sempre sejam significativos (FERNANDEZ, 1996). Segundo Cox et al. (1982), as plantas de amendoim apresentam relativa tolerância à acidez do solo, por isso, as respostas à calagem não são detectadas em muitos casos.

Segundo GILLIER e SILVESTRE (1970), a aplicação de cálcio na forma de calcário somente possui eficiência em solos com pH baixo, em torno de 4,5 a 5,0, sendo que o seu efeito não ocorre de forma imediata. ADAMS e PEARSON (1970) concluíram, em um estudo comparativo de respostas entre amendoim e algodão à calagem, que o amendoim é mais tolerante do que o algodão à toxicidade provocada por alumínio, por absorver mais anions do que cátions, entre os cátions absorvem em maior quantidade os de menor valência, fazendo com que ocorra elevação do pH na rizosfera e, portanto, precipitação do alumínio. Por essa razão, os autores concluíram que a resposta do amendoim a calagem esta ligada principalmente ao fornecimento de cálcio aos frutos.

Em solos com valores de pH (4,2 a 5,6) e saturação por bases (12 a 41,6%) considerados de muito baixos a baixos (RAIJ et al., 1996), foi observado, por alguns pesquisadores, aumento da produtividade do amendoim (FORNASIERI et al., 1987; SMYTH e CRAVO, 1992; NAKAGAWA et al., 1993; FERNANDEZ, 1996), enquanto outros não

observaram mesmo efeito (ROSSETO, 1993; SÁ et al., 1998 CRUSCIOL et al., 2000 e 2003b; LAZARINI e CRUSCIOL, 2000).

A aplicação de calcário aumenta o número de ramificações secundárias e totais por planta (FERNANDEZ, 1996), e aumenta o número de ginóforos (REED e BRADY, 1948; FERNANDEZ, 1996), e estes correlacionam-se positivamente com a produção de sementes (NAKAGAWA e ROSOLEM, 1982). Além da influência do Ca no desenvolvimento das estruturas reprodutivas do amendoim, este é necessário para a iniciação dos nódulos radiculares, sendo suas necessidades maiores que para o crescimento da parte aérea e raiz (MARSCHNER, 1990).

O desenvolvimento dos nódulos é afetado negativamente pela acidez do solo, e isto pode ser causado pelo efeito tóxico do Al (BLAMEY e CHAPMAN, 1982) ou pela baixa disponibilidade de Mo (REINSENAUER, 1963) e se sabe que a nodulação e consequente fixação de N podem influenciar o crescimento e produtividade. O aumento da nodulação melhora a fixação de N, isto se traduz no incremento da produção de matéria seca e absorção de N (REBAFKA et al., 1993). Alguns autores observaram aumento de produtividade (ALAGAWADI et al., 1983), enquanto que outros não constataram efeito.

BLAMEY e CHAPMAN (1982) observaram que as plantas que cresceram sem calcário apresentaram clorose, isto sugere deficiência de N. Observaram ainda, baixa nodulação, embora as raízes não tenham apresentado sinais de danos pela acidez do solo. De acordo com MARSCHNER (1990) o crescimento radicular é menos exigente em Ca que o desenvolvimento dos nódulos. A calagem diminui a disponibilidade do Al e Mn no solo, evitando sua toxicidade, e aumenta a de Mo. Estas condições químicas favorecem a nodulação (BLAMEY e CHAPMAN., 1982; REBAFKA et al., 1993).

De acordo com QUAGGIO et al. (1982), tanto o calcário como o gesso fornece cálcio suficiente para garantir a produção, no entanto, há distinção para lixiviação de bases, uma vez que na calagem o processo é constante, gradual e mais lento do que na gessagem, sendo necessário aplicar dosagens bem maiores. No amendoim, a gessagem é amplamente difundida, pois o Ca está em forma rapidamente disponível.

O gesso agrícola se constitui em excelente fonte de Ca por ser uma das formas mais solúveis (WALKER et al., 1979). Segundo VITTI et al. (1986), o gesso agrícola tem dupla função, pois, além de servir como fonte de cálcio e de enxofre para as

culturas, neutraliza o excesso de alumínio tóxico de subsuperfície e enriquece em cálcio as camadas mais profundas do solo, permitindo assim o maior desenvolvimento do sistema radicular, resultando em maior resistência à seca e maior aproveitamento dos nutrientes do solo e dos fertilizantes.

A importância do Ca no amendoim é ressaltada na literatura por ser considerado um elemento capaz de evitar abortamento dos óvulos fertilizados (COLWELL e BRADY, 1945). Sob deficiência de Ca, as plantas florescem profusamente (HARRIS e BROLLMAN, 1966), mas altas porcentagens dessas flores são inférteis; a fertilidade é incrementada com o aumento do nível de Ca no solo (WOLT e ADAMS, 1979). Quando a quantidade de Ca no solo é insuficiente para cobrir os requerimentos do pericarpo e da semente, ocorre o aborto de óvulos (BURKHART e COLLINS, 1941), produzindo frutos com uma ou nenhuma semente (COLWELL e BRADY, 1945) e, ou, vagens chochas (COX e REID, 1964).

Segundo SICHMANN (1982), SLACK e MORRIL, (1972) a deficiência de cálcio é mais freqüente em amendoim do grupo Virgínia. Trabalhos realizados nos E.U.A. por BELL (1985), demonstraram a necessidade do fornecimento de Ca para a produção satisfatória de amendoim do grupo Virgínia, mas a maioria não faz menção aos efeitos da calagem sobre a acidez do solo.

Com relação às fontes de cálcio (calcário ou gesso), alguns pesquisadores, como Reed e Brandy (1948) citado por SICHMANN (1982), preferem utilizar o gesso agrícola no lugar do calcário para a cultura do amendoim. Por outro lado QUAGGIO et al. (1982), verificaram que o uso do gesso pode provocar lixiviação de bases trocáveis, especialmente o  $K^+$  e o  $Mg^{2+}$ , e que a mistura do gesso + calcário diminui essa lixiviação.

## **5 MATERIAL E MÉTODOS**

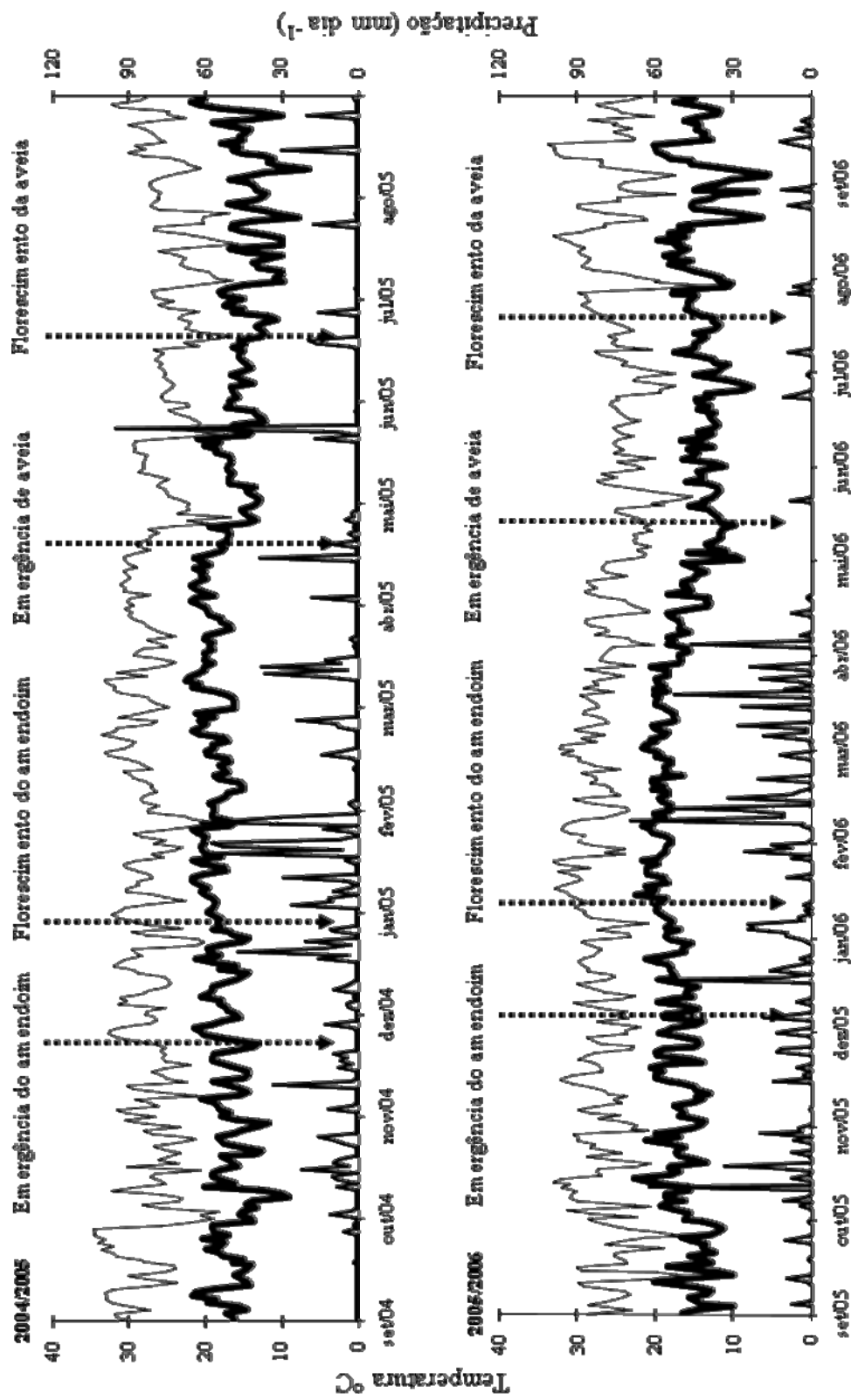
### **5.1 Localização e caracterização climática da área experimental**

O presente estudo foi conduzido nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006, na Fazenda Experimental Lageado, pertencente à Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, localizada no município de Botucatu (SP), apresentando como coordenadas geográficas 48° 23' de longitude Oeste de Greenwich e 22° 51' de latitude Sul, com altitude de 765 metros.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Cwa, que se caracteriza pelo clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso (LOMBARDI NETO & DRUGOWICH, 1994).

Os dados diários referentes à precipitação pluvial às temperaturas máxima e mínima durante os dois anos de condução do experimento, coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental Lageado, pertencente ao Departamento de Recursos Naturais – Setor de Climatologia, estão contidos na Figura 1.





**Figura 1.** Precipitação pluvial (—), temperatura máxima (—) e mínima (■), registradas durante a condução do experimento, nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006.

## 5.2 Caracterização do solo e histórico da área experimental

Através de levantamento detalhado realizado por Carvalho et al. (1983) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 1999), o solo da área experimental é denominado de Latossolo Vermelho distroférrico.

Em agosto de 2004 amostrou-se o solo, na profundidade de 0-0,20 m, para realização de análise química necessária para o cálculo de necessidade de calagem, e nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, objetivando caracterizar mais detalhadamente a área experimental. As análises químicas foram realizadas de acordo com a metodologia proposta por Raij et al. (2001), cujos resultados estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas do solo da área antes da instalação do experimento.

Prof. (m)	pH(CaCl <sub>2</sub> )	M.O. (g dm <sup>-3</sup> )	P(resina) (mg dm <sup>-3</sup> )	H+Al	Al	K (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	Ca	Mg	CTC	V (%)
0-0,20	4,9	27,3	35,1	35,2	2,3	1,1	24,0	10,0	70,0	50,0
0-0,05	5,2	27,0	60,8	31,8	1,6	1,3	30,6	15,7	79,4	57,9
0,05-0,10	4,9	25,7	32,3	34,7	2,3	1,3	22,7	11,9	70,6	50,1
0,10-0,20	4,6	24,9	28,3	44,2	4,8	1,1	15,3	7,6	68,2	36,0
0,20-0,40	4,2	22,9	13,5	58,3	12,9	0,7	9,6	4,5	73,1	20,5
0,40-0,60	4,0	23,4	14,5	77,7	17,6	0,6	8,1	3,2	89,6	13,6

Cada amostra foi composta por 12 amostras simples.

Na mesma época foram coletadas amostras indeformadas do solo, por meio de anéis volumétricos, nas profundidades de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m para determinação das características físicas do solo de acordo com as metodologias propostas pela Embrapa (1997). Também foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0-0,20, 0,20-0,40 e 0,40-0,60 m, para análise granulométrica (Tabela 2). O cálculo da quantidade de gesso foi realizado de acordo com Raij et al. (1996).

**Tabela 2.** Características físicas do solo da área antes da instalação do experimento.

Profundidade (m)	Porosidade			Densidade do solo (Mg m <sup>-3</sup> )
	Macro	Micro (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Total	
0-0,05	6,6	17,9	24,6	1,08
0,05-0,10	4,1	18,7	22,8	1,17
0,10-0,20	3,8	17,3	21,0	1,13
0,20-0,40	4,6	18,3	22,9	1,11
0,40-0,60	4,7	18,5	23,1	1,14

Média de 4 pontos de amostragem.

**Tabela 3.** Características granulométricas do solo da área antes da instalação do experimento.

Profundidade (m)	Areia	Argila	Silte	Textura do solo
0-0,20	545	347	108	Média
0,20-0,40	513	360	127	Argilosa
0,40-0,60	495	383	122	Argilosa

Cada amostra foi composta por 12 amostras simples.

### 5.3 Delineamento experimental e tratamentos utilizados

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram constituídas por quatro doses de calcário dolomítico (0, 1.000, 2.000 e 4.000 kg ha<sup>-1</sup>), cujas características encontram-se na Tabela 4. As doses de calcário foram definidas de acordo com a análise química do solo na profundidade 0-0,2m (Tabela 1) para elevar a saturação por bases a 70% (2.000 kg ha<sup>-1</sup>), metade da dose recomendada (1.000 kg ha<sup>-1</sup>), o dobro da dose recomendada (4.000 kg ha<sup>-1</sup>) e uma testemunha (sem aplicação). As subparcelas foram constituídas pela ausência ou presença da aplicação de 2.100 kg ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola (20% de Ca e 16% de S). Cada subparcela tinha a dimensão de 48,6 m<sup>2</sup> (5,4 x 9,0 m). Foram mantidas distâncias de 8,0 m entre as parcelas dentro de cada bloco e de 3,0 m entre os blocos.

**Tabela 4.** Características químicas e físicas do calcário utilizado.

Característica	(%)
CaO	23,3
MgO	17,5
Retido na peneira nº 10 (>2 mm)	0,3
Retido na peneira nº 20 (2-0,84 mm)	7,3
Retido na peneira nº 50 (0,84-0,30 mm)	23,5
Poder de neutralização (PN)	84,3
Reatividade (RE)	84,5
PRNT	71,2

#### 5.4 Cultivares

Nas safras de verão foi utilizado o cultivar de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) “Runner IAC 886”, bastante exigente quanto à fertilidade do solo.

O cultivar “Runner IAC 886”, descende da cultivar multilinha Florunner de origem americana, possui hábito de crescimento rasteiro e as plantas diferem das do “IAC Caiapó” (também do grupo rasteiro) por apresentarem folhagem de tonalidade ligeiramente mais escura e haste principal mais destacada.

Nas condições do estado de São Paulo, seu ciclo médio da semeadura à maturação é de 130 dias. É suscetível à manchas castanha e preta e à ferrugem, e apresenta moderada resistência a mancha barrenta e verrugose.

As vagens são uniformes, apresentam baixa reticulação e produzem duas sementes com película clara, de tonalidade rosada e os grãos comerciais são classificados em peneiras iguais ou maiores que 22, com predominância de 24 e 26.

Nas safras de inverno foi utilizado o cultivar de aveia branca (*Avena sativa* L.) “IAC 7”. Originada de seleção realizada na linhagem V 155, ML-11 - CV-77 - CV-78 - R-78-79 -CV-79 - CV-80, oriunda do México, com principal aptidão para produção de grãos, visando alimentação humana e também para forragem. Apresenta porte baixo (90 a 120 cm), ciclo precoce (90 a 120 dias), coloração da palha amarelo-palha, moderadamente

suscetível às manchas foliares, moderadamente resistente ao vírus do nanismo amarelo da cevada e suscetível à ferrugem da folha e do colmo, e possui tolerância intermediária à acidez do solo.

## 5.5 Condução do experimento

A aplicação de calcário e gesso foi realizada no dia 19/11/2004 sobre os restos culturais de milho utilizado para produção de palha, visando a sustentabilidade do sistema plantio direto nas parcelas onde estava previsto este tratamento e a aplicação de gesso agrícola em metade de todas as parcelas. Tanto o calcário quanto o gesso foram aplicados superficialmente, sem incorporação ao solo.

Todas as operações de semeadura das culturas foram realizadas utilizando-se uma multi-semeadora adubadora marca Semeato, modelo “Personale Drill” - 13. As pulverizações foram realizadas com pulverizador de barras tratorizado.

### 5.5.1 Cultivo do amendoim (2004/05 e 2005/06)

Nos dias 16/10/2004 e 25/10/2005 foi realizada dessecação da cobertura vegetal da área mediante a aplicação de herbicida glifosate ( $2.160 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.) + 2,4 D ( $1.400 \text{ g ha}^{-1}$  de i.a.). Em 22/11/2004 e 30/11/2005 foi realizada a semeadura em todas as parcelas do cultivar de amendoim (*Arachis hipogaea* L.) “Runner IAC 886” cujas sementes receberam previamente tratamento com o inseticida thiametoxan na dose ( $150 \text{ g}$  do produto  $100 \text{ kg semente}^{-1}$ ). Foram utilizadas aproximadamente 12 sementes viáveis por metro linear, num espaçamento entre linhas de 0,80 m. Cada subparcela foi constituída por 8 linhas de 9 metros de comprimento.

A adubação de semeadura constituiu-se de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  da fórmula NPK 8-28-16 + 10% S e 0,5% Zn. Após a semeadura aplicou-se o herbicida, em pré-emergência gramocil ( $1.000 \text{ g ha}^{-1}$  do i.a.). A emergência das plantas ocorreu no dia 30/11/2004 e 09/12/2005.

O cultivar de amendoim apresentou início do florescimento em 05/01/2005 e 12/01/2006, ou seja, aos 36 e 34 dias após a emergência. A colheita do

amendoim (07/04/2005 e 20/04/2006) foi efetuada manualmente e individualmente por unidade experimental quando 70% das vagens apresentaram-se maduras.

O controle de pragas e doenças seguiu um planejamento pré-estabelecido que visava melhor controle e se encontra na Tabela 5.

**Tabela 5.** Esquema de aplicação de defensivos agrícolas, utilizados na cultura de amendoim. Bootucatu, SP, 2004/05 e 2005/06.

Aplicação	Época de aplicação	Produto	Quantidade (Produto Comercial)
1ª aplicação	7 a 10 DAE	Lambdacialotrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
2ª aplicação	17 a 20 DAE	Tiametoxan + Cipermetrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
3ª aplicação	32 a 35 DAE	Clorpyrifos	0,83 l ha <sup>-1</sup>
		Pirclostrobrina + Epoxiconazole	0,6 l ha <sup>-1</sup>
4ª aplicação	47 a 50 DAE	Tiametoxan + Cipermetrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
		Hexoconazole + Chlorothalonil	1,0 l ha <sup>-1</sup>
5ª aplicação	62 a 65 DAE	Monocrotofós	0,62 l ha <sup>-1</sup>
		Lambdacialotrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
		Pirclostrobrina + Epoxiconazole	0,6 l ha <sup>-1</sup>
6ª aplicação	77 a 80 DAE	Monocrotofós	0,62 l ha <sup>-1</sup>
		Lambdacialotrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
		Hexoconazole + Chlorothalonil	1,0 l ha <sup>-1</sup>
7ª aplicação	92 a 95 DAE	Monocrotofós	0,62 l ha <sup>-1</sup>
		Lambdacialotrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
		Hexoconazole + Chlorothalonil	1,0 l ha <sup>-1</sup>
8ª aplicação	107 a 110 DAE	Lambdacialotrina	0,2 l ha <sup>-1</sup>
		Hexoconazole + Chlorothalonil	1,0 l ha <sup>-1</sup>
9ª aplicação	122 DAE	Tebucolazole	0,6 l ha <sup>-1</sup>

### 5.5.2 Cultivo da aveia branca (inverno de 2005 e 2006)

Após a colheita do amendoim, em 07/04/2005 e 20/04/2006, a vegetação remanescente da área experimental foi dessecada mediante a aplicação de herbicida glifosate (1.440 kg ha<sup>-1</sup> de i.a.). Em 23/04/2005 e 04/05/2006 foram realizadas as semeaduras de aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar “IAC 7”, em toda a área experimental no espaçamento de 0,17m e e na densidade de 60 sementes viáveis por metro.

Cada subparcela foi formada por 26 linhas de 9m de comprimento, sendo considerada como área útil para as avaliações as 22 fileiras centrais, desprezando 0,50 m na extremidade de cada fileira de plantas, definindo assim, a bordadura.

A adubação de semeadura constituiu-se de 200 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula NPK 04-20-10 + 7,0% de S. A emergência das plantas ocorreu em 01/05/2005 e 11/05/2006. O florescimento foi verificado por volta do dia 20/06/2005 para o cultivo de 2005 e 09/07/2006, para o cultivo de 2006, e a colheita foi realizada em 06/09/2005 e 09/09/2006, respectivamente. Durante todo o período de desenvolvimento da cultura foram realizadas todas as práticas agrícolas, de acordo com a necessidade.

## **5.6 Amostragens e avaliações realizadas**

### **5.6.1 Cátions solúveis e condutividade elétrica dos extratos vegetais**

As plantas coletadas por ocasião do florescimento, para determinação da produção de matéria seca, após secas em estufa, foram moídas e utilizadas para a avaliação da qualidade do resíduo vegetal, segundo metodologia descrita por Miyazawa et al. (2000) e Meda et al. (2002b). Dessa forma, para extração dos compostos hidrossolúveis (ácidos orgânicos de baixo peso molecular), transferiu-se 1 g dos resíduos para frascos de 100 mL e adicionaram-se 50 mL de água destilada, agitando-se por 4 horas, com posterior filtragem.

De posse dos extratos vegetais, os teores de Ca, Mg, K, Cu, Zn, Fe e Mn foram determinados por plasma induzido (ICP). Os resultados foram expressos em mmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, de forma individual para cada elemento e na forma de soma de cátions ( $\sum$  Ca, Mg, K e Mn). A soma de cátions solúveis constitui a quantidade de H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> que pode ser neutralizada pelo resíduo vegetal (MIYAZAWA et al., 2000).

Foi também determinada, no extrato vegetal, a condutividade elétrica (CE) da solução por condutivimetria, em  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , de acordo com a proposta de Miyasawa et al. (2000). Os valores de condutividade podem correlacionar-se com a soma de cátions solúveis.

### 5.6.2 Características químicas do solo

Foram realizadas amostragens estratificadas do solo aos 12 e 24 meses após a aplicação dos corretivos, nas camadas de 0-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,40, e 0,40-0,60 m de profundidade. Foram retiradas aleatoriamente quatro amostras simples cinco camadas estudadas na área útil de cada subparcela, para constituir uma amostra composta, sempre na entrelinha da cultura presente na área, com a utilização de trado tipo sonda. As amostras compostas foram secadas ao ar e peneiradas (malha 2 mm). Posteriormente foram submetidas à análise para determinação do pH ( $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>), matéria orgânica, acidez potencial (H+Al), Al, Ca, Mg e K trocáveis e, calculada a saturação por bases (V%), conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001). Foram também determinados os teores de  $\text{SO}_4^{2-}$ , que foi determinado por meio de extração por solução de fosfato de cálcio,  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>. A quantificação foi feita por turbidimetria, provocada pela presença de  $\text{BaSO}_4$ , formado pela reação do  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  com o  $\text{SO}_4^{2-}$ , extraído das amostras de terra (VITTI, 1988).

### 5.6.3 Fração dos corretivos remanescente no solo

Essa análise foi efetuada somente nas amostras retiradas aos 24 meses após a aplicação dos tratamentos, nas mesmas amostras estratificadas do perfil do solo utilizadas para análise das características químicas, visando determinar a quantidade de Ca e Mg remanescente dos corretivos que ainda não haviam reagido no solo.

Mediante o método descrito por Quaggio et al. (1995), inicialmente determinou-se os teores de Ca e Mg trocáveis do solo, extraídos por extrato de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Em tubo percolador foram colocados 5 cm<sup>3</sup> de solo, entre papéis de filtro, sendo percolados 50 ml da solução de KCl. Com 1 mL desse extrato, acrescentou-se 10 mL de La 0,1% e realizou-se as leituras por espectrofotometria de absorção atômica. Os resultados, se descontados os valores da testemunha, que não recebeu corretivo, indicam a quantidade já reagida do corretivo aplicado.



Posteriormente, com o mesmo solo que sofreu o processo de extração anterior, transferido para erlenmeyer, adicionaram-se 15 ml de H<sub>2</sub>O + 25 ml de HCl 0,8 mol L<sup>-1</sup>. O conjunto foi fervido em chapa aquecedora por 5 minutos (200°C). Dessa forma, mediante a fervura do solo, juntamente com a ação do ácido clorídrico, o corretivo remanescente foi forçado a reagir (rápida dissolução). Na seqüência do processo, após resfriamento, o material foi filtrado, sendo que em 1 mL do extrato acrescentou-se mais 10 mL de La 0,5%. A leitura foi realizada por espectrofotometria, determinando-se Ca e Mg trocáveis, referentes a valores estimados de Ca e Mg não-trocáveis do corretivo que ainda reagiria no solo.

As determinações também foram realizadas no solo coletado nas parcelas que não receberam corretivo, visando separar o Ca e o Mg proveniente do corretivo, do que foi suprido pelo solo, no caso dos elementos trocáveis, e do proveniente dos minerais, no caso dos elementos não-trocáveis.

#### **5.6.4 Produção de matéria seca e diagnose foliar das culturas**

No florescimento de cada cultura foram realizadas amostragens para determinação da produção de matéria seca da parte aérea e para diagnose foliar.

No florescimento coletou-se 10 plantas por subparcela e o tufo apical do ramo principal, de 50 plantas por subparcela no caso do amendoim (AMBROSANO et al., 1997) e realizou-se a coleta das plantas contidas em 2 m de fileira e 50 folhas bandeiras (CANTARELA et al., 1997), no caso da cultura da aveia branca. O material foi acondicionado em sacos de papel devidamente identificados e levados para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante. Em seguida, as plantas foram pesadas para determinação da produção de matéria seca. As partes para diagnose foliar foram moídas e submetidas à análise para determinação dos teores dos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo os métodos descritos por Malavolta et al. (1997).

#### **5.6.5 Altura de planta, componentes da produção e produtividade de grãos**

Na cultura do amendoim foram determinadas as seguintes variáveis:

- a) População final de plantas: foram contadas todas as plantas contidas em cada parcela experimental dentro da área útil e os resultados convertidos para mil plantas ha<sup>-1</sup>.
- b) Número de vagens/planta: contagem do número total de vagens.
- c) Número de grãos/vagem: relação entre número total de grãos e o número total de vagens contidos em 10 plantas.
- d) Massa de 100 grãos: foi determinada através da pesagem de 4 amostras de 100 grãos obtidas em cada unidade -13% (base úmida).
- e) Produtividade de grãos: determinada mediante a colheita manual e individual em três fileiras de plantas por unidade experimental; a seguir, foi realizada a trilha manual, secagem à sombra e a limpeza do material, através de abanação manual, e em seguida, foi determinado o peso dos grãos colhidos e calculada a produtividade de grãos por hectare - 13% (base úmida).

Na cultura da aveia branca (nos dois anos agrícolas) foram determinadas as seguintes variáveis:

- a) Número de panículas por metro quadrado: contagem do número de panículas contidas em 2,0 m de fileira de cada unidade experimental e calculado por metro quadrado, no momento da colheita.
- b) Número total de espiguetas por panícula: contagem do número de espiguetas de 15 panículas por unidade experimental, coletadas no momento da avaliação do número de panículas m<sup>-2</sup>.
- c) Fertilidade das espiguetas: determinada para cada unidade experimental a partir da relação: número de espiguetas granadas por panícula pelo número total de espiguetas por panícula, multiplicada por cem, a partir de 15 panículas por unidade experimental.
- d) Massa de 100 grãos: determinado através da coleta ao acaso e pesagem de quatro amostras de 100 grãos de cada unidade experimental -13% (base úmida).
- e) Produtividade de grãos: determinada mediante a colheita manual de 3 fileiras de plantas de 7 m de comprimento em cada unidade experimental; a seguir, foi realizada a trilha manual, secagem à sombra e a limpeza do material, separando-se a palha e os grãos chochos com auxílio de uma peneira, mediante abanação manual e, em seguida, foi determinado o peso dos grãos colhidos para o cálculo da produtividade de grãos por hectare - 13% (base úmida).

### 5.7 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à análise de variância seguindo o esquema de parcelas subdivididas (Tabela 6). Na ausência de interação significativa de calcário x gesso nas variáveis referentes às características químicas do solo e as características das culturas, as médias de gesso foram comparadas pelo teste de DMS a 5% de probabilidade e as doses de calcário foram avaliadas mediante análise de regressão. No caso da interação significativa, realizou-se análise de regressão em função de doses de calcário para cada tratamento com gesso.

Foi utilizado o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000) para realização das análises.

**Tabela 6.** Esquema de análise da variância para as características químicas do solo, corretivos remanescente e características das culturas de amendoim e aveia branca.

<b>Causa de Variação</b>	<b>GL</b>	<b>QM</b>	<b>F</b>
Bloco (B)	3	Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> /Q <sub>3</sub>
Calcário (C)	3	Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> /Q <sub>3</sub>
Resíduo (A) (C*B)	9	Q <sub>3</sub>	
Parcelas	(15)		
Gesso (G)	1	Q <sub>4</sub>	Q <sub>4</sub> /Q <sub>6</sub>
C*G	3	Q <sub>5</sub>	Q <sub>5</sub> /Q <sub>6</sub>
Resíduo (D) (C*G* B)	12	Q <sub>6</sub>	
Total	31		

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Cátions solúveis e condutividade elétrica dos extratos dos resíduos das culturas

Na Tabela 7, encontra-se a quantidade de cátions solúveis nos resíduos vegetais das espécies cultivadas durante o experimento. Existe grande variação na composição química do material vegetal das espécies (MEDA et al., 2002a; LIMA 2004; SORATTO, 2007) principalmente para Ca, Mg e K solúveis. O amendoim apresentou teores desses elementos nos resíduos vegetais bastante superiores aos obtidos na cultura de aveia branca (Tabela 7). Isso constitui a elevada quantidade de  $H^+$  e  $Al^+$  que pode ser neutralizada pelos resíduos vegetais desta cultura, pois os cátions Ca, Mg, K, Mn, Zn, Cu e Fe ligados nos compostos orgânicos são substituídos por  $H^+$  ou  $Al^{3+}$ , formando compostos estáveis protonados ou complexo Al-orgânico (MIYAZAWA et al., 2000).

Segundo Miyazawa et al. (1993) e Franchini et al. (2001) os resíduos das culturas comerciais, apresentam em média apenas um terço da capacidade de neutralização da acidez observada em resíduos de plantas de cobertura. Essa menor capacidade de neutralização da acidez do solo dos resíduos de culturas comerciais como soja, trigo e milho está relacionada à redução dos teores de cátions e carbono solúvel com o avanço da idade fisiológica da planta (FRANCHINI et al., 2004). No entanto, vale ressaltar que no presente estudo as amostragens de plantas para determinação dos cátions solúveis foram realizadas no

florescimento, época em que a atividade metabólica é alta e provavelmente esse fator contribuiu para os altos teores de cátions solúveis observados na cultura do amendoim.

De acordo com Franchini et al. (2004) resíduos vegetais com altos teores de Ca solúvel são mais capazes de imobilizar Al. Assim, espera-se maior efeito dos resíduos vegetais do amendoim na redução da atividade do  $Al^+$ , no entanto a aveia branca também deve ser considerada por geralmente produzir grande quantidade de resíduos por área. Observou-se no presente estudo que a concentração de nutrientes nos extratos de material vegetal diminuiu na seguinte ordem:  $Mg > Ca > K > Mn > Fe > Zn > Cu$ . Soratto e Crusciol (2007) também obtiveram maiores concentrações de Mg e Ca do que de K nos extratos vegetais de feijoeiro, no entanto obtiveram maiores teores de K solúvel em relação ao Mg e ao Ca nas culturas de arroz e aveia preta, resultados semelhantes aos dos autores supracitados foram obtidos por Meda et al., (2002b), para extratos de plantas invasoras.

**Tabela 7.** Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais das culturas de amendoim e aveia branca, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2004/05 e 2005/06.

Tratamento	Cátions básicos solúveis							$\Sigma^{(1)}$	CE
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>		
	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								μS cm <sup>-1</sup>
Amendoim (2004/05)	152,7	290,3	52,4	3,0	0,5	0,5	0,4	499,8	1471,4
Aveia branca (2005)	53,1	63,9	27,8	2,1	0,3	0,3	0,5	148,0	813,9
Amendoim (2005/06)	155,7	296,3	53,6	3,0	0,5	0,4	0,4	509,9	1602,6
Aveia branca (2006)	49,4	61,6	25,6	2,0	0,3	0,3	0,4	139,6	784,5

<sup>(1)</sup> Somatório

No que se refere à soma de cátions solúveis do extrato, o amendoim apresentou maiores valores nos dois anos agrícolas. Os resultados da soma de cátions solúveis indicam que os resíduos vegetais das duas culturas possuem alto potencial para neutralizar a acidez do solo. Embora a aveia branca tenha apresentado teores de cátions solúveis inferiores aos do amendoim, sabe-se que é uma cultura que produz grande quantidade de resíduos por área e além disso apresenta a vantagem de geralmente ser manejada na fase de pleno crescimento vegetativo.

A condutividade elétrica dos extratos vegetais indica a concentração dos íons dissolvidos na solução, onde os valores podem correlacionar-se positivamente com a determinação da soma de cátions (MIYAZAWA et al., 2000). Da mesma forma, Franchini et al. (1999a) constataram que as variações na condutividade elétrica foram relacionadas com os teores solúveis de bases nos resíduos vegetais. Os resultados encontrados no presente estudo evidenciam a relação com os teores de bases nos resíduos vegetais das duas espécies avaliadas e nos dois anos agrícolas. O extrato da cultura de aveia branca apresentou menor condutividade elétrica, decorrente da menor concentração de cátions dissolvidos na solução, ao contrário do observado para a cultura de amendoim. Da mesma forma Soratto e Crusciol (2007) verificaram maior condutividade elétrica nos extratos da cultura de feijão, em relação à aveia preta e ao arroz em razão da maior soma de cátions do feijoeiro.

## **6.2 concentração de cátions solúveis e na condutividade elétrica dos extratos dos resíduos vegetais.**

Existem poucos estudos na literatura que se referem à concentração de cátions solúveis em extratos de resíduos de plantas cultivadas sob o efeito da aplicação de calcário e gesso em superfície. No entanto como a calagem e a gessagem influenciam a disponibilidade de nutrientes no solo e a absorção dos mesmos pelas plantas, também podem influenciar a quantidade desses nutrientes que se apresentam na forma solúvel na planta. Nesse sentido, determinou-se a quantidade de cátions solúveis nos resíduos vegetais das espécies cultivadas no experimento, na época do florescimento, em função dos tratamentos.

Para a cultura do amendoim, cultivado na safra 2004/05, verificou-se que a aplicação de gesso proporcionou aumento apenas nos teores solúveis de Ca (Tabela 8). Houve interação significativa entre calagem e gessagem para os teores de Ca solúvel, sendo que a aplicação de calcário promoveu aumento nos teores desse elemento, tanto na presença quanto na ausência de gesso. Na presença de gesso foram observados maiores teores de Ca solúvel, independente da dose de calcário aplicada (Figura 2). Soratto e Crusciol (2007) também constataram aumento nos teores de Ca solúveis nas culturas de arroz e aveia preta

com a aplicação superficial de gesso, mas não obtiveram incremento quando foi realizada a calagem e a aplicação de gesso.

A aplicação de gesso proporcionou redução nos teores de Mg solúveis nos dois anos agrícolas (Tabelas 8 e 9) e os demais cátions básicos solúveis não foram influenciados pela gessagem. Reduções nos teores solúveis de Mg com a aplicação superficial de gesso também foram encontradas por Soratto e Crusciol (2007) nas culturas de aveia preta e feijão. Diversos trabalhos têm relatado menor absorção de Mg pela planta em decorrência da aplicação de gesso em superfície (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004). Esses autores atribuem a menor absorção de Mg à maior lixiviação do elemento provocada pela aplicação de gesso agrícola.

A gessagem reduziu a soma de cátions e condutividade elétrica nos resíduos vegetais (Tabelas 8 e 9) nos dois anos agrícolas provavelmente por ter reduzido a concentração de Mg solúvel no resíduo.

**Tabela 8.** Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de amendoim, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2004/05.

Tratamento	Cátions básicos solúveis							$\Sigma^{(1)}$	CE
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>		
Gesso	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								$\mu\text{S cm}^{-1}$
Sem	146,9b	339,9a	51,8	3,1	0,54	0,44	0,42	543,1a	1.548a
Com	158,5a	240,6b	53,0	2,9	0,53	0,46	0,38	456,3b	1.394b
CV <sub>1</sub> (%)	12,4	9,7	8,3	17,0	22,7	14,8	40,3	7,7	9,5
CV <sub>2</sub> (%)	6,8	8,1	7,9	22,2	23,2	16,0	28,1	5,9	5,7

<sup>(1)</sup> Somatório

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P = 0,05)

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

Os teores mais elevados nos extratos vegetais foram obtidos quando o calcário foi aplicado na ausência de gesso. Esse comportamento foi verificado nos dois anos agrícolas (Figuras 2 e 4). A calagem aumenta a disponibilidade de K no solo e fornece Mg, principalmente quando é utilizado calcário dolomítico, como foi o caso. Resultados

semelhantes aos do presente estudo foram encontrados por Soratto e Crusciol (2007), avaliando a cultura de aveia preta, cerca de 12 meses após a calagem e gessagem superficiais.

**Tabela 9.** Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de amendoim, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2005/06.

Tratamento	Cátions básicos solúveis								CE
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Σ <sup>(1)</sup>	
Gesso	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								μS cm <sup>-1</sup>
Sem	149,9	342,2a	53,1	3,09	0,52	0,42	0,43	549,2a	1.647a
Com	161,5	250,3b	54,0	2,89	0,51	0,43	0,42	470,0b	1.558b
CV <sub>1</sub> (%)	13,0	11,7	8,2	10,9	24,3	19,8	35,5	8,9	9,7
CV <sub>2</sub> (%)	9,9	8,7	8,0	12,0	19,3	13,9	24,3	6,2	6,7

<sup>(1)</sup> Somatório

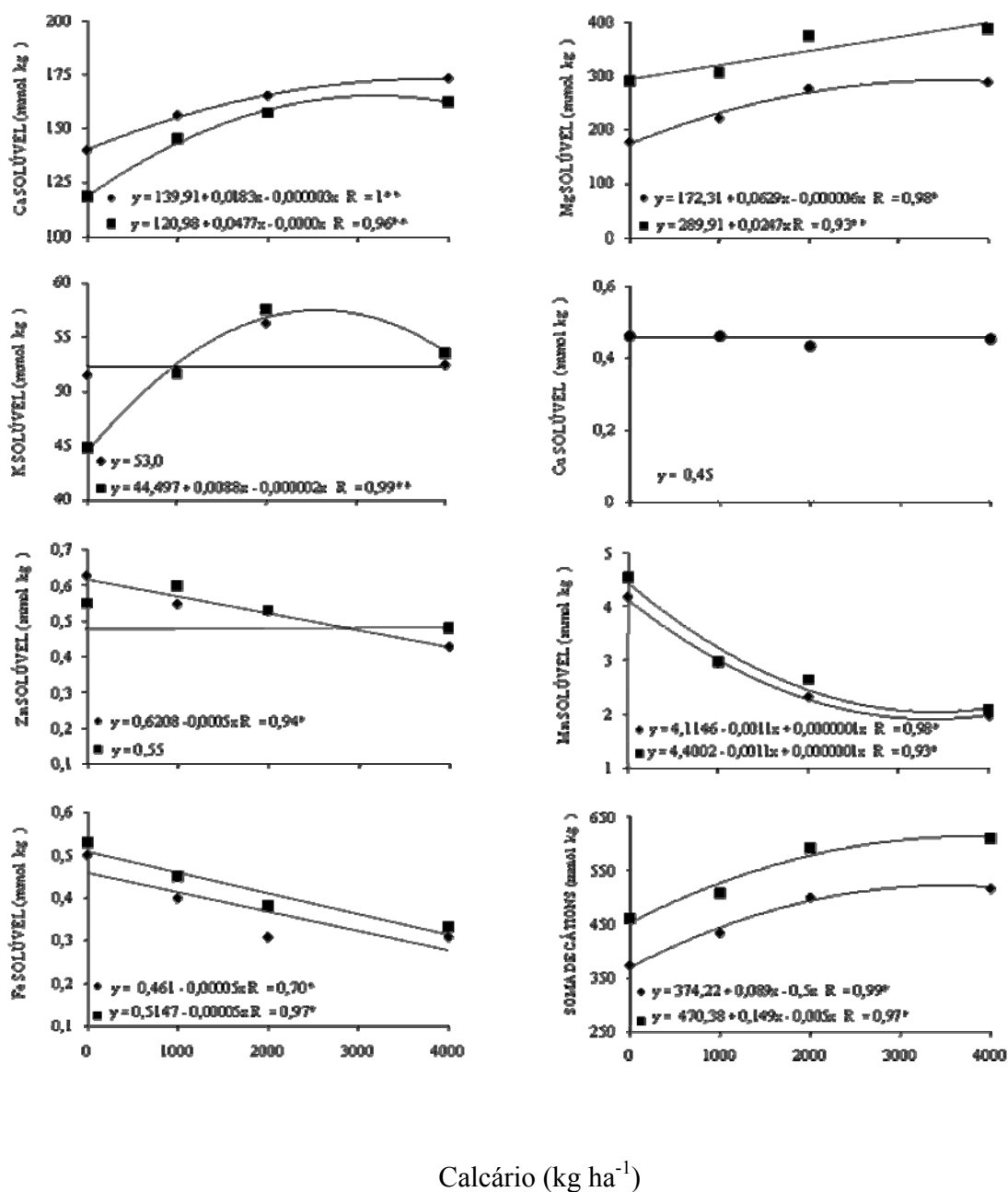
Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P = 0,05)

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

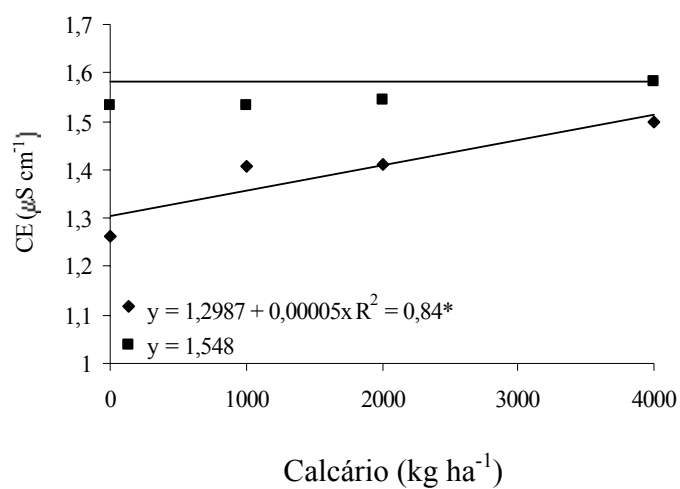
Provavelmente a aplicação de calcário superficial proporcionou aumento na soma de cátions solúveis nos extratos do resíduo do amendoim, principalmente por ter aumentado a concentração de Ca e Mg solúveis no resíduo. Como a soma de cátions solúveis serve como indicador da quantidade de H<sup>+</sup> e Al<sup>3+</sup> que pode ser neutralizada pelos resíduos vegetais (MIYAZAWA et al., 2000), a calagem e a gessagem realizadas em superfície, agem diretamente na correção da acidez do solo e melhoram a capacidade dos resíduos das plantas cultivadas na área em mobilizar Ca e imobilizar Al da solução do solo.

A aplicação de calcário não afetou os teores de Cu solúveis no resíduo, já para os teores de Mn e Fe solúveis houve interação significativa entre a calagem e aplicação de gesso evidenciando a redução dos teores dos elementos nas duas safras agrícolas, respectivamente (Figuras 2 e 4). A redução dos teores desses elementos pode ser explicada pela diminuição da disponibilidade desses nutrientes pela elevação do pH do solo, principalmente na camada superficial (HARMSSEN e VLEK, 1985), já que grande parte do sistema radicular da cultura encontra-se nas camadas superficiais do solo.

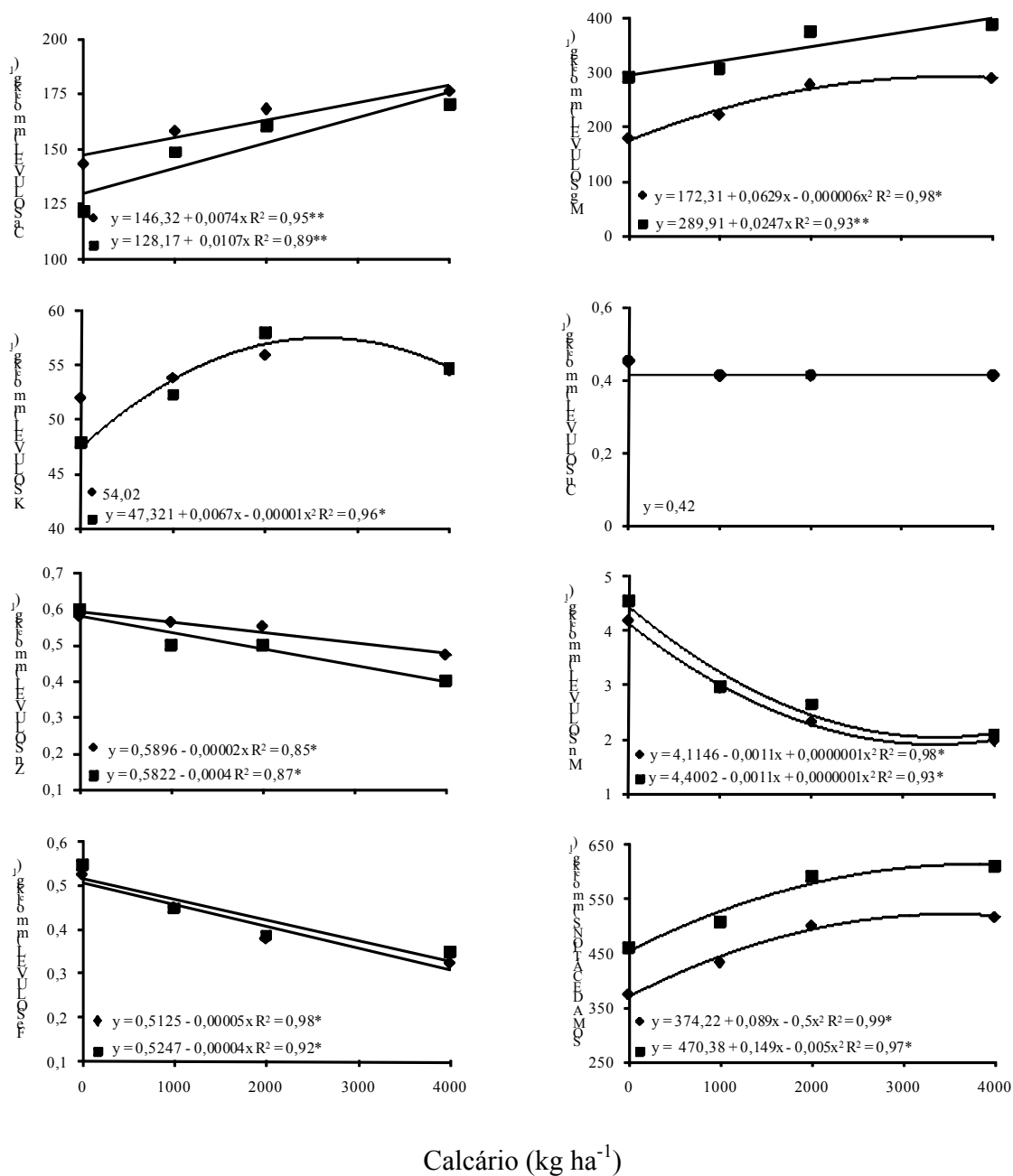




**Figura 2.** Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (♦) com gesso. Botucatu, SP, 2004/05.



**Figura 3.** Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2004/05.

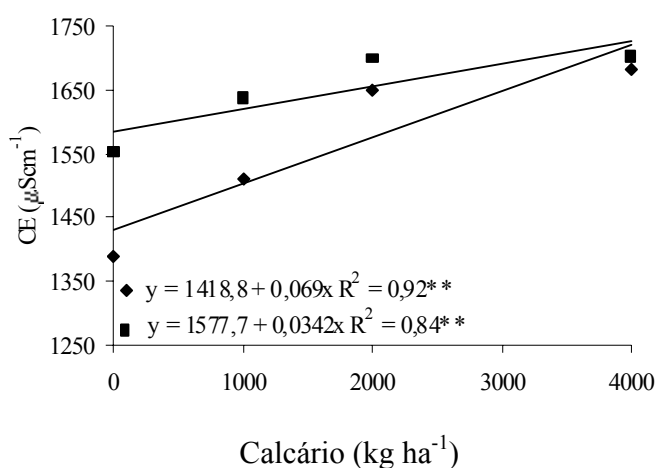


**Figura 4.** Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005/06.

Os teores de Zn no extrato foram reduzidos com a calagem, sendo que na safra 2004/05 (Figura 2) foi verificada redução quando a calagem foi realizada

isoladamente, e na safra 2005/06 (Figura 4) houve diminuição dos teores solúveis do elemento no resíduo independentemente da aplicação ou não de gesso. Esses resultados podem ser explicados pela inibição competitiva existente entre o Ca e o Zn (GALON et al., 1996), proporcionada pela aplicação gesso e de doses de calcário.

Houve interação significativa da calagem superficial e aplicação de gesso (Figuras 3 e 5) na cultura do amendoim nas duas safras, o que proporcionou aumento linear nos valores de condutividade elétrica, indicando a existência de correlação positiva a determinação da soma de cátions (MIYAZAWA et al., 2000), e com os teores solúveis de bases nos resíduos vegetais (FRANCHINI et al., 1999a), principalmente Ca e Mg.



**Figura 5.** Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de amendoim na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005/06.

Assim como na cultura do amendoim, também para a aveia branca a aplicação de gesso superficial reduziu os teores de Mg solúveis nos resíduos vegetais nos dois anos agrícolas, respectivamente (Tabelas 10 e 11). No entanto foram observadas diferenças na soma de cátions e condutividade elétrica do extrato apenas no segundo ano agrícola (Tabela 11).

**Tabela 10.** Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de aveia-branca, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2005.

Tratamento	Cátions básicos solúveis							$\Sigma^{(1)}$	CE
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>		
Gesso	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								μS cm <sup>-1</sup>
Sem	52,0	74,6a	27,8	2,2	0,55	0,37	0,48	157,7	838
Com	54,2	59,3b	27,7	2,1	0,33	0,33	0,46	144,4	790
CV <sub>1</sub> (%)	12,3	7,1	12,3	17,4	29,4	18,4	14,8	5,4	3,3
CV <sub>2</sub> (%)	13,7	9,2	10,7	11,8	13,7	17,0	16,0	5,5	8,3

<sup>(1)</sup> Somatório

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P = 0,05)

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

A gessagem reduziu significativamente os teores de Fe solúveis nos resíduos vegetais da cultura na safra de 2006 (Tabela 11). O que pode ser explicado pela diminuição da disponibilidade desse elemento, pela elevação do pH do solo (HARMSSEN e VLEK, 1985).

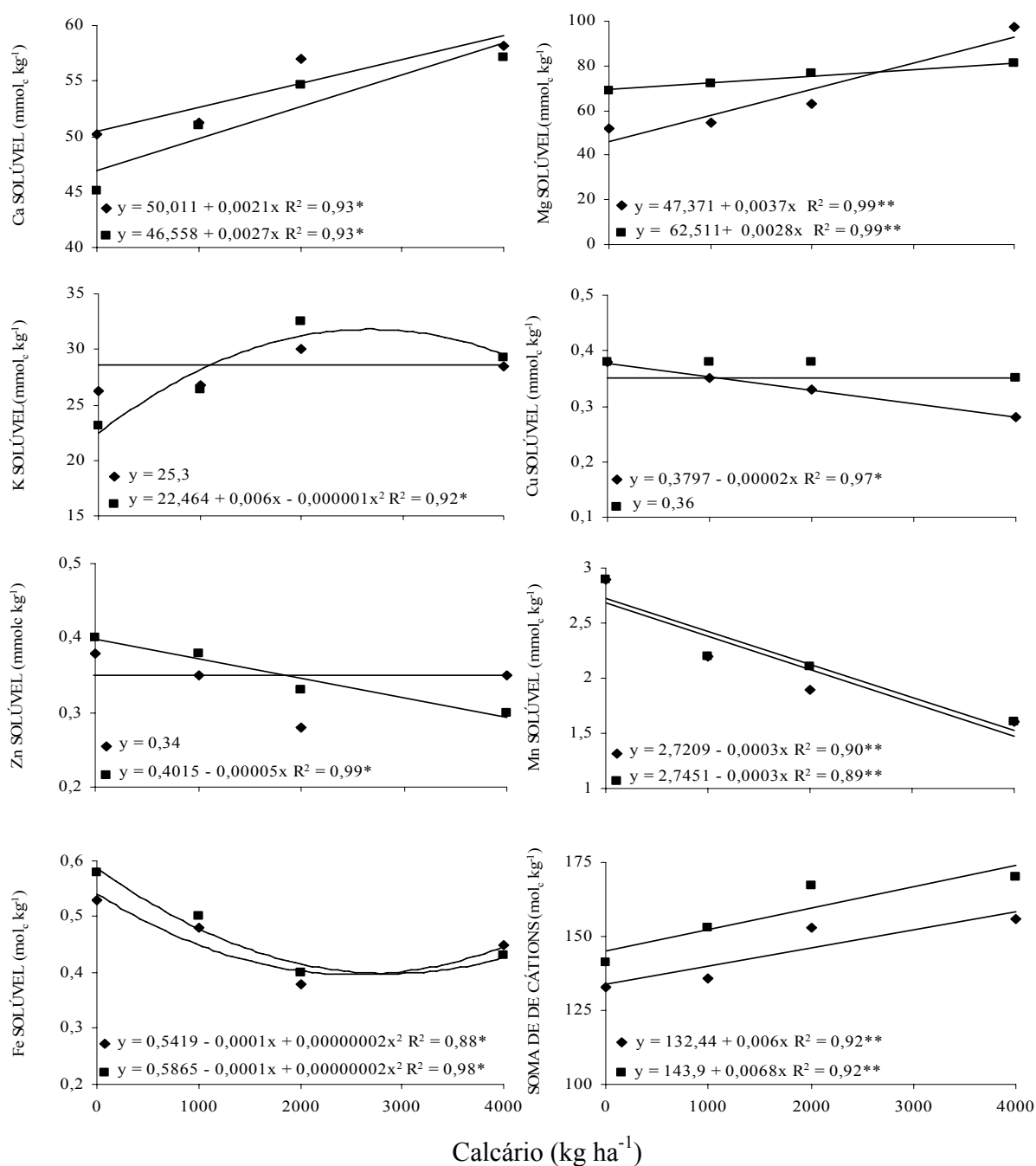
**Tabela 11.** Teores de cátions solúveis nos resíduos vegetais da cultura de aveia branca, na época do florescimento e condutividade elétrica do extrato. Botucatu, SP, 2006.

Tratamento	Cátions básicos solúveis							$\Sigma^{(1)}$	CE
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>		
Gesso	mmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>								μS cm <sup>-1</sup>
Sem	47,9	68,2a	25,6	2,0	0,30	0,33	0,45a	144,9a	806a
Com	50,8	54,9b	25,6	1,9	0,34	0,31	0,39b	134,2b	763b
CV <sub>1</sub> (%)	15,7	12,4	13,3	16,1	32,4	22,5	18,5	10,1	6,3
CV <sub>2</sub> (%)	11,9	12,7	12,4	14,6	19,7	15,0	17,6	7,9	5,9

<sup>(1)</sup> Somatório

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P = 0,05)

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

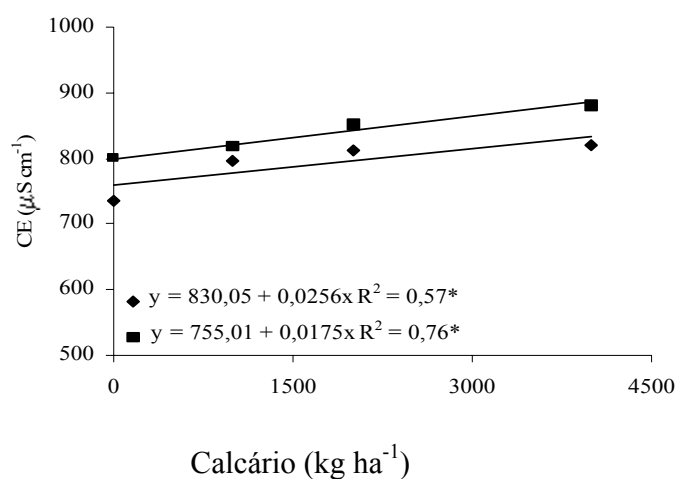


**Figura 6.** Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005.

Verificou-se interação significativa entre as doses de calcário e a aplicação de gesso para os teores de Ca, Mg, K e soma de cátions dos extratos vegetais da cultura na safra 2005 (Figura 6). Os teores de Ca, K e soma de cátions foram superiores quando foi realizada a calagem e gessagem, já os teores de Mg solúveis aumentaram principalmente com a aplicação isolada de calcário.

No segundo ano de cultivo da aveia branca a calagem + gessagem (Figura 8) proporcionou aumento nos teores de Ca, Mg, K, Cu e soma de cátions solúveis dos extratos de plantas de aveia branca. Provavelmente a realização da calagem e a aplicação de gesso provocaram a movimentação de cátions, o que potencializou os aumentos nos teores dos elementos. Meda et al., (2002a) afirmaram que uma das práticas capazes de aumentar o efeito da calagem ou provocar a movimentação de cátions é o uso de gesso agrícola.

A calagem reduziu os teores de Zn, Mn e Fe na safra 2005 (Figura 6), os de Mn e Fe na safra (2006) e não interferiu nos teores de Zn no segundo ano agrícola (Figura 8), respectivamente.



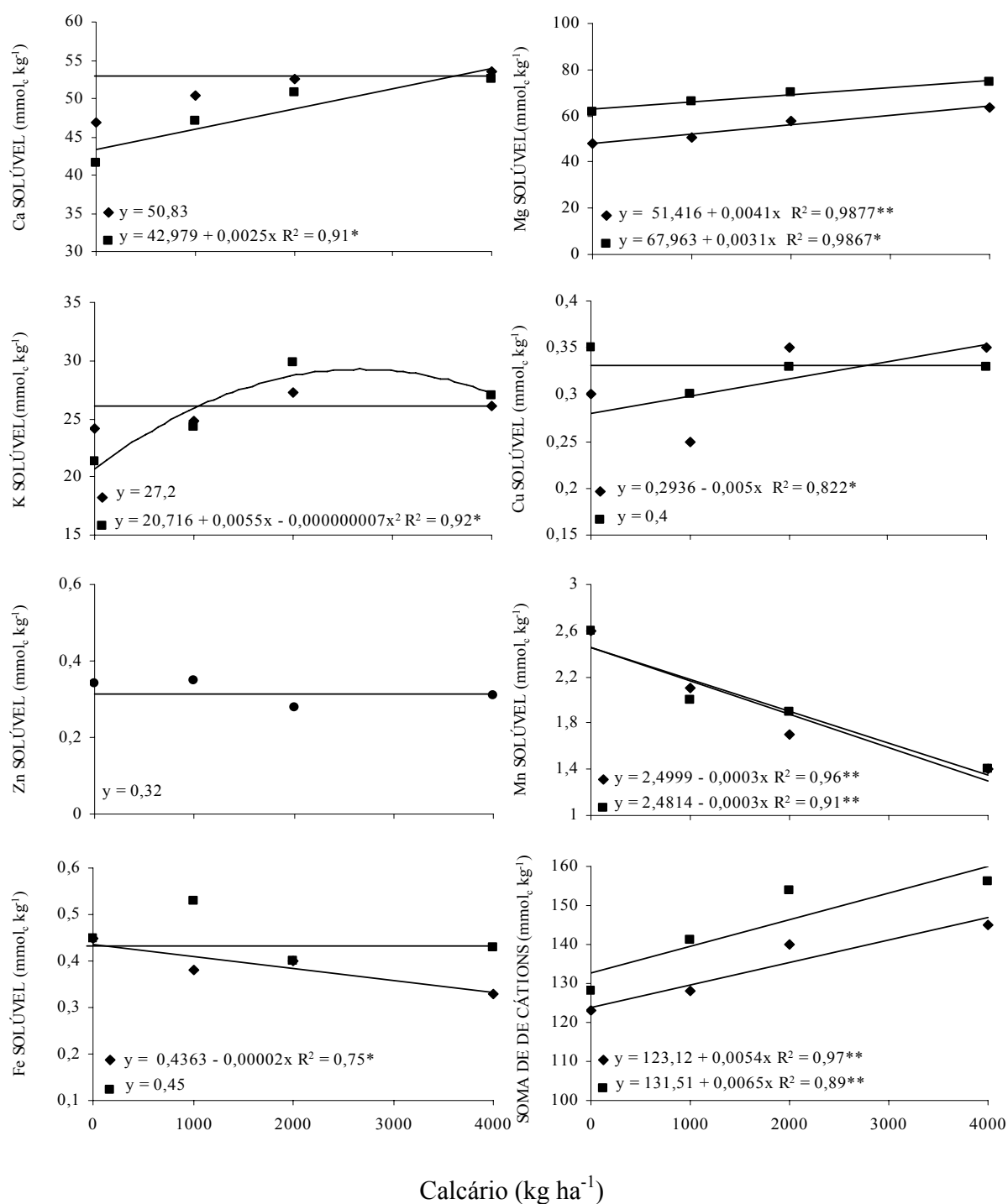
**Figura 7.** Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia-branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005.

A exemplo do que aconteceu com a maioria dos elementos, a condutividade elétrica da solução de extratos vegetais da cultura de aveia branca nos dois anos

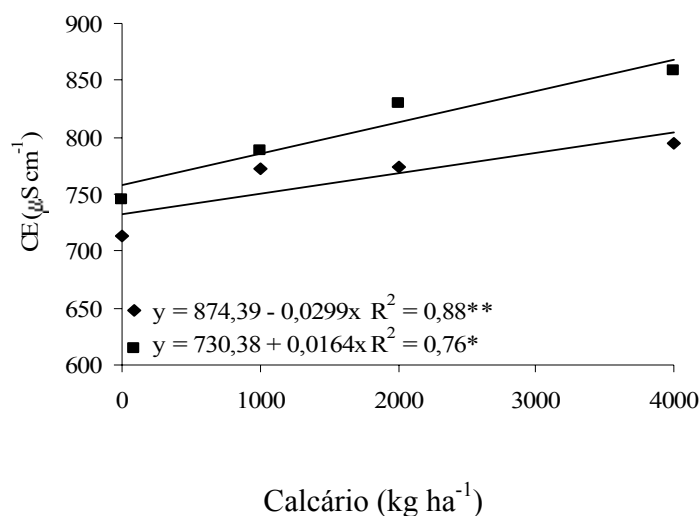
agrícolas (Figuras 7 e 9) apresentou interação significativa quando foi realizada a calagem e aplicação de gesso agrícola.

É importante salientar que, assim como existem efeitos das espécie (MEDA et al., 2002b; MIYAZAWA et al., 2000), do cultivar (CASSIOLATO et al., 2000), e do estado fenológico da planta (FRANCHINI et al., 2003) sobre a capacidade dos resíduos das mesmas em influenciar a movimentação de cátions no solo, a calagem e a gessagem também podem afetar essa propriedade, que vem se mostrando de grande importância no manejo da acidez do solo em plantio direto.





**Figura 8.** Teores de cátions básicos solúveis nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia-branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006.



**Figura 9.** Condutividade elétrica nos resíduos vegetais em plantas cultivadas de aveia-branca na época do florescimento em função da aplicação de calcário em superfície. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006.

### 6.3 Características químicas do solo

Os resultados das características químicas do perfil do solo estão apresentados em função das doses de calcário aplicadas em superfície (0, 1.000, 2.000 e 4.000 kg ha<sup>-1</sup>), na ausência e presença da aplicação de gesso agrícola (2.100 kg ha<sup>-1</sup>), em duas épocas de amostragem (12 e 24 meses após a aplicação).

Na amostragem realizada aos 12 meses após a aplicação de calcário e gesso, foram verificados aumentos nos valores de pH quando a calagem foi realizada associada a gessagem e também quando foi realizada isoladamente (Figura 10). Apenas a profundidade 0,20-0,40 m não foi influenciada pelos tratamentos. Aos 36 meses após a reaplicação, na presença de gesso a calagem promoveu aumento de pH em todas as profundidades estudadas e na ausência do mesmo, não foi verificada elevação nos valores de pH somente na maior profundidade (Figura 10 e Tabela 12).

Aos 12 meses após a aplicação dos corretivos quando a calagem foi realizada na ausência de gesso (Figura 10), os valores de pH do solo estavam em níveis

semelhantes aos verificados antes da aplicação dos corretivos (Tabela 1), e quando foi realizada em conjunto apresentou valores superiores aos verificados antes da aplicação quando foi utilizada a dose  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de calcário. Esse incremento foi notado em todo o perfil do solo, mas principalmente nas camadas superficiais.

Na Figura 10 observa-se que aos 24 meses após a aplicação do corretivo houve aumento significativo nos níveis de pH, em relação aos obtidos antes da aplicação quando foi realizada a calagem, concomitante ou não à aplicação de gesso. Os valores aumentaram linearmente (Tabela 12) à medida que a dose aumentou. Os resultados encontrados no presente estudo indicam que aos 24 meses após a aplicação dos corretivos ainda existem efeitos da calagem em todo o perfil do solo e podem perdurar por um longo período.

O efeito no pH no perfil do solo, como decorrência da aplicação superficial de calcário, pode ser explicado pelo movimento descendente de partículas finas de calcário, devido às características físicas favoráveis do solo no sistema plantio direto ou pelo movimento por fluxo de massa dos ânions básicos ( $\text{OH}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$ ), resultantes da dissolução do calcário no solo ou por ligantes orgânicos produzidos na decomposição dos resíduos (PAVAN, 1997).

O aumento do pH em profundidade é conhecido como “frente de alcalinização”, já observada por vários autores (CASSOL, 1995; AMARAL, 1998; PÖTTKER e BEN, 1998).

As principais causas apontadas para a reacidificação do solo, são a perda de nitrogênio do sistema, oriundo da aplicação de fertilizantes ou da fixação biológica (HELYAR, 1976;; BURLE et al., 1997) e das perdas do solo por erosão (RHEINHEIMER et al., 2000c; WIETHOLTER, 2000). Já a adoção do sistema plantio direto, diminui as perdas de solo por erosão, aumentando o efeito residual do calcário. Possivelmente os resultados obtidos no presente estudo apresentam relação direta com esses fatores.

Vários fatores podem ter contribuído para a ocorrência desses efeitos, tais como o deslocamento das partículas mais finas do corretivo em profundidade devido às boas características físicas, levando ao aumento do pH e neutralização do Al em subsuperfície (AMARAL et al., 2001). A migração dos efeitos da calagem em profundidade está relacionada, principalmente, à dose de corretivo, ao tempo de avaliação, aos atributos do solo,

especialmente os colóides, a macroporosidade e ao regime hídrico, e secundariamente a presença de ânions inorgânicos, como nitratos, sulfatos, cloretos, silicatos e ânions orgânicos (PEARSON et al., 1962; HAYNES e MOKOLOBATE, 2001).

A contribuição efetiva da calagem aplicada superficialmente na elevação dos valores de pH até as camadas subsuperficiais do solo, pode ter sido decorrente das condições satisfatórias de umidade no solo, devido ao abundante volume de precipitações pluviais que ocorreram no período (Figura 1). Outro fator que pode ter favorecido o efeito da calagem na correção do pH em profundidade, principalmente aos 24 meses após a aplicação, é que as amostragens foram realizadas pouco tempo após a colheita da aveia branca cultivada na área nos dois anos agrícolas. Trabalhos realizados por Franchini et al., (2001); Franchi et al., (2003); Cassiolato et al., (2000); Meda et al., (2002b); e Miyazawa et al., (2002), com extratos vegetais, demonstraram que sua percolação por colunas de solo aumentou a eficiência da calagem aplicada em superfície sobre a correção de acidez de camadas subsuperficiais.

Azevedo et al. (1996), Ciotta et al. (2002), Schindwin e Anghinoni, (2000), Gatiboni et al. (2003) e Caires (2006c) observaram que mesmo após vários anos ainda foram encontrados efeitos da calagem superficial, sendo que esses efeitos ocorreram principalmente nas camadas superficiais. Caires et al. (2003) observaram efeitos da calagem superficial até a camada 0-0,05m, 11 meses após a aplicação do corretivo e os efeitos na camada 0,20-0,40 foram observados apenas na amostragem realizada 35 meses após a aplicação. Caires et al. (2005) e Caires et al. (2006b) constataram que a calagem superficial elevou os valores de pH somente até a camada 0-0,10m, 30 meses após a aplicação do corretivo. Verificou-se em outros trabalhos que o tempo decorrido para a máxima reação do calcário aplicado na superfície foi de 48 meses em um Argissolo Acinzentado distrófico plântico textura média (RHEINHEIMER et al., 2000), 32 meses em um Latossolo Vermelho textura média (CAIRES et al., 2000).

Na presença de gesso a calagem promoveu elevação do pH em todas as profundidades, e esses efeitos foram observados principalmente na amostragem realizada aos 24 meses após a aplicação do corretivo. A maior solubilidade do gesso em relação ao calcário, e a presença de um ânion estável ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), pode ter contribuído para que a aplicação de calcário em combinação com gesso agrícola promovesse elevação dos valores de pH em subsuperfície, mais efetivamente que nos tratamentos que receberam apenas calcário. Quaggio

et al. (1993) verificaram que a aplicação de calcário + gesso tornou o movimento do  $\text{SO}_4^{2-}$  ainda mais rápido em relação a aplicação apenas de gesso. O ânion  $\text{SO}_4^{2-}$  pode formar um par iônico neutro com o íon  $\text{Ca}^{2+}$ , e com isto leva o calcário até a subsuperfície do solo. Em profundidade, ocorre deslocamento de  $\text{OH}^-$  pelo  $\text{SO}_4^{2-}$ , mediante troca de ligantes na superfície das partículas de solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, promovendo a neutralização parcial da acidez, mecanismo chamado por Reeve e Sumner (1972) de “autocalagem”. Isto demonstra que o gesso pode, além de reduzir a atividade do alumínio em solução, também aumentar os teores de Ca e os valores de pH na subsuperfície do solo (SUMNER et al., 1986).

Diversos trabalhos evidenciaram o efeito do gesso na elevação dos valores de pH, principalmente em subsuperfície (CAIRES et al., 1999; Caires et al., 2003; SORATTO, 2005), outros não verificaram efeito algum do gesso sobre o pH (CAIRES et al., 1998; RAMOS et al., 2003). Soratto (2005) verificou efeito do gesso na elevação do pH aos 6, 12 e 18 meses após a aplicação, Caires et al. (2006a) constataram que a aplicação de calcário + gesso promoveram aumento no pH do solo, em amostragem realizada aos 58 meses e Caires et al. (2004) aos 46 meses após a aplicação do material corretivo. Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam que a associação da calagem e gessagem aplicada em superfície pode ser eficiente na elevação do pH em todo o perfil do solo, como foi verificado por Oliveira e Pavan (1996).

Verifica-se que de modo geral, com o passar do tempo, houve uma elevação do pH do solo (Figura 10 e Tabela 12), com maior enfoque para os tratamentos que receberam calagem e gessagem, indicando que mesmo com o passar do tempo os corretivos continuam reagindo e corrigindo o solo desde a camada superficial até a mais profunda.

Os teores de H + Al que representam a acidez potencial do solo estão representados na Figura 11 e Tabela 13, respectivamente. A aplicação de calcário na ausência da aplicação de gesso, promoveu redução na acidez potencial do solo (H + Al) em todas as camadas do solo proporcionalmente à dose aplicada nas duas épocas de amostragem do solo (Figura 11 e Tabela 13). Maiores reduções foram verificadas principalmente quando foram utilizadas as duas maiores doses do corretivo e mais evidentes nas camadas 0,0-0,05 e 0,05-0,10m de profundidade, o que revela comportamento semelhante em comparação com outros trabalhos realizados com aplicação superficial de calcário. Oliveira e Pavan (1996) obtiveram

aumento de pH e diminuição da acidez potencial até 40 cm de profundidade após 32 meses da calagem superficial em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Caires et al. (1998), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, obtiveram diminuição da acidez potencial até 20 cm, após 12 meses da calagem, chegando até 60 cm, após 68 meses (Caires et al., 2001). Gonçalves (2003) verificou redução da acidez potencial com aplicação de calcário em superfície, até a profundidade de 0,10-0,20m aos 24 meses após a correção.

No entanto, existem na literatura trabalhos que indicam que o efeito da calagem superficial na redução da acidez potencial se restringe às camadas superficiais. Dentre os quais podemos citar os de Caires et al. (2004; 2006a) que comparando a calagem superficial com a calagem incorporada, comprovaram que após 46 meses houve redução nos teores de H + Al na camada 0,0-0,05m quando a calagem foi realizada superficialmente e nas camadas 0,05-0,10 e 0,10-0,20m com a incorporação do corretivo ao solo. Caires et al. (2000) constataram redução da acidez potencial até 10cm de profundidade em avaliação realizada 30 meses após a aplicação de calcário em superfície. Mello (2001) verificou que 12 meses após o calcário ter sido aplicado em superfície, na implantação do sistema plantio direto, os valores de H + Al reduziram nas camadas 0-0,05 e 0,05-0,10m. Lima (2004) verificaram efeito da aplicação de calcário em superfície até a profundidade 0,40m aos 5 meses após a aplicação do corretivo, porém em amostragem realizada aos 19 meses da aplicação o efeito da calagem superficial havia desaparecido completamente. Soratto (2005) analisando os efeitos da calagem superficial, em amostragem realizada aos 18 meses após a implantação do sistema, verificou que a calagem reduziu a acidez potencial do solo apenas até a camada 0,05-0,10m e de forma proporcionalmente inversa à dose aplicada.

Na presença de gesso, a calagem promoveu redução dos teores de H + Al em todas as profundidades (Figura 11 e Tabela 13), e os maiores efeitos foram notados quando utilizou-se calcário na dose 4.000 kg ha<sup>-1</sup> + aplicação do gesso. Caires et al. (2004) 43 meses após a aplicação constataram que a aplicação de gesso em conjunto com a calagem não exerceu influência sobre a acidez potencial do solo. Soratto (2005) não constatou nenhum efeito da aplicação de calcário + gesso sobre os valores de H + Al abaixo da camada superficial. Caires et al. (2000), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, concluíram que a ação máxima da calagem sobre a acidez potencial ocorreu aos 28 meses após a aplicação, principalmente nas camadas superficiais.

Os resultados obtidos no presente estudo discordam com os encontrados pelos autores supracitados.

Não foram observados efeitos da aplicação de gesso na redução da acidez potencial (Figura 11). Soratto (2005) observou valores expressivos da aplicação de gesso apenas na camada 0,10-0,20m aos 12 meses e na camada 0,40-0,60m, na amostragem realizada 18 meses após a aplicação.

São escassos os trabalhos na literatura que citam o efeito da aplicação superficial de gesso, ou da combinação calcário + gesso, no comportamento da acidez potencial do solo. No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a aplicação de calcário tanto isolada quanto em conjunto com a aplicação de gesso proporciona redução da acidez potencial do solo.

Os teores de Al trocável obtidos no presente estudo revelaram que a calagem realizada na ausência de gesso promoveu redução nos teores do elemento em todas as profundidades nas duas épocas amostradas e o mesmo efeito foi verificado com aplicação conjunta do corretivo (Figura 12 e Tabela 14). Os resultados verificados para teores de Al trocável no solo, estão condizentes com os valores de pH (Figura 10 e Tabela 12) que aumentaram com a calagem e com os de H + Al (Figura 11 e Tabela 13) que também foram reduzidos pela aplicação superficial do corretivo. Soratto (2005) observou máximo efeito da calagem superficial nos teores de Al trocável 12 meses após a aplicação do calcário em superfície na implantação do sistema plantio direto. Tiritan (2001), em um Latossolo Vermelho distroférico argiloso, verificou efeito da aplicação superficial de calcário no controle da acidez trocável até a profundidade de 0,40m, 6 meses após a aplicação do corretivo, e Caires et al. (1998), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média verificaram efeito da calagem na redução de Al trocável, em todas as profundidades, aos 12 meses após a aplicação.

Existem na literatura outros trabalhos que relatam efeitos da aplicação de calcário na superfície do solo, nas camadas superficiais e dentre eles destacam-se os de Caires et al. (1999 e 2000), cuja diminuição do Al trocável no solo ocorreu até os 10cm de profundidade, já aos 3-12 meses após a aplicação embora aos 40-58 meses após a aplicação, tenha neutralizado todo o Al trocável apenas na camada 0-5cm. Similarmente, esse comportamento ocorreu nos solos do Planalto do Rio Grande do Sul, onde a neutralização

total do Al trocável ficou limitada à camada de 0-5cm, mesmo com doses superiores a metade da recomendação, aos 34 e 42 meses após a aplicação (POTTKER & BEN, 1998; PETRERE e ANGHINONI, 2001).

Os efeitos da calagem superficial na redução dos teores de Al trocável em camadas mais profundas e com maior período decorrido da aplicação superficial de calcário foram relatados em alguns trabalhos, como o Oliveira e Pavan (1996), que aos 32 meses após a calagem superficial observou redução de Al trocável até 40 cm de profundidade, o de Caires et al (2005; 2006b) que constataram que a calagem superficial reduziu o Al trocável em profundidade 30 meses após a aplicação e o de Zambrosi et al. (2007a) que verificaram redução de Al trocável ao longo de todo o perfil estudado aos 58 meses após a correção.

A redução dos teores de Al trocável em profundidade pela calagem, pode estar relacionado com o mecanismo de lixiviação de cálcio e magnésio proposto por Myiazawa et al. (1996) e com a formação de complexos orgânicos hidrossolúveis presentes nos restos das plantas. Na camada superficial os ligantes orgânicos complexam o Ca e o Mg trocáveis, formando complexos  $[ML^0$  ou  $ML^-$  ( $M = Ca$  ou  $Mg$ )]. A alteração da carga do  $Ca^{2+}$  e do  $Mg^{2+}$  facilita sua mobilidade no solo. Nas camadas subsuperficiais, o cálcio ou o magnésio dos complexos orgânicos é deslocado pelo Al trocável do solo, porque os íons  $Al^{3+}$  formam complexos mais estáveis do que o  $Ca^{2+}$  e o  $Mg^{2+}$ , e isso diminui os teores de Al trocável. Desde o início do presente experimento, na fase de implantação do sistema semeadura direta foi realizada rotação de culturas, com a finalidade de produção de grãos. No entanto esse sistema de rotação proporcionou o acúmulo de resíduos na superfície do solo que pode ter resultado na redução da acidez trocável em todo o perfil do solo mesmo após 24 meses da aplicação dos materiais corretivos.

Outro fator que deve ser levado em conta é que a menor toxicidade do Al encontrada no SPD está associada com a complexação do elemento pela MO, que promove a remoção do Al da solução do solo (HARGROVE e THOMAS, 1981), e a formação de complexos com o carbono orgânico dissolvido (ZAMBROSI et al., 2007a), pois a biodisponibilidade e o potencial tóxico dos elementos no ambiente dependem de sua especiação na solução do solo (CANCÉS et al., 2003). Certamente esses fatores também



tenham contribuído efetivamente na redução dos teores de Al trocável obtidos no presente estudo.

Com o aumento do pH após a aplicação do corretivo, ocorre a precipitação de Al trocável na forma de  $\text{Al(OH)}_3$  (KINRAID, 1991) e o efeito do aumento do pH na redução dos teores de Al trocável foi confirmado pelas relações negativas entre ambos em todas as profundidades estudadas (Figuras 10 e 12 e Tabelas 12 e 14). Zambrosi et al. (2007b) também relataram mesmo efeito 55 meses após a realização da calagem em sistema plantio direto.

Não foi verificado efeito da aplicação de gesso apenas na camada 0,5-0,10m de profundidade na amostragem realizada aos 12 meses após a aplicação dos corretivo, já na amostragem realizada aos 24 meses foi verificada redução da acidez trocável principalmente nas camadas mais profundas do solo. Zambrosi et al. (2007b) não detectaram efeito do gesso nos teores de Al trocável em nenhuma das profundidades estudadas (até 0,40m) em coletas realizadas 55 meses após a aplicação de gesso. Em um período de tempo bem menor após a gessagem (14 meses), Caires et al. (1999) verificaram que a aplicação superficial de gesso reduziu o Al trocável nas camadas de 5-10; 20-40; 40-60 e 60-80 cm em Latossolo Vermelho distrófico sob SPD. Soratto (2005) também verificou efeito da aplicação isolada de gesso até a profundidade 0,6m em amostragem realizada 12 meses após a aplicação.

Os resultados obtidos no presente estudo indicam que quando foi realizada a segunda amostragem todo o gesso aplicado na superfície certamente já havia reagido, sugerindo que a máxima eficiência da gessagem na redução dos teores de Al trocável nas camadas superficiais do solo teria ocorrido aos 12 meses após a aplicação.

Algumas hipóteses tem sido sugeridas para explicar os mecanismos envolvidos na redução do Al trocável pela aplicação de gesso. Uma delas seria a liberação de  $\text{OH}^-$  pelo  $\text{SO}_4^{2-}$ , mediante a troca de ligantes com a formação de estruturas hidroxiladas de Al, mecanismo denominado por Reeve e Sumner (1972) de “autocalagem”. Poderia também ocorrer uma precipitação de alumínio com a formação de minerais (ADAMS e RAYWAYFIH, 1977). Outra possibilidade seria a lixiviação de alumínio acompanhando o sulfato, o que pode ser, em parte favorecido pela formação, principalmente de pares iônicos ou complexos  $\text{AlSO}_4$  (PAVAN et al., 1982; PAVAN et al., 1984). Essas podem ser as explicações possíveis para a

redução do Al trocável pela aplicação de gesso, principalmente nas camadas mais profundas, já que o gesso aumentou os teores de  $S-SO_4^{2-}$ , em todo o perfil do solo (Figura 13).

Através da Figura 13 e da tabela 15, verifica-se que a calagem elevou os teores de  $S-SO_4^{2-}$ , nas camadas 0,5-0,10 e 0,10-0,20m na amostragem realizada aos 12 meses após a aplicação dos corretivos, já na aos 24 meses houve incremento da calagem em todas as profundidades. Por outro lado com aplicação conjunta dos corretivos, não foi observado efeito aos 12 meses apenas na camada 0-0,05m, e aumentos significativos nos teores de  $S-SO_4^{2-}$  foram obtidos em todo o perfil do solo na amostragem realizada aos 24 meses após a aplicação. A aplicação de gesso aumentou os teores de  $S-SO_4^{2-}$  no solo, em todas as profundidades estudadas (Figura 13). Observou-se que os teores aumentaram, a medida que a profundidade foi maior.

O sulfato é mais fortemente retido em solos mais ácidos e com menor carga elétrica negativa (RAIJ e PEECH, 1972). Essa retenção do sulfato e sua repulsão por fosfato explicam os teores mais baixos de  $S-SO_4^{2-}$  na superfície do solo. Nas camadas mais profundas (0,20-0,40 e 0,40-0,60 m), o acúmulo de sulfato foi mais acentuado, indicando que o efeito pode ter-se estendido também em profundidades ainda maiores no solo. Destaca-se que as avaliações foram realizadas 12 e 24 meses após a aplicação do material corretivo em superfície. Esses resultados concordam com as observações de Raij et al. (1998), ficando evidente que o íon  $S-SO_4^{2-}$  é fortemente adsorvido no subsolo, aí permanecendo por muitos anos, informação importante para a diagnose da disponibilidade de S em solos.

Quaggio et al. (1993) verificaram que, 18 meses após a incorporação de  $6 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, praticamente todo o cálcio e o  $S-SO_4^{2-}$  foram lixiviados para profundidades superiores a 0,60m. Caires et al. (1998), em um Latossolo Vermelho distrófico textura média, verificaram que, 24 meses após a aplicação de uma dose de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso em superfície, cerca de 60 % do  $S-SO_4^{2-}$  já havia sido lixiviado para camada abaixo de 0,80m de profundidade e que apenas uma pequena parte do  $S-SO_4^{2-}$  (10%) recuperado até 0,80m, encontrava-se na camada de 0-0,20.

Já Caires et al. (2004; 2006) estudando a aplicação de doses de calcário e gesso superficiais em um Latossolo Vermelho Distrófico, em amostragens realizadas aos 43 e 55 meses, respectivamente, constataram que a aplicação de gesso aumentou os teores de  $S-SO_4^{2-}$  até 0,80m de profundidade. Caires et al., (2003), em um Latossolo Vermelho distrófico argiloso

(580 e 680 g kg<sup>-1</sup> de argila nas camadas 0-0,20 e 0,40-0,60m) respectivamente, observaram que 20 meses após a aplicação o S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, proveniente do gesso estava distribuído regularmente em todo o perfil do solo até a profundidade 0,60m. Sendo assim deve-se considerar, no entanto, que a velocidade com que o sulfato se movimenta é variável em diferentes solos (Quaggio et al., 1993; Caires et al., 1998), devendo ser mais lenta em solos com maior teor de argila.

Não foi observado efeito da aplicação de gesso e de calcário + gesso nos teores de K solúvel, no perfil do solo, 12 meses após a aplicação dos corretivos (Figura 14 e Tabela 16). No entanto, aos 24 meses observa-se aumento nos teores de K solúvel nas camadas mais profundas do subsolo com a aplicação de gesso (Figura 14), e a aplicação conjunta dos corretivos incrementou os teores do elemento nas profundidades 0,05-0,10, 0,10-0,20 e 0,40-0,60m, respectivamente (Figura 14 e Tabela 16). A calagem realizada isoladamente, elevou os teores de K solúvel até a profundidade 0,20m na amostragem realizada aos 12 meses e nas profundidades 0-0,05, 0,10-0,20 e 0,40-0,60 (Figura 14 e Tabela 16).

Segundo Franchini (2004), paralelamente ao aumento da mobilidade de cátions polivalentes (Ca e Mg) na presença de ânions orgânicos, cátions monovalentes como o K se acumulam na superfície do solo por não formarem complexos organo-metálicos. Isso provavelmente explica os efeitos obtidos no presente estudo, principalmente quando a calagem foi realizada isoladamente.

Resultados semelhantes aos obtidos no presente estudo aos 12 meses nos tratamentos que não receberam gesso foram obtidos por alguns autores, tais como Ciotta et al. (2004) avaliando efeitos de doses de gesso em um Latossolo Bruno aluminico em plantio direto a 21 anos houve tendência de queda nos teores de K trocável e em solução com a profundidade de solo, tendo as maiores concentrações ocorrido sempre na camada superficial do solo. O acúmulo de K trocável na superfície do solo também foi observado por Amaral (1998), porém não se manteve ao longo do tempo. O comportamento diferenciado do K deve-se à sua dinâmica no solo, que é mais dependente da frequência de adubação potássica, aliado a fatores tais como tipo de solo, CTC e influência do pH na CTC. Segundo Caires et al. (2004; 2006a) os teores de K trocável no solo não foram influenciados significativamente pela aplicação de doses de gesso. Embora a lixiviação de K trocável pelo uso de gesso possa ocorrer de acordo com o tipo de solo (Sousa & Ritchey, 1986; Sumner, 1995), em sistema plantio direto, as perdas de K<sup>+</sup>

por lixiviação proporcionadas com a aplicação de gesso têm sido muito pequenas (Caires et al., 1998; 2002; SORATTO, 2005).

Trabalhos de pesquisa que relacionam o teor de K tocável e calagem são controversos aos obtidos no presente trabalho, já que a maioria deles não apresenta resposta significativa da aplicação de calcário superficial nos teores de K trocáveis no solo, dentre eles podemos citar Caires et al. (2000; 2006b; 2006c;) e Aleoni et al. (2005). No entanto é possível explicar a resposta positiva da calagem nos teores trocáveis de K pois com a elevação do pH do solo pela calagem (Figura 10 e Tabela 12), provoca liberação de cargas negativas dependentes de pH, fazendo com que aumentem os sítios de retenção de íons  $K^+$ , principalmente nas camadas mais superficiais do solo. Além do efeito do pH sobre a retenção de  $K^+$ , a calagem introduz outros cátions como Ca e Mg (contra-íons). Assim a perda de potássio no solo é reduzida (QUAGGIO et al., 1991).

Os teores de Ca trocável (Figura 15 e Tabela 17) foram incrementados proporcionalmente à dose aplicada em todas as camadas do perfil do solo quando foi realizada a aplicação de calcário e calcário + gesso nas duas épocas de amostragem. E a aplicação de gesso proporcionou incremento em todas as profundidades na amostragem realizadas aos 12 meses após a aplicação e nas profundidades 0,05-0,10 e 0,40-0,60, respectivamente. Inúmeros trabalhos relatam a elevação nos teores de Ca trocável do solo sob influência da aplicação superficial de calcário (OLIVEIRA e PAVAN, 1996, CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 2000; RHEINHEIMER, et al., 2000; GATIBONI et al., 2003; CAIRES et al., 2004; CAIRES et al., 2004; CIOTTA et al., 2004; ALLEONI et al., 2005; CAIRES et al., 2006abc), ou gesso (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1999; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004; CAIRES et al., 2006a, ZAMBROSI et al., 2007a). No entanto, grande parte desses trabalhos não apresenta ou comenta efeito algum, da interação entre a calagem e a gessagem nos teores de Ca trocável no solo.

Como os dois materiais são fonte de Ca, no presente trabalho foi possível observar interação entre a calagem e a gessagem em todo o perfil do solo, evidenciando que tanto o calcário, quanto o gesso, aplicados em superfície contribuiu para a elevação nos teores de Ca no perfil do solo, corroborando com os resultados obtidos por Ramos (1996); Caires et al. (1998); Caires et al. (2003) e Soratto (2005).

No presente trabalho a decomposição de resíduos vegetais na superfície certamente contribuiu com os resultados encontrados, uma vez que durante todo o período desde a implantação do sistema semeadura direta a área foi manejada em sistema de rotação e sucessão de culturas, gerando grande quantidade de resíduos vegetais na superfície ao longo do tempo. O aumento do pH do solo e redução da acidez potencial e trocável (Figura 10, 11 e 12 e Tabelas 13, 14 e 15) no perfil do solo com a calagem e aplicação de gesso também são importantes fatores que contribuíram na elevação dos teores de Ca no perfil do solo.

Semelhante ao que foi observado para o Ca, os resultados obtidos para teores de Mg trocável (Figura 16 e Tabela 18) no perfil do solo, indicaram que tanto a aplicação de calcário quanto a aplicação de calcário + gesso elevaram os teores do elemento no solo nas duas épocas de amostragem e proporcionalmente à dose de calcário aplicada.

Provavelmente a camada superficial do presente solo apresenta alta macroporosidade, principalmente bioporos originários da decomposição do sistema radicular das culturas utilizadas em sistema de rotação, e da atuação da macrofauna. Através desses macroporos, as partículas finas do calcário podem ter sido arrastadas pela água, elevando os teores de Ca e Mg trocáveis e corrigindo a acidez do solo em subsuperfície, como demonstrado por AMARAL et al. (2001).

A aplicação de gesso na ausência de calagem reduziu os teores de Mg trocável até a profundidade 0,20m na amostragem realizada aos 12 meses e até a camada 0,40m de profundidade na amostragem realizada aos 24 meses após a aplicação do corretivo, respectivamente (Figura 16). A lixiviação de magnésio tem sido constatada com frequência em estudos com aplicação superficial de gesso (Caires et al., 1998; Caires et al., 1999; CAIRES et al., 2003; Gatiboni et al., 2003; Caires et al., 2004; SORATTO (2005); Caires et al., 2006a)

Apesar de Caires et al. (1998) terem relatado que, na presença de calcário, a lixiviação de Mg trocável, proporcionada pela aplicação de 12 t ha<sup>-1</sup> de gesso, foi mais intensa, no presente trabalho os resultados indicam que a calagem reduziu as perdas de magnésio provocadas pela aplicação de gesso, corroborando com os resultados obtidos por Soratto (2005). Uma provável explicação para a ocorrência de tal efeito seria a maior quantidade de cálcio adicionada no tratamento que recebeu calagem + gessagem. Essa maior quantidade de cálcio promoveria sua rápida associação com o íon acompanhante, no caso SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, tornando-o passível de lixiviação em detrimento da movimentação do magnésio. Além disso, é importante

ressaltar que a quantidade de gesso utilizada no presente experimento foi bem inferior à aquela utilizada por Caires et al. (1998).

Na Figura 17 e Tabela 19 verifica-se os valores de saturação de bases (V%), indicando que houve incremento pela calagem, gessagem e calagem + gessagem em todas as profundidades avaliadas e nas duas épocas de amostragem. O aumento da saturação por bases em subsuperfície com a aplicação de calcário e/ou gesso sobre o solo decorre da diminuição dos teores de Al trocável e do aumento dos teores de Ca e Mg trocáveis no solo. Esse efeito do calcário aplicado em superfície sobre os componentes da acidez do solo em subsuperfície demonstra a viabilidade técnica desta prática em solos cultivados em plantio direto tanto em fase de implantação quanto em longo prazo.

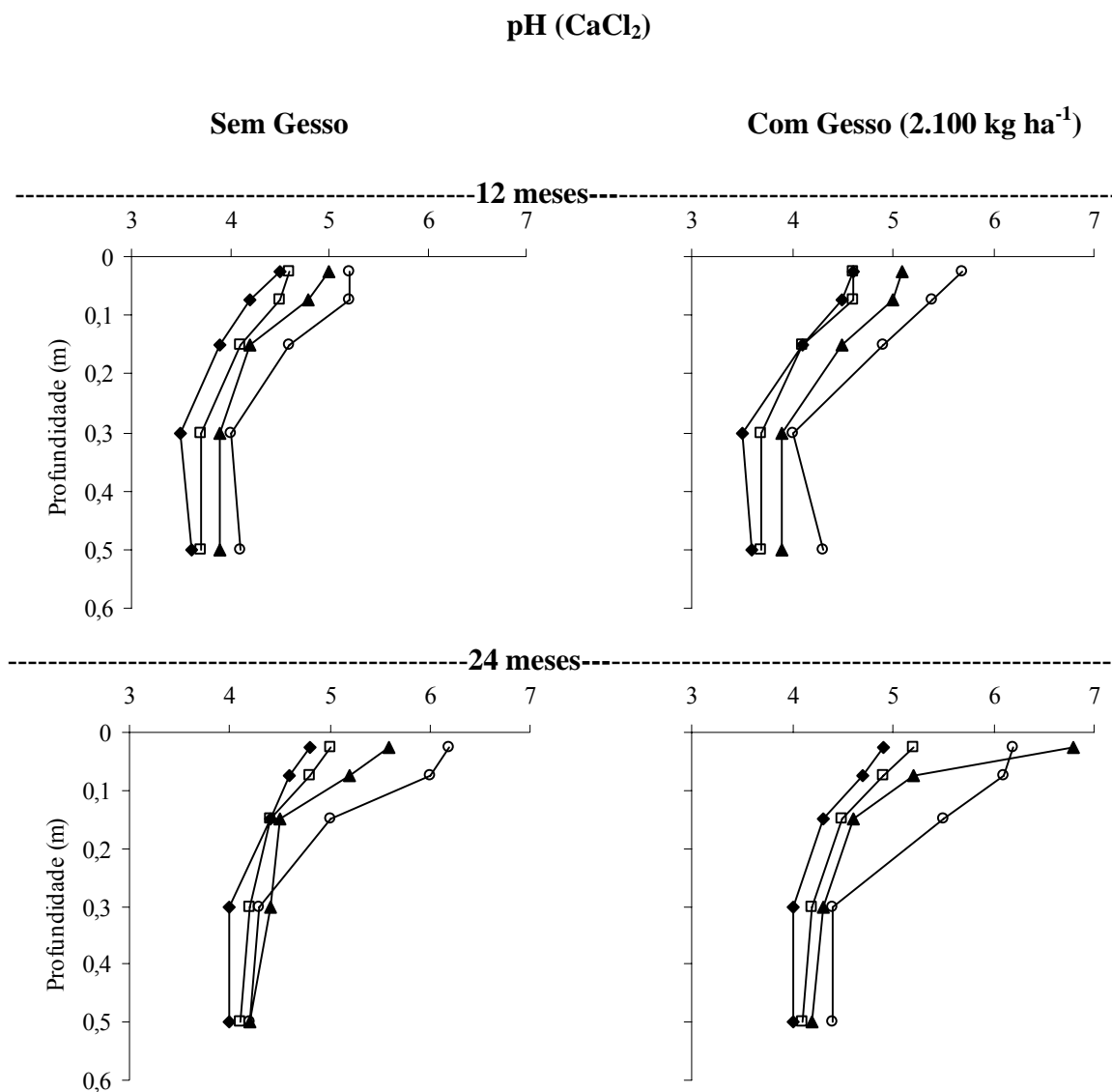
A calagem e a gessagem superficial influenciaram os teores de matéria orgânica, praticamente em todo o perfil do solo na primeira amostragem e nas camadas superficiais na amostragem realizada 24 meses após a aplicação (Figura 18 e Tabela 20), e foi observado comportamento semelhante quando não foi realizada a gessagem. No entanto, quando ocorreu aplicação de gesso isoladamente, verificou-se ausência de efeito em todas as profundidades e épocas de amostragem (Figura 18). A redução da matéria orgânica em algumas profundidades pode estar relacionada ao aumento do pH do solo nessas profundidades (Figura 10 e Tabela 12), em função da calagem mesmo sendo realizada em superfície aumentar o pH e conseqüentemente a mineralização (ROSOLEM et al., 2003), podendo reduzir o teor de matéria orgânica no perfil do solo.

Os resultados do presente estudo evidenciam que a calagem em superfície teve efeito sobre a correção da acidez e elevação dos teores de Ca e Mg do solo praticamente em todo o perfil, e que a aplicação de gesso pôde contribuir para que os efeitos alcancem camadas ainda mais profundas do subsolo, indicando que certamente parte do calcário aplicado na superfície apresenta algum efeito residual, com partículas finas deslocando ao longo do perfil do solo.

**Tabela 12.** Equações de regressão ajustadas para pH ( $\text{CaCl}_2$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
		<b>12 meses</b>		
0-0,05	pH = 4,50 + 0,002x	0,94*	pH = 4,44 + 0,0003x	0,96**
0,05-0,10	pH = 4,23 + 0,0002x	0,99**	pH = 4,39 + 0,0002x	0,98**
0,10-0,20	pH = 3,89 + 0,0001x	0,90*	pH = 3,98 + 0,0002x	0,97**
0,20-0,40	pH = 3,76	ns	pH = 3,79	ns
0,40-0,60	pH = 3,54 + 0,0001x	0,98*	pH = 3,56 + 0,0002x	0,93*
		<b>24 meses</b>		
0-0,05	pH = 4,70 + 0,0003x	1,0**	pH = 4,85 + 0,0003x	0,98**
0,05-0,10	pH = 4,59 + 0,0001x - 0,00000006x <sup>2</sup>	0,98*	pH = 4,68 + 0,00003x + 0,00000007x <sup>2</sup>	0,99*
0,10-0,20	pH = 4,27 + 0,0001x	0,85**	pH = 4,34 - 0,00006x + 0,00000008x <sup>2</sup>	0,95*
0,20-0,40	pH = 4,05 + 0,00008x	0,82*	pH = 4,06 + 0,00009x	0,99*
0,40-0,60	pH = 4,09	ns	pH = 4,15 + 0,00006x	0,94*

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.



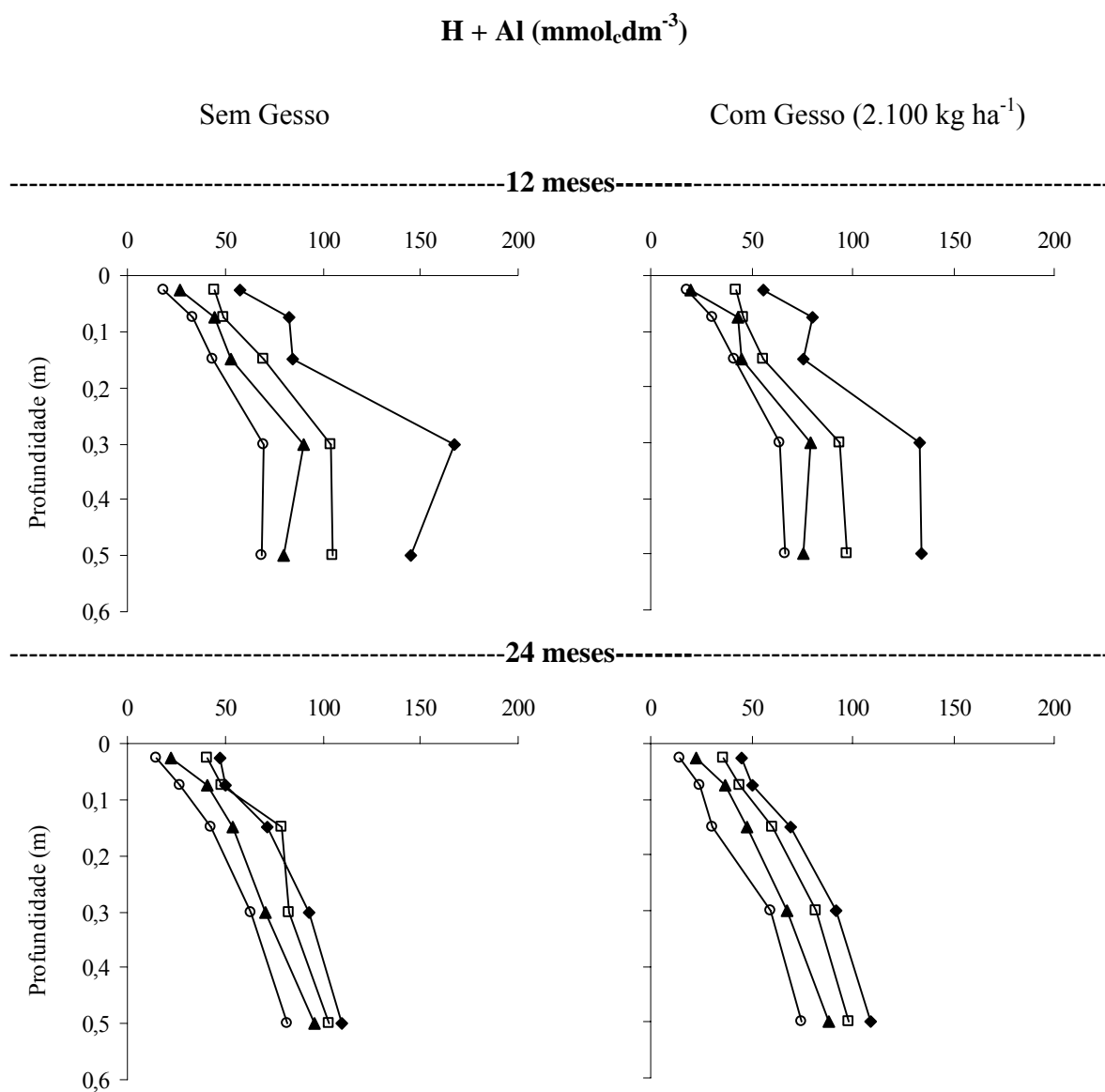
**Figura 10.** Valores de pH (CaCl<sub>2</sub>) do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha<sup>-1</sup>) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. (♦) 0; (□) 1.000; (▲) 2.000 e (○) 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário.



**Tabela 13.** Equações de regressão ajustadas para H + Al (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha<sup>-1</sup>) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
0-0,05 0,05-0,10 0,10-0,20 0,20-0,40 0,40-0,60	H + Al = 57,9 - 0,001x - 0,000001x <sup>2</sup>	1,0*	H + Al = 57,4 - 0,02x + 0,000002x <sup>2</sup>	0,98**
	H + Al = 79,6 - 0,02x + 0,000003x <sup>2</sup>	0,92**	H + Al = 68,2 - 0,02x + 0,000002x <sup>2</sup>	0,91*
	H + Al = 81,9 - 0,009x	0,97**	H + Al = 75,1 - 0,02x + 0,000003x <sup>2</sup>	0,99*
	H + Al = 161,4 - 0,05x + 0,000006x <sup>2</sup>	0,94**	H + Al = 130,6 - 0,03x + 0,000004x <sup>2</sup>	0,97*
	H + Al = 143,9 - 0,04x + 0,000005x <sup>2</sup>	0,99**	H + Al = 132,7 - 0,03x + 0,000004x <sup>2</sup>	0,99*
-----				
<b>24 meses</b>				
0-0,05 0,05-0,10 0,10-0,20 0,20-0,40 0,40-0,60	H + Al = 47,35 - 0,008x	0,97**	H + Al = 45,6 - 0,01x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0*
	H + Al = 52,60 - 0,005x	0,93**	H + Al = 50,88 - 0,006x	0,98**
	H + Al = 73,4 - 0,007x	0,98**	H + Al = 69,76 - 0,009x	0,99**
	H + Al = 91,65 - 0,007x	0,98**	H + Al = 90,95 - 0,008x	0,98**
	H + Al = 110,3 - 0,006x	0,98**	H + Al = 108,2 - 0,008x	1,0**

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

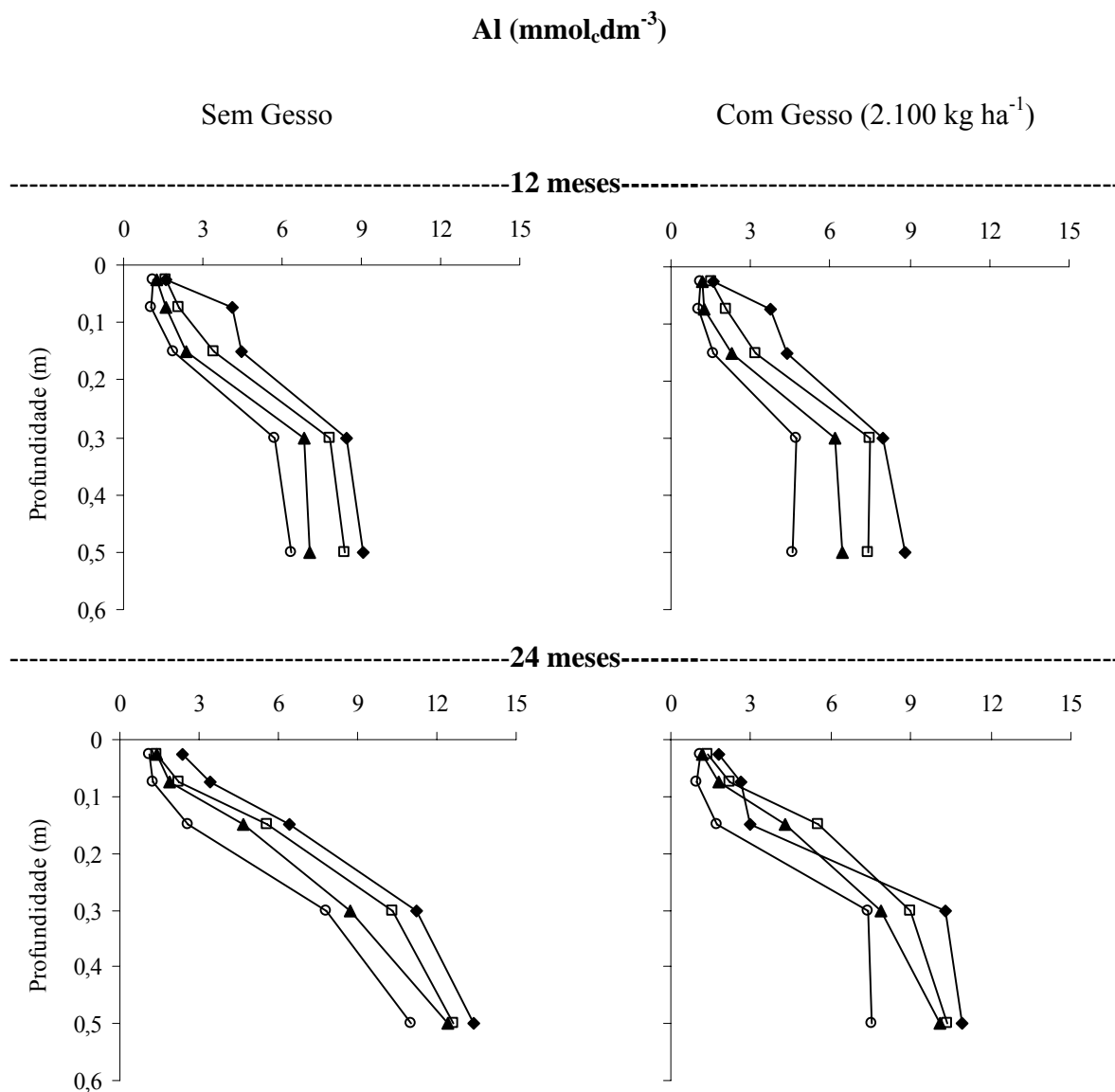


**Figura 11.** Valores de H + Al (mmol<sub>c</sub>dm<sup>-3</sup>) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha<sup>-1</sup>) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. (♦) 0; (□) 1.000; (▲) 2.000 e (○) 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário.

**Tabela 14.** Equações de regressão ajustadas para Al Trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
		<b>12 meses</b>		
0-0,05	Al = 1,63 - 0,0001x	0,92**	Al = 1,57 - 0,0001x	0,89**
0,05-0,10	Al = 3,98 - 0,002x + 0,000002x <sup>2</sup>	0,94**	Al = 3,67 - 0,002x + 0,00000002x <sup>2</sup>	0,99**
0,10-0,20	Al = 4,48 - 0,001x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0*	Al = 4,15 - 0,0006x	0,96**
0,20-0,40	Al = 8,48 - 0,0006x	1,0*	Al = 8,14 - 0,0008x	0,99**
0,40-0,60	Al = 9,01 - 0,0006x	0,99**	Al = 8,72 - 0,0009x	0,99**
		<b>24 meses</b>		
0-0,05	Al = 2,24 - 0,0006x + 0,000000008x <sup>2</sup>	0,87*	Al = 1,69 - 0,0002x	0,84**
0,05-0,10	Al = 3,07 - 0,0004x	0,90**	Al = 2,64 - 0,0004x	0,98**
0,10-0,20	Al = 6,54 - 0,0008x	0,96**	Al = 5,96 - 0,00008x - 0,00000006x <sup>2</sup>	1,0*
0,20-0,40	Al = 11,14 - 0,0008x	0,99**	Al = 9,98 - 0,0007x	0,92**
0,40-0,60	Al = 13,36 - 0,0005x	0,91*	Al = 11,21 - 0,0007x	0,83*

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

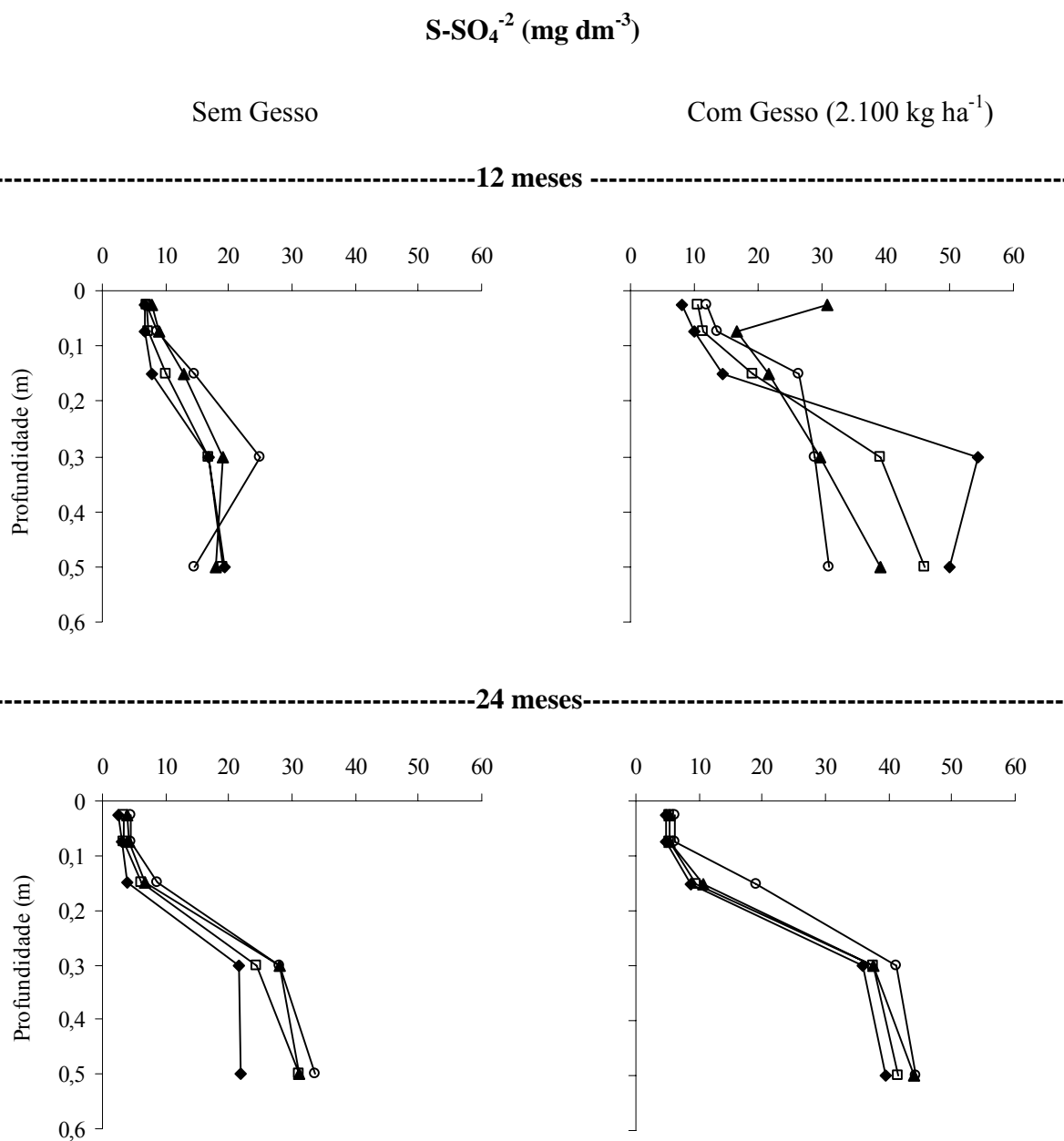


**Figura 12.** Valores de Al ( $\text{mmol}_c\text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário.

**Tabela 15.** Equações de regressão ajustadas para  $S\text{-SO}_4^{-2}$  ( $\text{mg dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
<b>12 meses</b>				
0-0,05	S = 7,13	ns	S = 15,39	ns
0,05-0,10	S = 6,84 + 0,0005x	0,80*	S = 9,27 + 0,004x - 0,000001x <sup>2</sup>	0,82**
0,10-0,20	S = 8,17 + 0,002x	0,98**	S = 15,15 + 0,002x	0,97**
0,20-0,40	S = 19,46	ns	S = 54,13 - 0,02x + 0,000002x <sup>2</sup>	1,0*
0,40-0,60	S = 18,03	ns	S = 51,0 - 0,004x	0,99**
-----				
<b>24 meses</b>				
0-0,05	S = 2,59 + 0,0005x	0,99**	S = 4,65 + 0,0003x	0,91**
0,05-0,10	S = 3,04 + 0,0003x	0,94**	S = 4,81 + 0,0003x	0,85**
0,10-0,20	S = 4,38 + 0,001x	0,95**	S = 9,27 - 0,002x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,97**
0,20-0,40	S = 22,37 + 0,002x	0,87*	S = 35,80 + 0,001x	0,87*
0,40-0,60	S = 23,07 + 0,006x - 0,000001x <sup>2</sup>	0,86*	S = 40,01 + 0,001x	0,87*

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

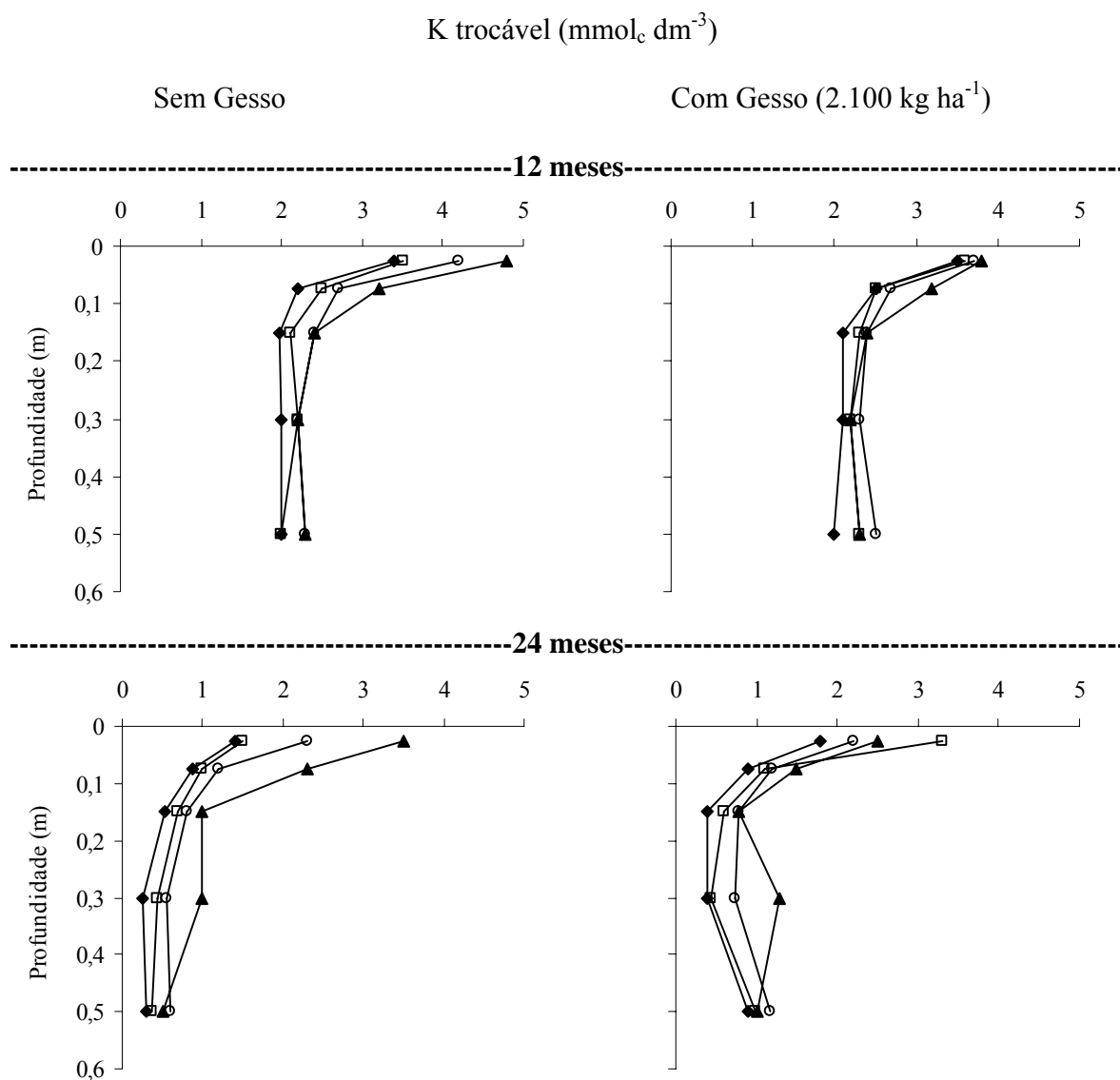


**Figura 13.** Valores de  $S-SO_4^{-2}$  ( $mg\ dm^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100\ kg\ ha^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $kg\ ha^{-1}$  de calcário.

**Tabela 16.** Equações de regressão ajustadas para K trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
	<b>12 meses</b>			
0-0,05	$K = 3,22 + 0,0008x - 0,0000001x^2$	0,70*	$K = 3,63$	ns
0,05-0,10	$K = 2,09 + 0,0007x - 0,0000001x^2$	0,87*	$K = 2,60$	ns
0,10-0,20	$K = 2,00 + 0,0001x$	0,93*	$K = 2,30$	ns
0,20-0,40	$K = 2,13$	ns	$K = 2,19$	ns
0,40-0,60	$K = 2,16$	ns	$K = 2,28$	ns
-----				
	<b>24 meses</b>			
0-0,05	$K = 1,34 + 0,002x - 0,0000002x^2$	0,96**	$K = 2,43$	ns
0,05-0,10	$K = 1,16$	ns	$K = 0,85 + 0,0004x - 0,00000007x^2$	0,87**
0,10-0,20	$K = 0,49 + 0,0003x - 0,00000005x^2$	0,90*	$K = 0,39 + 0,0002x - 0,00000003x^2$	1,0*
0,20-0,40	$K = 0,55$	ns	$K = 0,70$	ns
0,40-0,60	$K = 0,30 + 0,00007x$	1,0**	$K = 0,89 + 0,00006x$	0,90*

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.



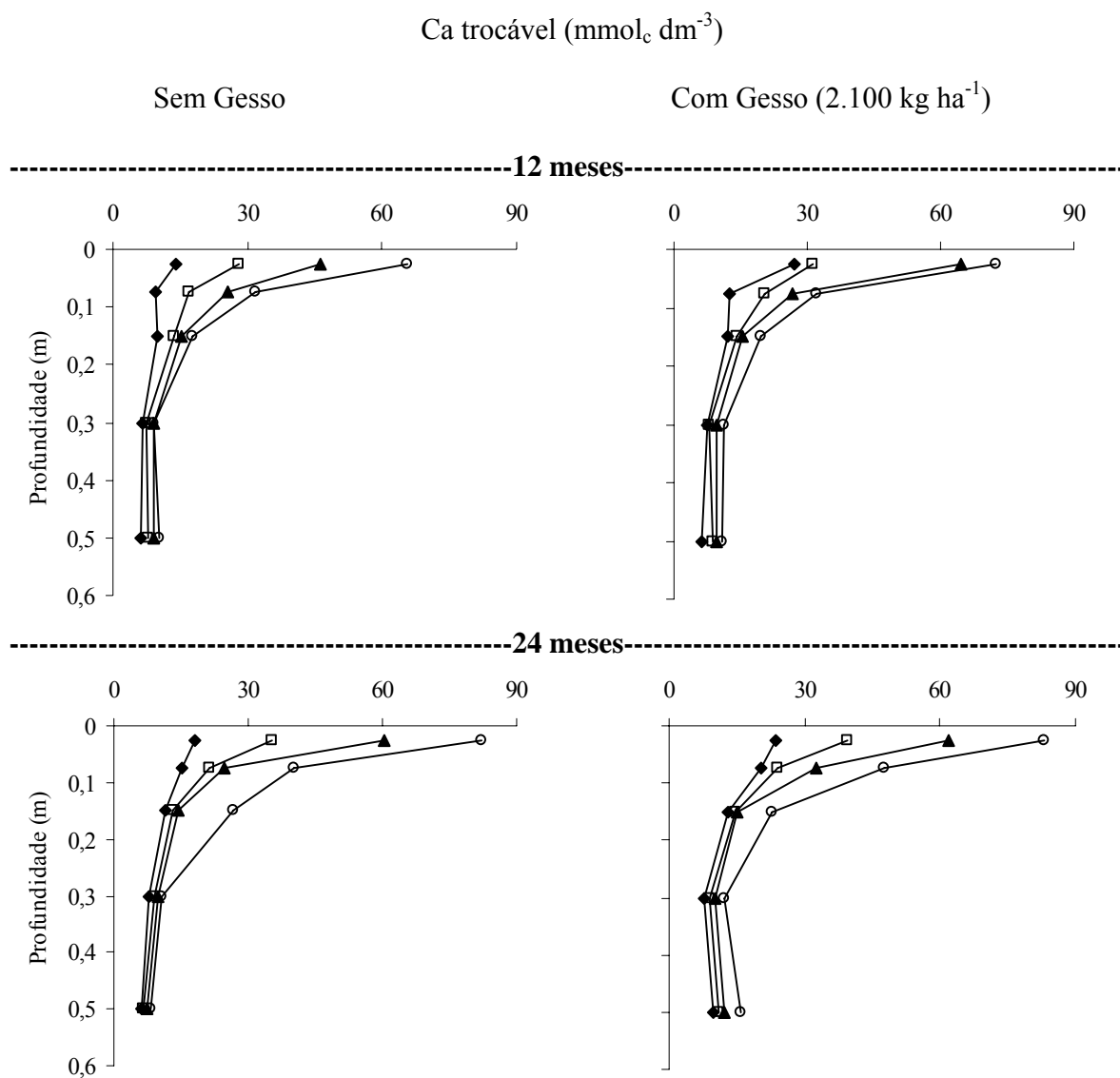
**Figura 14.** Valores de K trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário.



**Tabela 17.** Equações de regressão ajustadas para Ca trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
		<b>12 meses</b>		
0-0,05	Ca = 14,25 + 0,011x	1,0**	Ca = 24,84 + 0,011x	0,93**
0,05-0,10	Ca = 10,56 + 0,005x	0,99**	Ca = 13,89 + 0,004x	0,97**
0,10-0,20	Ca = 10,66 + 0,001x	0,93**	Ca = 11,88 + 0,002x	0,96**
0,20-0,40	Ca = 6,77 + 0,0006x	0,88**	Ca = 7,09 + 0,001x	0,98**
0,40-0,60	Ca = 6,41 + 0,0009x	0,97**	Ca = 7,00 + 0,0009x	0,90**
		<b>24 meses</b>		
0-0,05	Ca = 18,63 + 0,02x	1,0**	Ca = 24,08 + 0,01x	1,0**
0,05-0,10	Ca = 16,50 + 0,001x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,96*	Ca = 20,5 + 0,002x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0**
0,10-0,20	Ca = 12,34 - 0,002x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,96*	Ca = 13,44 - 0,001x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,98*
0,20-0,40	Ca = 8,04 + 0,0006x	0,92**	Ca = 7,79 + 0,001x	0,99**
0,40-0,60	Ca = 6,15 + 0,0005x	0,98*	Ca = 9,44 + 0,001x	0,93**

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

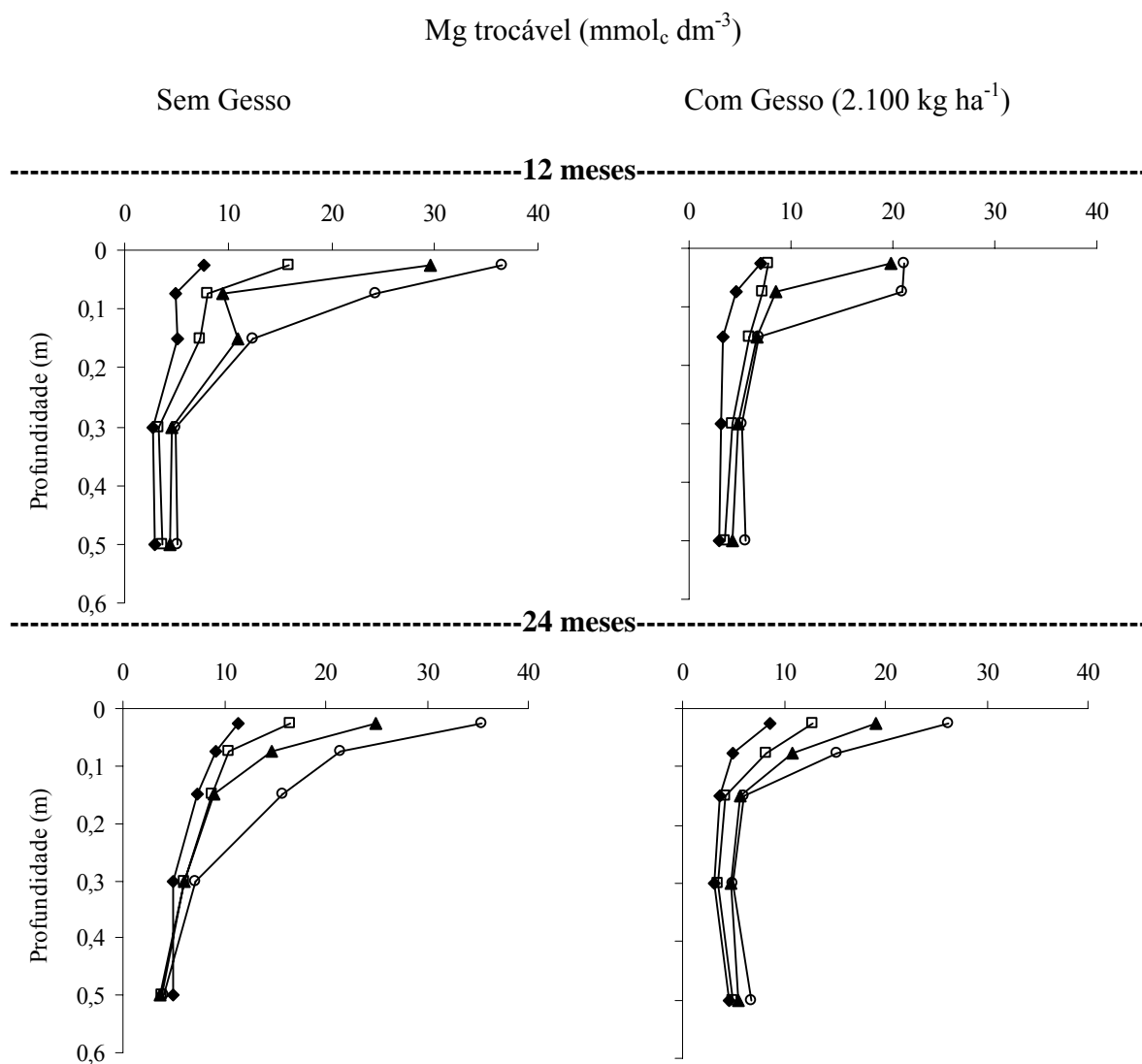


**Figura 15.** Valores de Ca trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário.

**Tabela 18.** Equações de regressão ajustadas para Mg trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
		<b>12 meses</b>		
0-0,05	Mg = 2,2 + 0,01x - 0,000001x <sup>2</sup>	0,99*	Mg = 6,35 + 0,0004x	0,88**
0,05-0,10	Mg = 5,97 - 0,002x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,96**	Mg = 5,43 - 0,001x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,96**
0,10-0,20	Mg = 5,45 + 0,002x	0,98**	Mg = 3,60 + 0,002x - 0,000003x <sup>2</sup>	0,95*
0,20-0,40	Mg = 2,72 + 0,0006x	0,98**	Mg = 3,10 + 0,001x - 0,00000001x <sup>2</sup>	1,0*
0,40-0,60	Mg = 3,00 + 0,0005x	1,0**	Mg = 3,41 + 0,0004x	0,98**
		<b>24 meses</b>		
0-0,05	Mg = 10,80 + 0,0006x	0,99**	Mg = 8,53 + 0,004x	1,0**
0,05-0,10	Mg = 9,20 + 0,0006x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0*	Mg = 5,12 + 0,002x	0,99**
0,10-0,20	Mg = 7,96 - 0,001x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,93**	Mg = 3,73 + 0,0006x	0,93**
0,20-0,40	Mg = 5,14 + 0,0004x	0,87**	Mg = 3,20 + 0,0004x	0,94**
0,40-0,60	Mg = 3,96	ns	Mg = 4,34 + 0,0005x	0,95**

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

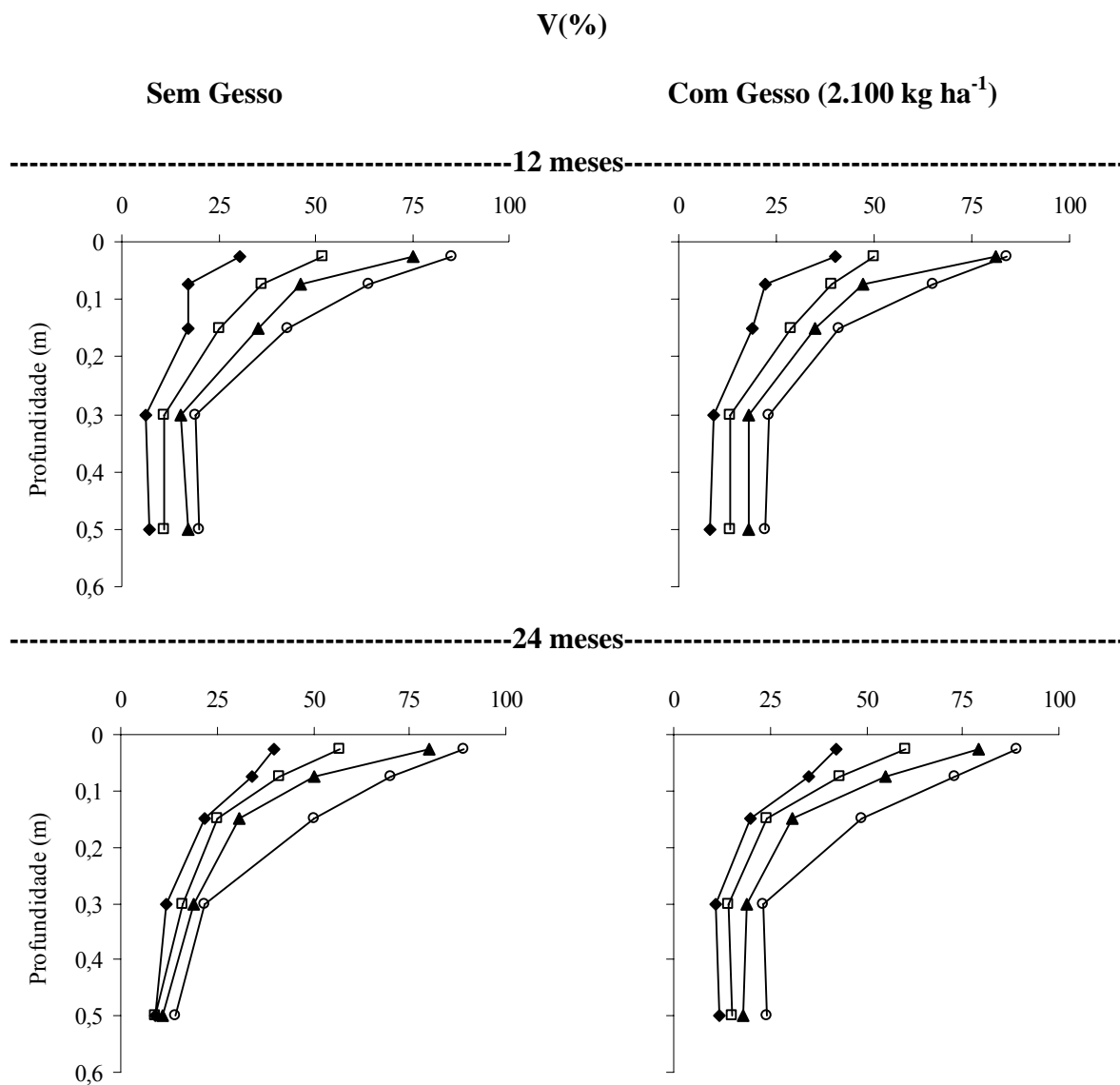


**Figura 16.** Valores de Mg trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário.

**Tabela 19.** Equações de regressão ajustadas para saturação de bases (%), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha<sup>-1</sup>) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
0-0,05 0,05-0,10 0,10-0,20 0,20-0,40 0,40-0,60	V = 30,18 + 0,02x - 0,000002x <sup>2</sup>	1,0**	V = 37,21 + 0,02x - 0,000002x <sup>2</sup>	0,95**
	V = 19,80 + 0,01x	0,97**	V = 24,37 + 0,009x	0,96**
	V = 17,68 + 0,006x	0,99**	V = 20,73 + 0,005x	0,96**
	V = 7,09 + 0,003x	0,98**	V = 9,02 + 0,003x	0,99**
	V = 7,61 + 0,003x	0,99**	V = 8,99 + 0,003x	0,98**
-----				
	<b>24 meses</b>			
0-0,05 0,05-0,10 0,10-0,20 0,20-0,40 0,40-0,60	V = 38,99 + 0,02x - 0,000002x <sup>2</sup>	1,0**	V = 43,12 + 0,02x - 0,000002x <sup>2</sup>	1,0**
	V = 34,31 + 0,003x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0*	V = 23,57 + 0,009x	0,99**
	V = 22,18 - 0,001x + 0,000002x <sup>2</sup>	0,99**	V = 20,45 + 0,0001x + 0,000002x <sup>2</sup>	0,99**
	V = 12,75 + 0,002x	0,99**	V = 10,93 + 0,003x	0,99**
	V = 8,30 + 0,001x	0,98**	V = 12,60 + 0,0008x + 0,0000002x <sup>2</sup>	0,99*

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

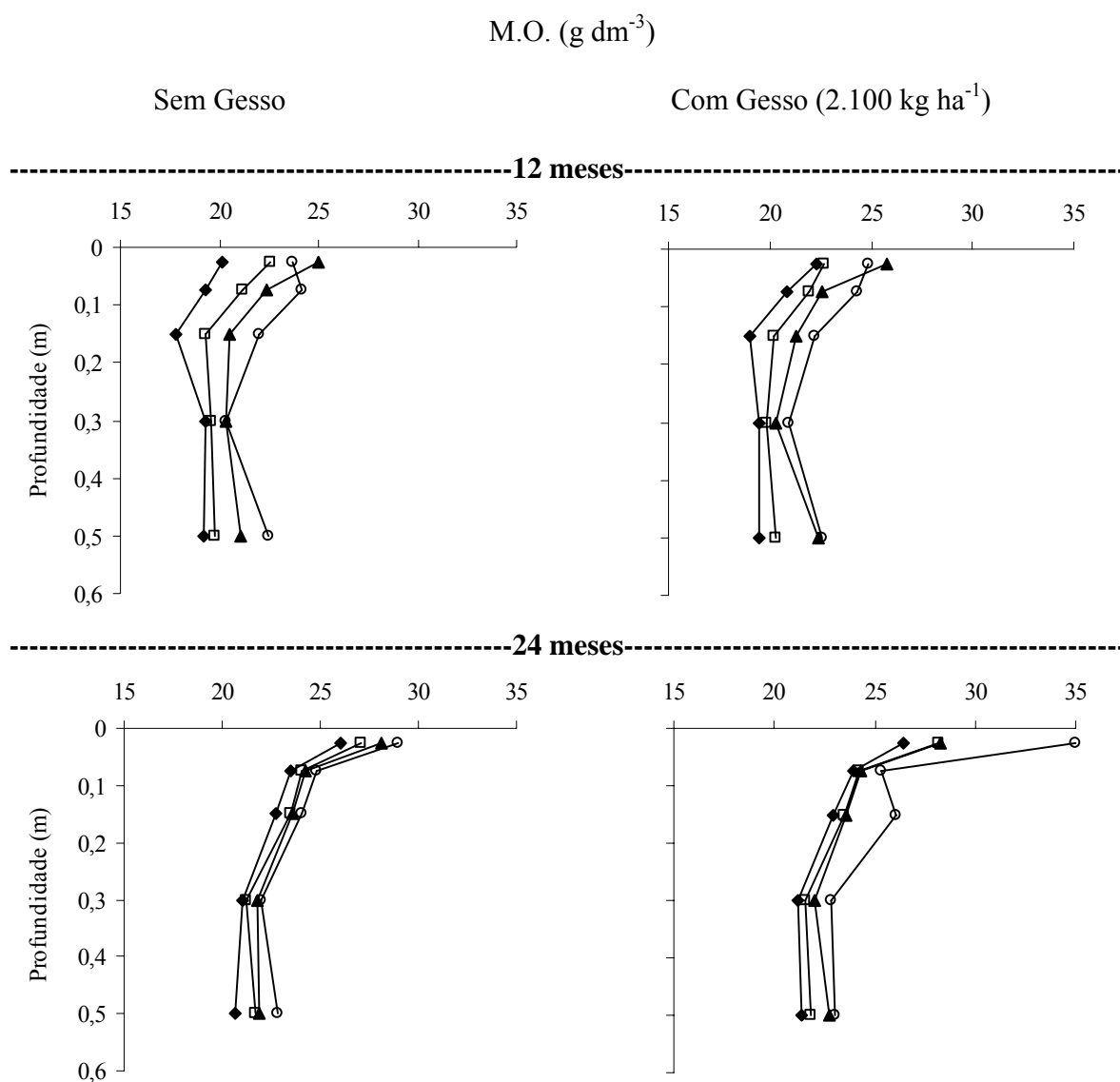


**Figura 17.** Valores de saturação por bases (%) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha<sup>-1</sup>) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. (♦) 0; (□) 1.000; (▲) 2.000 e (○) 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário.

**Tabela 20.** Equações de regressão ajustadas para matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
		<b>12 meses</b>		
0-0,05	MO = 23,1	ns	MO = 22,40 + 0,0007x	0,70*
0,05-0,10	MO = 19,57 + 0,001x	0,98**	MO = 20,78 + 0,0008x	0,96*
0,10-0,20	MO = 17,97 + 0,0009x	0,98*	MO = 19,21 + 0,0007x	0,98*
0,20-0,40	MO = 19,88	ns	MO = 20,13	ns
0,40-0,60	MO = 19,10 + 0,0008x	0,99*	MO = 19,62 + 0,0008x	0,91*
		<b>24 meses</b>		
0-0,05	MO = 26,16 + 0,0007x	0,98*	MO = 26,9 - 0,0007x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,93*
0,05-0,10	MO = 24,15	ns	MO = 24,42	ns
0,10-0,20	MO = 24,00	ns	MO = 22,64 + 0,0007x	0,81*
0,20-0,40	MO = 21,47	ns	MO = 21,85	ns
0,40-0,60	MO = 21,79	ns	MO = 22,20	ns

\* e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.



**Figura 18.** Valores de matéria orgânica ( $\text{g dm}^{-3}$ ) no solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após a aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário.



#### **6.4 Fração dos corretivos remanescentes no solo.**

Nas Figuras 19 e 20 e Tabelas 21 e 22 estão apresentados os teores de Ca e Mg trocáveis e não-trocáveis do solo, extraídos com extratos de KCl, e HCl, respectivamente. Lembrando que esta avaliação foi realizada somente na amostragem feita 24 meses após a aplicação do calcário e do gesso.

De acordo com Quaggio et al (1995), por meio da determinação das frações não-trocáveis, realizadas após a extração das frações de Ca e Mg trocáveis, é possível estimar a porção dos corretivos remanescentes no solo, que ainda não reagiram. Este método permite afirmar que a eficiência de frações granulométricas mais grosseiras são maiores do que as previstas na legislação brasileira, onde somente considera-se um curto período de três meses para avaliar a taxa de reatividade do corretivo, podendo haver capacidade neutralizante durante longo período de tempo, com respostas positivas às culturas em sucessão e rotação no sistema plantio direto.

Na Figura 19, verifica-se que em todo o perfil, principalmente nas camadas mais profundas, os teores de Ca trocável foram superiores aos de Ca não-trocável. Certamente parte do Ca e Mg também foi extraída e transportada nas produções de amendoim e aveia branca, mas principalmente pelo amendoim que é uma cultura extremamente exigente em Ca, levando a crer que a dissolução dos corretivos foi rápida, atuando efetivamente na correção da acidez do solo em todo o perfil nas duas épocas de amostragem. Isso se deve ao fato de que o calcário utilizado no presente estudo (Tabela 4) praticamente não apresentava partículas maiores do que 2,0 mm e uma pequena fração de partículas com diâmetro entre 0,84 e 2,0 mm, que são as partículas que continuam reagindo no solo durante um maior período de tempo. Para Mello et al. (2000), mesmo quando aplicada em superfície, a maior parte da fração granulométrica mais fina (menor que 0,30 mm), reage no solo em três meses, enquanto a fração com maior dimensão continua reagindo posteriormente. No presente estudo provavelmente essa fração com maior dimensão continuou reagindo, e contribuiu efetivamente na redução da acidez e aumento nos teores de bases trocáveis encontrados no solo.

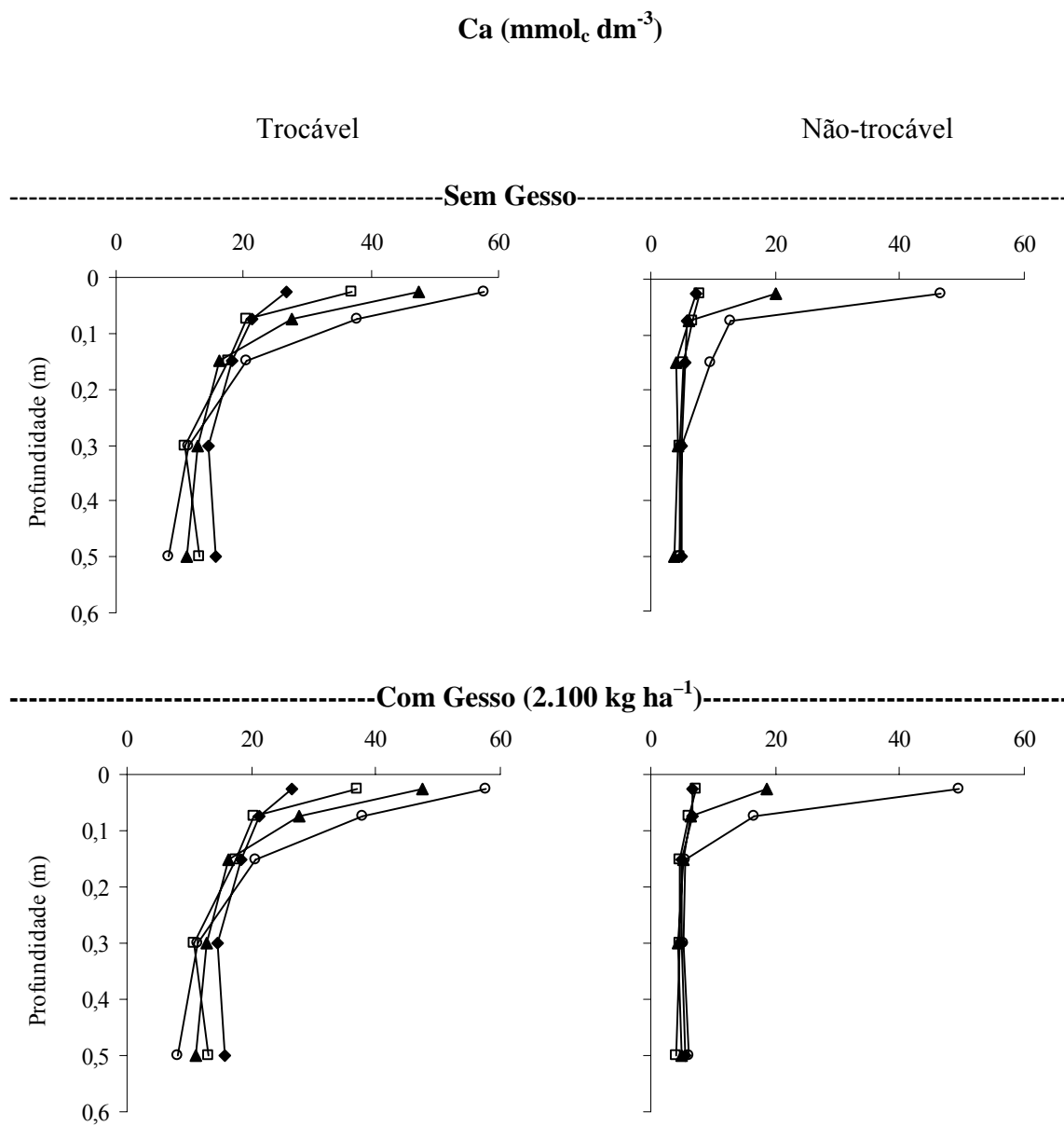
Verificou-se que a calagem elevou os teores de Ca trocável (Tabelas 20 e 21 e Figuras 19 e 20) nas duas camadas superficiais e na mais profunda nos tratamentos que não receberam gesso, já quando os corretivos foram aplicados em conjunto, apenas na camada 0,10-0,20 não foi incrementada. Esses resultados diferem em algumas profundidades dos resultados obtidos com o uso da resina trocadora de íons (Figura 15 e Tabela 17) já que com o uso da resina foram observados aumentos nos teores de Ca trocável em todas as profundidades estudadas, mais de forma geral os dois métodos utilizados são semelhantes. Esses resultados corroboram com os resultados obtidos por Cantarella et al. (2001) Raij, (2001), Lima (2004) e Soratto (2005), pois segundo esses autores a solução de KCl é também eficiente para extrair Ca e Mg trocáveis do solo. E deve ser dada uma atenção especial ao fato do extrato com KCl ter favorecido uma maior retirada de Ca trocável do solo em relação à resina trocadora de íons.

A aplicação conjunta de calcário e gesso provocaram maior movimentação do Ca não-trocável no perfil em relação aos tratamentos sem aplicação (Figura 15 e Tabela 18). Esses resultados indicam que houve boa movimentação física do calcário no perfil do solo. De acordo com alguns autores, no sistema plantio direto existe movimento de partículas finas de calcário ( $> 15 \mu\text{m}$ ), mediante a percolação de água através de planos de fraqueza (PETRERE e ANGHINONI, 2001; AMARAL et al., 2004b), ou canais formados por raízes mortas, mantidos intactos em razão da ausência de preparo convencional do solo (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; PETRERE e ANGHINONI, 2001, AMARAL 2004b). Nos tratamentos sem a adição de gesso foi verificado efeito na maioria das profundidades, elevando os teores de Ca não-trocável. Apesar de ser um produto mais solúvel, neste caso o gesso não se solubilizou rapidamente quando aplicado ao solo como ocorre em alguns casos.

Os teores de Mg trocáveis foram superiores aos não-trocáveis (Figura 20 e Tabela 22), em todo o perfil do solo, semelhante ao que já havia ocorrido com o Ca. Lima (2004) e Soratto (2005) observaram maiores teores trocáveis do que não-trocáveis principalmente nas camadas superficiais do perfil do solo. E assim como para o Ca, os efeitos da calagem nos teores de Mg trocável extraídos por solução de KCl foram bastante semelhantes aos determinados por meio da resina trocadora de íons (Figura 20 e Tabela 22). É importante destacar que, o Ca e Mg não-trocáveis determinados por metodologia descrita por

Quaggio et al. (1995), pode não representar apenas a fração residual do corretivo que ainda não reagiu no solo, uma vez que tanto no presente trabalho (Figuras 19 e 20), quanto no trabalho dos autores supracitados e no trabalho de Soratto (2005), também no tratamento testemunha, que não recebeu nenhuma dose de calcário ou aplicação de gesso, foram encontradas pequenas quantidades de Ca e Mg não-trocáveis, que pode ser proveniente de minerais ainda não totalmente intemperizados, que contenham Ca e Mg em sua estrutura (SORATTO, 2005).

De acordo com Lima (2004), a determinação das frações não-trocáveis de Ca e Mg, aliado às características químicas apresentadas na análise de fertilidade do solo pode auxiliar na definição do momento em que se faz necessária a aplicação de calcário em sistema plantio direto, embora são necessárias maiores investigações.

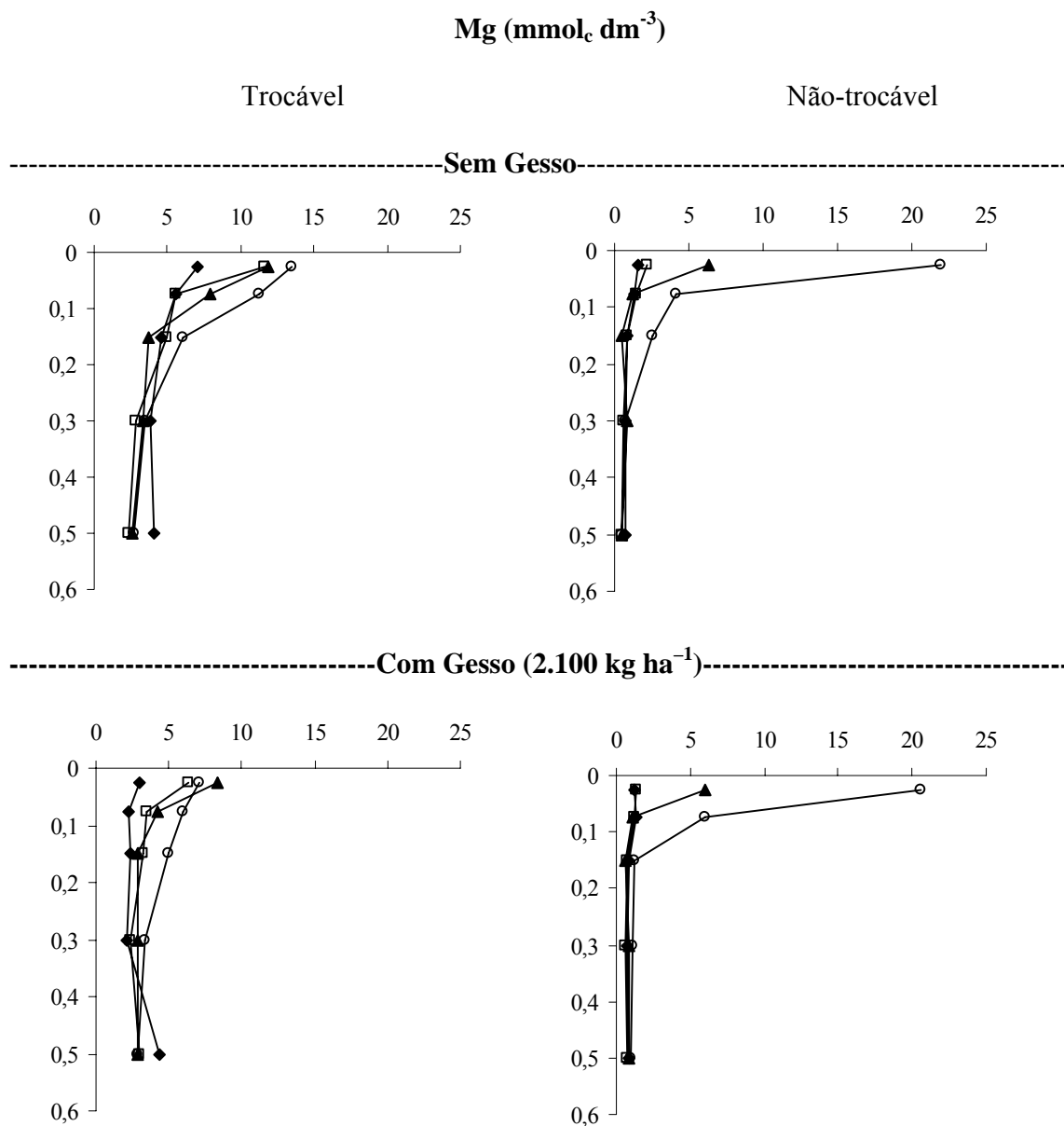


**Figura 19.** Teores de Ca trocável e não-trocável (mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), no solo em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso (2.100 kg ha<sup>-1</sup>) em superfície 24 meses da aplicação. (◆) 0; (□) 1.000; (▲) 2.000 e (○) 4.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário.

**Tabela 21.** Equações de regressão ajustadas para Ca trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem 24 meses após a aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
	<b>Trocável</b>			
0-0,05	Ca = 27,83 + 0,007x	0,99**	Ca = 23,27 + 0,013x - 0,000001x <sup>2</sup>	1,0**
0,05-0,10	Ca = 20,78 - 0,0008x + 0,0000001x <sup>2</sup>	0,99	Ca = 21,79 - 0,0006x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0*
0,10-0,20	Ca = 18,17	ns	Ca = 19,35	ns
0,20-0,40	Ca = 12,4	ns	Ca = 12,8 + 0,00037x	0,87*
0,40-0,60	Ca = 15,4 - 0,0017x	0,99**	Ca = 12,83 + 0,002x - 0,0000005x <sup>2</sup>	0,95*
	-----			
	<b>Não-trocável</b>			
0-0,05	Ca = 7,4 - 0,003x + 0,000001x <sup>2</sup>	1,0**	Ca = 7,22 - 0,004x + 0,000003x <sup>2</sup>	1,0**
0,05-0,10	Ca = 6,6 - 0,0018x + 0,00001x <sup>2</sup>	0,90**	Ca = 7,29 - 0,0036 + 0,000001x <sup>2</sup>	0,97**
0,10-0,20	Ca = 5,8 - 0,002x + 0,000001x <sup>2</sup>	0,89**	Ca = 6,0	ns
0,20-0,40	Ca = 5,1 - 0,0006x + 0,0000001x <sup>2</sup>	0,89*	Ca = 4,97 - 0,0007x + 0,00000001x <sup>2</sup>	0,95*
0,40-0,60	Ca = 5,1 - 0,0008x + 0,0000002x <sup>2</sup>	0,85*	Ca = 5,42 - 0,001x + 0,00000003x <sup>2</sup>	0,80**

e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.



**Figura 20.** Teores de Mg trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), no solo em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície 24 meses da aplicação. ( $\blacklozenge$ ) 0; ( $\square$ ) 1.000; ( $\blacktriangle$ ) 2.000 e ( $\circ$ ) 4.000  $\text{kg ha}^{-1}$  de calcário.

**Tabela 22.** Equações de regressão ajustadas para Mg trocável e não-trocável ( $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), em diferentes profundidades do solo, em função da aplicação de níveis de calcário, sem e com gesso ( $2.100 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em superfície, em duas épocas de amostragem após 24 meses da aplicação.

Profundidade (m)	Sem Gesso		Com Gesso	
	Equações	R <sup>2</sup>	Equações	R <sup>2</sup>
	<b>Trocável</b>			
0-0,05	$\text{Mg} = 7,57 + 0,003x - 0,00000006x^2$	0,89**	$\text{Mg} = 3,07 + 0,004x - 0,000001x^2$	1,0**
0,05-0,10	$\text{Mg} = 5,51 - 0,0001x + 0,00000007x^2$	0,99*	$\text{Mg} = 2,37 + 0,0008x$	0,97**
0,10-0,20	$\text{Mg} = 4,8$	ns	$\text{Mg} = 2,65 - 0,0003x + 0,00000007x^2$	0,84*
0,20-0,40	$\text{Mg} = 3,4$	ns	$\text{Mg} = 2,07 + 0,0003x$	1,0**
0,40-0,60	$\text{Mg} = 3,89 - 0,001x + 0,00000003x^2$	0,80**	$\text{Mg} = 4,15 - 0,009x + 0,0000001x^2$	0,91*
-----				
	<b>Não-trocável</b>			
0-0,05	$\text{Mg} = 7,4 - 0,003x + 0,0000001x^2$	1,0**	$\text{Mg} = 7,22 - 0,004x + 0,0000003x^2$	1,0**
0,05-0,10	$\text{Mg} = 6,6 - 0,0018x + 0,00001x^2$	0,90**	$\text{Mg} = 7,29 - 0,0036 + 0,000001x^2$	0,97**
0,10-0,20	$\text{Mg} = 5,8 - 0,002x + 0,000001x^2$	0,89**	$\text{Mg} = 6,0$	ns
0,20-0,40	$\text{Mg} = 5,1 - 0,0006x + 0,0000001x^2$	0,89*	$\text{Mg} = 4,97 - 0,0007x + 0,00000001x^2$	0,95*
0,40-0,60	$\text{Mg} = 5,1 - 0,0008x + 0,0000002x^2$	0,85*	$\text{Mg} = 5,42 - 0,001x + 0,00000003x^2$	0,80**

e \*\* indicam significância estatística a 5% e 1%, pelo teste t, respectivamente.

## 6.5 Características da cultura do amendoim

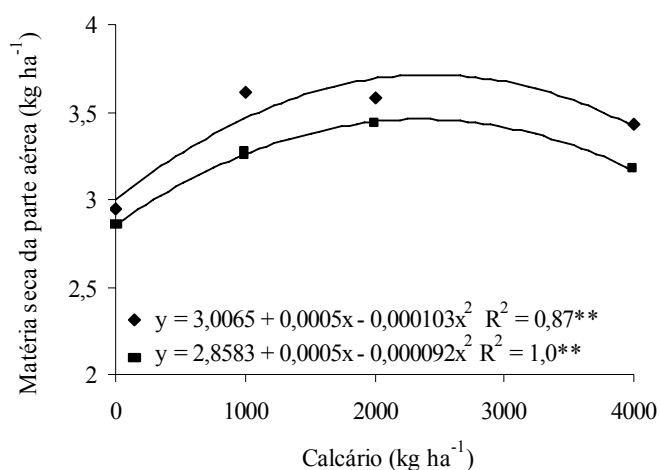
### 6.5.1 Matéria seca e diagnose foliar

A produção de matéria seca de plantas de amendoim foi influenciada pela calagem e pela aplicação conjunta dos corretivos (Figuras 21 e 22), mas não respondeu à aplicação isolada de gesso (Tabelas 23 e 24) em nenhuma das safras avaliadas.

**Tabela 23.** Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes em folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2004/05.

Tratamento	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor nas Folhas (g kg <sup>-1</sup> )					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Gesso							
Sem	3393,4	33,5	4,7	18,9	13,6	5,9	4,5
Com	3181,4	34,8	5,7	20,4	13,8	5,5	4,0
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	7,5	6,0	17,8	8,7	10,2	25,5	14,0
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	8,8	5,1	18,4	10,0	17,3	19,7	16,4

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).  
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.



**Figura 21.** Matéria seca da parte aérea de plantas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \*\* é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (♦) com gesso. Botucatu, SP, 2004/05.

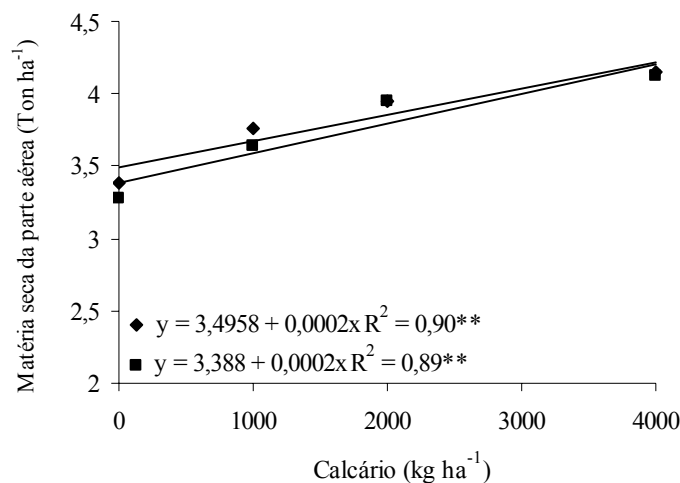


**Tabela 24.** Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes em folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005/06.

Tratamento	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor nas Folhas (g kg <sup>-1</sup> )					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Gesso							
Sem	3747	38,7	7,2	24,3a	14,2	5,7	4,2
Com	3811	37,7	6,6	21,5b	14,7	4,8	3,9
CV <sub>1</sub> (%)	7,2	8,3	10,0	12,5	17,6	33,4	16,7
CV <sub>2</sub> (%)	7,5	8,8	15,8	13,4	13,5	34,2	13,4

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).  
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

Os resultados obtidos corroboram com os de Caires e Rosolem (2000). Segundo Caires e Rosolem, (1996) na cultura do amendoim, a calagem pode aumentar o crescimento da parte aérea das plantas, sem causar alteração no desenvolvimento da parte frutífera.



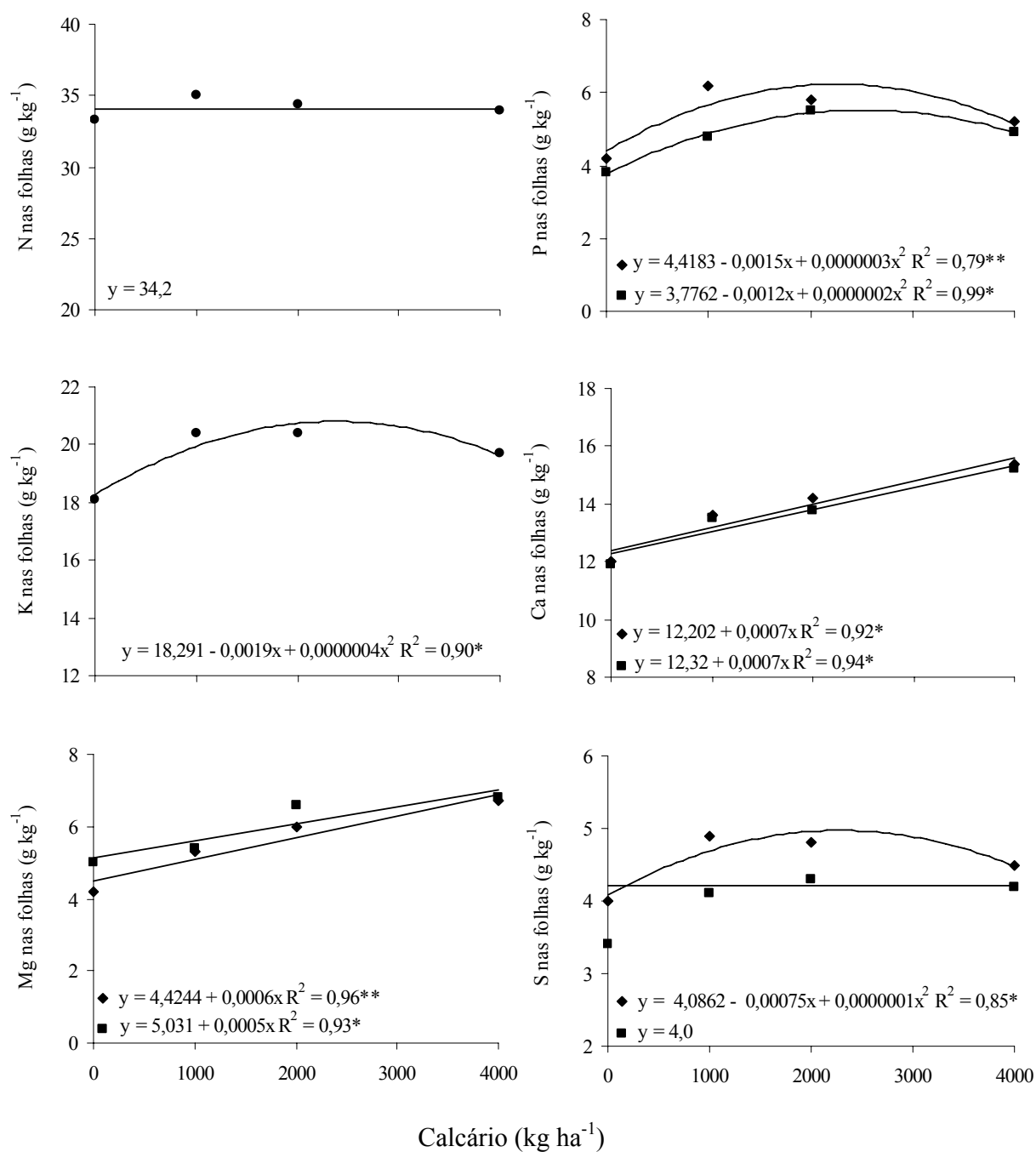
**Figura 22.** Matéria seca da parte aérea de plantas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \*\* é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (♦) com gesso. Botucatu, SP, 2005/06.

Os teores de N nas folhas das plantas de amendoim no primeiro ano agrícola (Figura 23) não foram incrementados pelos tratamentos. Já no segundo ano agrícola a calagem e a calagem mais gessagem aumentaram os teores de N nas folhas (Figura 24).

O aumento da absorção de nitrogênio pode ser consequência de maior mineralização de nitrogênio orgânico do solo em função da elevação do pH (ROSOLEM et al., 1990), de melhor distribuição do sistema radicular devido à correção do subsolo ácido (CAIRES e ROSOLEM 1991) ou de maior eficiência da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> em decorrência da menor acidez do solo (BLAMEY e CHAPMAN, 1982). É de conhecimento que o amendoim depende da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> para sua nutrição, tendo em vista que fertilizantes nitrogenados normalmente não são aplicados. Em solos ácidos e com baixos teores de cálcio, a baixa disponibilidade de molibdênio e a toxicidade de manganês podem prejudicar a absorção de nitrogênio e reduzir a produção de amendoim (ROSOLEM e CAIRES, 1998). Maior eficiência da fixação simbiótica do N<sub>2</sub> pelo amendoim tem ocorrido com a aplicação de calcário (BLAMEY, 1983).

Nos dois anos agrícolas os teores de N nas folhas encontravam-se dentro da faixa (30,0 a 45,0 g kg<sup>-1</sup>) considerada adequada (AMBROSANO et al., 1997). A partir do início da fase reprodutiva o nitrogênio é continuamente mobilizado das folhas para os frutos, podendo surgir sintomas de deficiência em algumas situações, razão pela qual se recomenda em alguns países a adubação nitrogenada para o amendoim (GASHO e DAVIS, 1995) no entanto no presente estudo não foram verificados sintomas de deficiência e certamente a dose de N contida na fórmula NPK utilizada na adubação de semeadura foi suficiente para o bom desenvolvimento da cultura.

A cultura de amendoim apresentou comportamento semelhante nos dois anos agrícolas para os teores de P nas folhas. A calagem com ou sem aplicação de gesso elevou linearmente os teores, de acordo com a dose (Figuras 23 e 24, Tabelas 23 e 24).

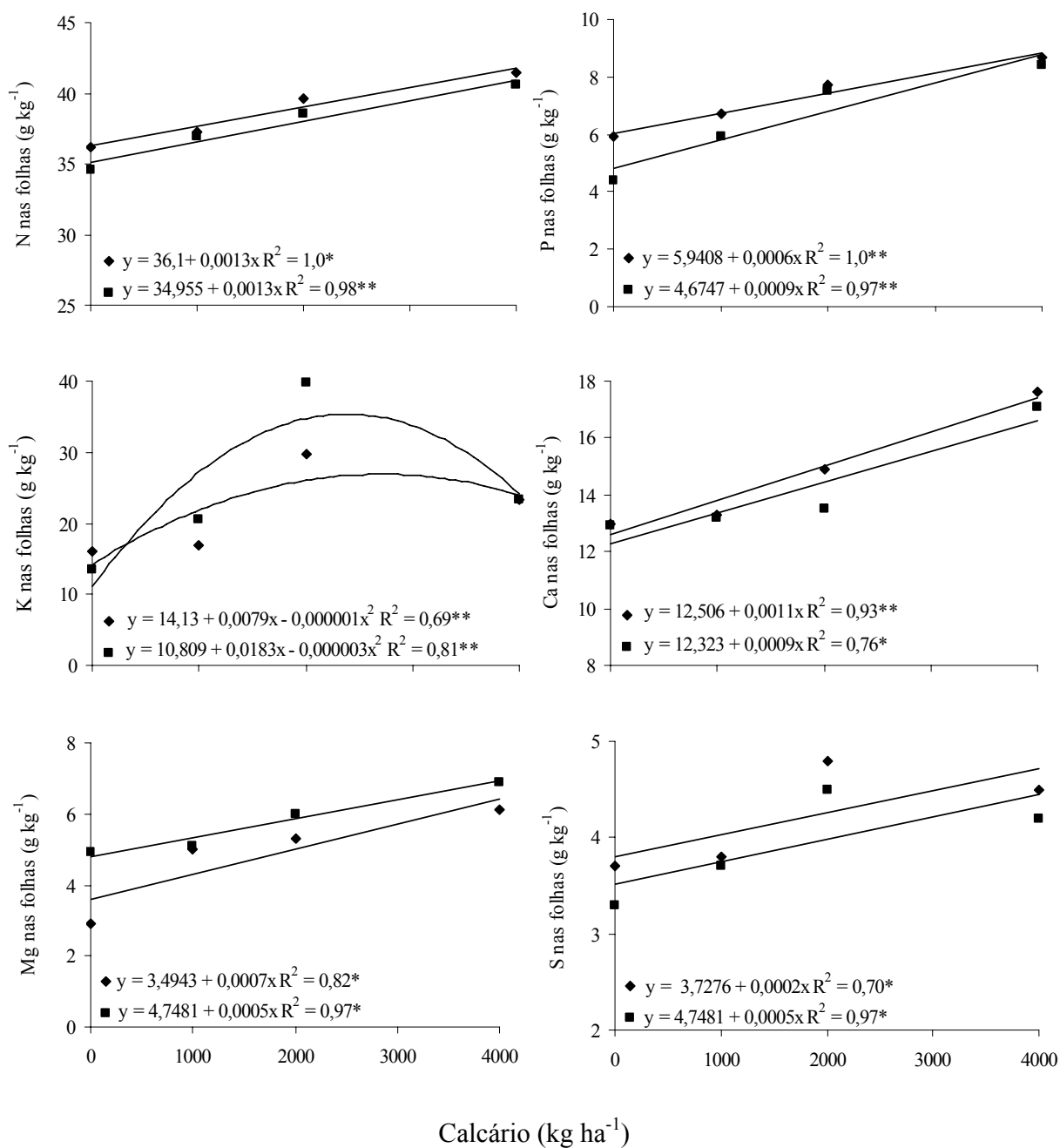


**Figura 23.** Teores de macronutrientes nos folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (♦) com gesso Botucatu, SP, 2004/05.

O fósforo dentre os nutrientes é o elemento considerado principal fator de produtividade da cultura do amendoim, garantindo resultados espetaculares em termos de quantidade e qualidade de produto (GILLIER e SILVESTRE, 1970) e certamente a eficiente absorção do elemento pelas plantas de amendoim em função da calagem e gessagem contribuiu para os efeitos positivos da calagem e da gessagem obtidos no presente estudo (Tabelas 27 e 28 e Figuras 27 e 28) com relação à produtividade. Os teores de P nas plantas estavam dentro das faixas de teores (2,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>) considerados adequados (AMBROSANO et al., 1997) e em alguns casos esses teores estavam acima da faixa adequada.

Os teores de K encontraram-se na faixa considerada adequada (17,0 a 30,0 g kg<sup>-1</sup>) para a cultura (AMBROSANO et al., 1997) e foram incrementados pela aplicação conjunta dos materiais corretivos da acidez na safra 2004/05 (Tabela 23) e na safra seguinte foram observadas respostas com a aplicação de calcário e de calcário + gesso e pela aplicação isolada de gesso (Tabela 24). Como o sistema radicular do amendoim consegue explorar camadas profundas do perfil do solo, este consegue absorver o potássio trocável acumulado no subsolo. As respostas positivas da calagem e gessagem podem também ser explicadas pelo fato de que, concentrações suficientes de Ca na solução do solo são necessárias para tornar máxima a absorção do K.

A aplicação de calcário em superfície com ou sem adição de gesso teve efeito significativo sobre os teores de Ca e Mg nas folhas, sendo que com o aumento das doses de calcário houve um aumento linear dos teores foliares nas duas safras (Figuras 23 e 24). Uma das explicações seria o fato da cultivar utilizada ser produtora de sementes grandes, e em conseqüência apresentar maiores exigências em Ca (SICHMANN, 1982, GODOY et al., 1990; GASHO e DAVIS, 1995). Deve se levar em conta que o calcário é excelente fonte Ca e Mg e que o gesso é fonte de Ca, esses fatores provavelmente contribuíram para a disponibilização dos elementos e conseqüente absorção pelas plantas. Os teores encontravam-se dentro da faixa considerada ideal para Ca (12,0 a 20,0 g kg<sup>-1</sup>) e Mg (3,0 a 8,0 g kg<sup>-1</sup>) na cultura de amendoim nas duas safras (AMBROSANO et al., 1997).



**Figura 24.** Teores de macronutrientes nos folíolos de amendoim no florescimento pleno em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005/06.

Houve efeito da aplicação de calcário e calcário + gesso nos teores de foliares de S nos dois anos agrícolas (Figuras 23 e 24). O sistema radicular do amendoim bem distribuído é capaz de atingir grandes profundidades podendo ter possibilitado maior absorção de S em profundidade, já que o S é um elemento que pode ser absorvido também do subsolo (QUAGGIO et al., 1993). Os teores de S nas folhas apresentaram-se acima da faixa (2,0 a 3,5) de teores considerada adequada por Ambrosano et al., (1997).

Quanto aos teores foliares de micronutrientes, verifica-se que não houve efeito isolado do gesso (Tabelas 25 e 26). A calagem sem e associada ao gesso reduziu os teores de todos os micronutrientes analisados (Figuras 25 e 26).

A redução nos teores de Cu e Fe e Mn pode ser explicada pela diminuição da disponibilidade desse nutriente pela elevação do pH do solo (HARMSEN e VLEK, 1985), decorrente da aplicação do corretivo (Figura 10 e Tabela 12). E os teores de Zn, certamente foram reduzidos também devido a inibição competitiva existente entre Ca e Zn (GALON et al., 1996), proporcionado pela aplicação de calcário em doses mais elevadas.

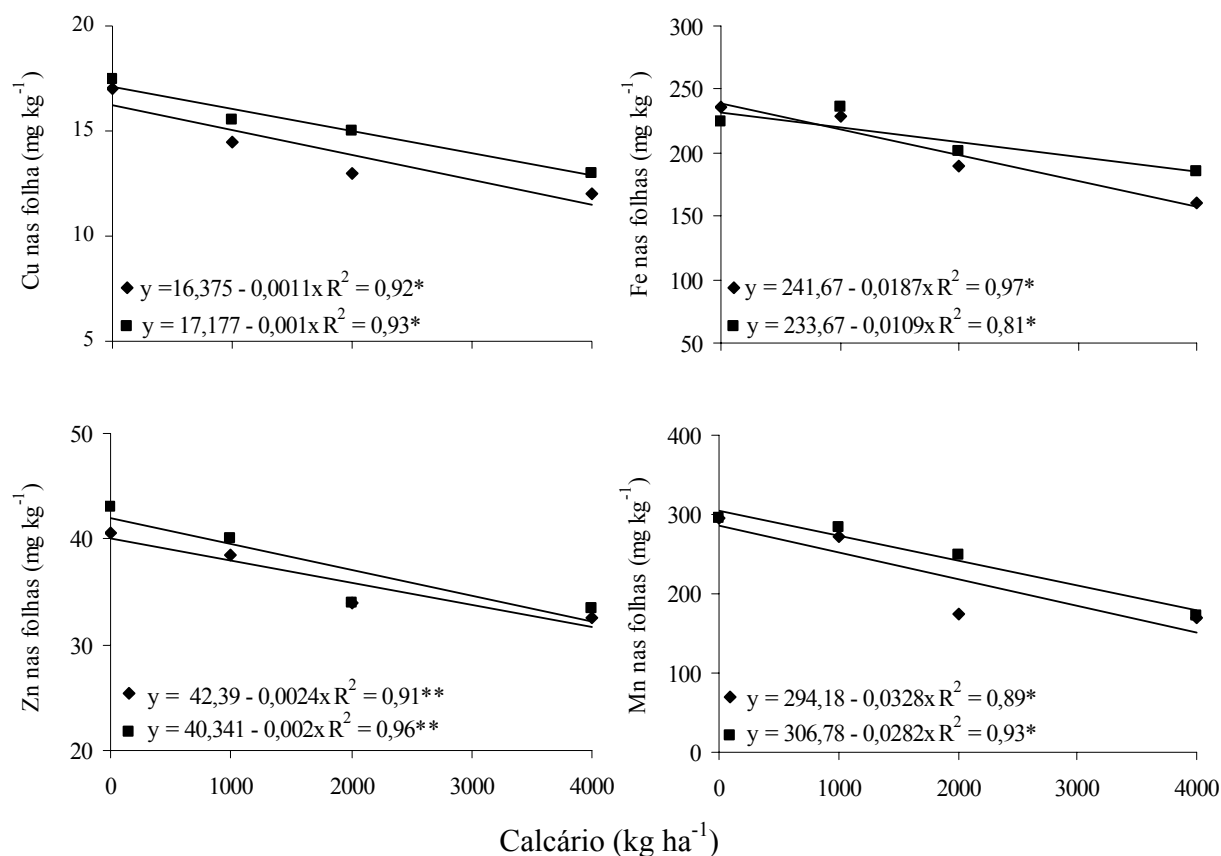
Os teores de todos os micronutrientes determinados nas folhas de amendoim estavam dentro da faixa considerada adequada por Ambrosano et al., (1997) nas duas safras.

**Tabela 25.** Teores de micronutrientes foliares de amendoim função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2004/05.

Tratamento	Teor nas folhas			
	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Gesso</b>	(mg kg <sup>-1</sup> )			
Sem	14,1	216,5	249,8	37,6
Com	15,3	203,8	277,6	36,4
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	18,4	28,7	32,0	12,4
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	20,9	27,7	37,7	14,2

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

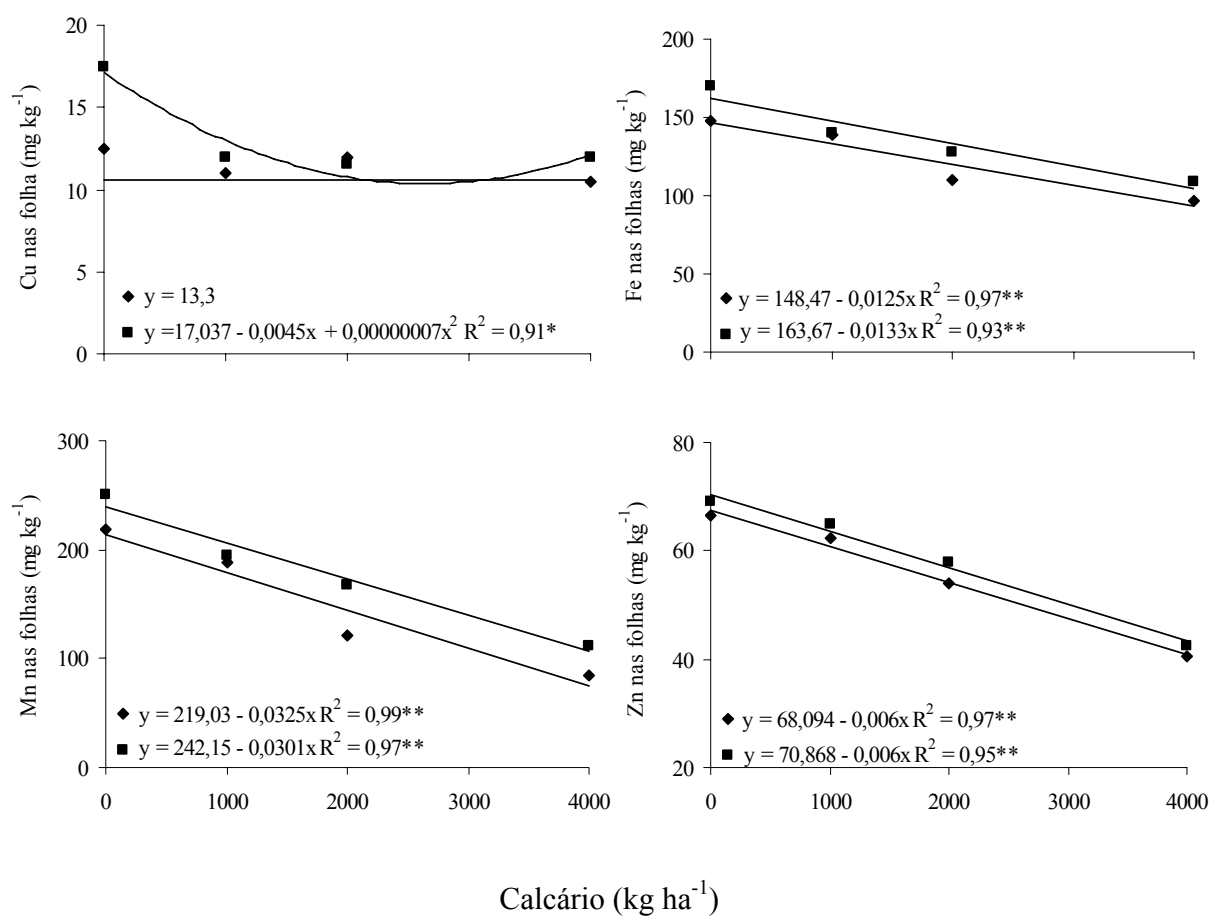


**Figura 25.** Teores de micronutrientes nas folhas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (♦) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (♦) com gesso Botucatu, SP, 2004/05.

**Tabela 26.** Teores de micronutrientes foliares de amendoim função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005/06

Tratamento	Teor nas folhas			
	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Gesso</b>	(mg kg <sup>-1</sup> )			
Sem	11,6	123,3	153,0	55,9
Com	13,3	136,8	180,8	58,6
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	22,3	18,7	20,3	18,3
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	13,4	20,7	12,4	20,7

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05). CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.



**Figura 26.** Teores de micronutrientes nas folhas de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005/06.

### 6.5.2 População de plantas, componentes da produção e produtividade de grãos

A população final de plantas foi afetada de forma significativa pelos tratamentos que receberam calagem + gessagem no primeiro ano e quando foi realizada calagem + gessagem ou calagem isolada (Tabelas 27 e 28 e Figuras 27 e 28). A maior diferença de população verificada entre os tratamentos foi de 12.000 plantas ha<sup>-1</sup> no primeiro ano agrícola e 27.000 plantas ha<sup>-1</sup> no segundo ano, respectivamente. Bolonhezi et al., (2007), observaram redução no estande final de plantas de amendoim em sistema semeadura direta



comparado com sistema convencional. Rahmianna et al. (2000) observaram que, no plantio direto de amendoim, ocorrem falhas na emergência aspecto que atribuíram como causador das menores produções em sistemas conservacionistas.

O número de vagens por planta foi incrementado positivamente em todas as condições avaliadas (calagem, gessagem e calagem + gessagem) na safra 2004/05 (Tabela 27 e Figura 27), e apenas a aplicação de gesso não apresentou respostas significativas na safra 2005/06 (Tabela 28 e Figura 28).

Caires e Rosolem (1993) não encontraram resposta da calagem sobre o número de vagem por plantas de amendoim. Fornasieri et al. (1987) também não conseguiram aumentar o número de grãos por vagem da cultivar Tatu, mediante a utilização de calcário como corretivo, mas obteve resultados expressivos com o emprego do calcário em cobertura. No entanto outros autores como Crusciol et al. (2000) avaliando doses de calcário aplicadas no sulco de semeadura, obtiveram resposta significativa para número de vagens por planta. Dechen (1990) verificou incremento significativo da calagem no número de vagens em virtude da aplicação de calcário em sucessão com milho. Como no presente estudo o nível de Ca no solo (Figura 15 e Tabela 18) foi elevado pela aplicação superficial de calcário e gesso supõe-se que esse fator tenha contribuído com os resultados obtidos.

Com relação ao sistema de cultivo, Bolonhezi et al. (2007) comparando sistemas de manejo conservacionistas obtiveram resposta positiva na produção de vagens quando foi realizado o plantio direto em algumas situações. Crusciol e Soratto (2007) também destacam a possibilidade de se semear o amendoim em sistema semeadura direta, em sucessão a culturas como milheto, braquiária e panicum, mesmo com grande quantidade de palha na superfície, sem que haja prejuízo no estabelecimento e produtividade da cultura. E, portanto supõe-se que o semeadura direta pode ser uma alternativa eficiente para o cultivo de amendoim.

A calagem influenciou positivamente o componente número de grãos por vagem no primeiro ano agrícola, e no segundo ano os aumentos foram observados com a calagem e calagem + gessagem, respectivamente (Figuras 27 e 28).

**Tabela 27.** População de plantas, componentes da produção e produtividade de vagens de amendoim em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2004/05.

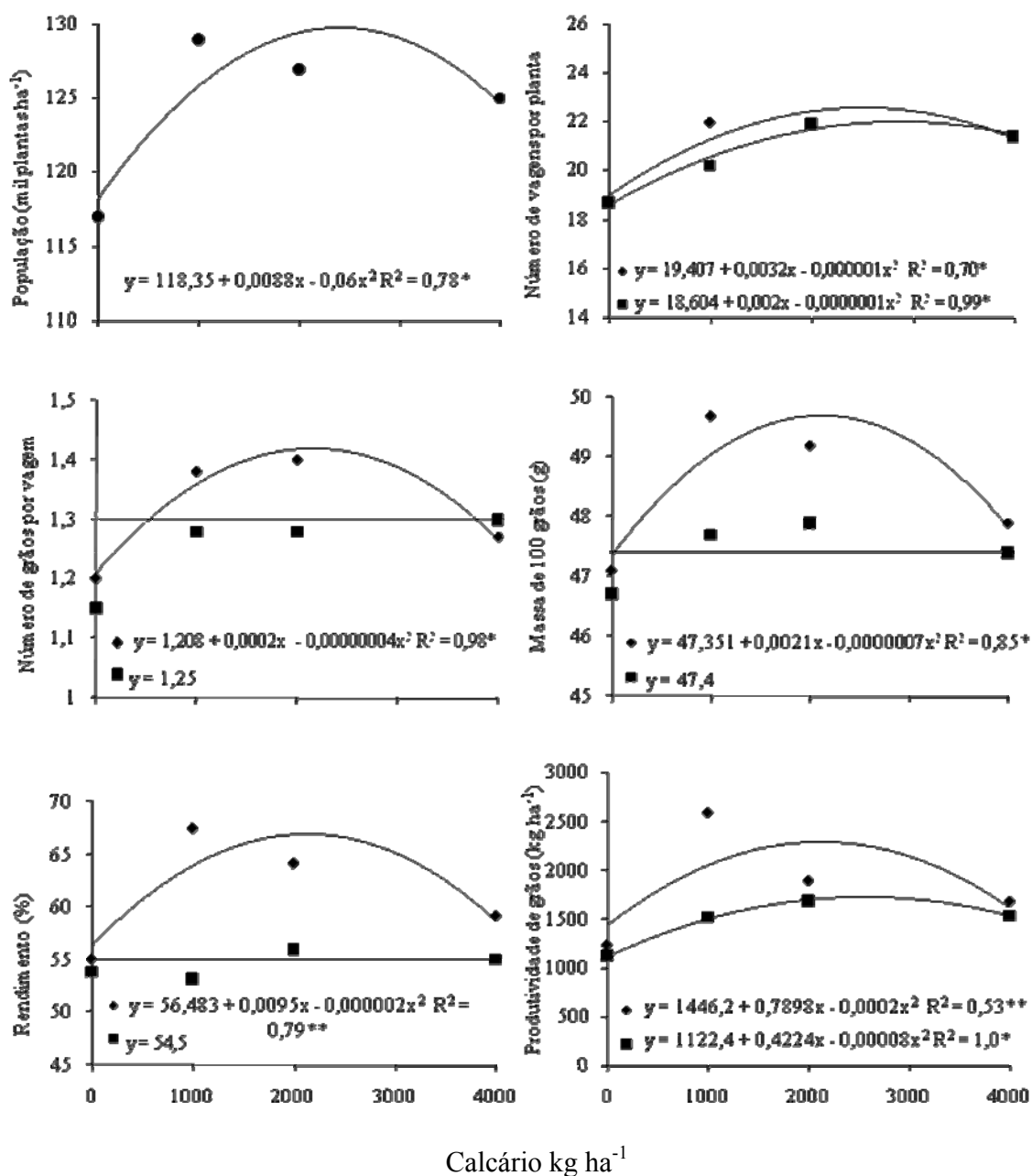
Tratamento	População de plantas	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Rendimento	Produtividade estimada
Gesso	( mil plantas ha <sup>-1</sup> )			(g)	(%)	(kg ha <sup>-1</sup> )
Sem	123	19,9b	1,3	47,4	57,4b	1463,9b
Com	126	22,6a	1,3	48,4	61,5a	1845,5a
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	6,5	15,5	10,6	5,1	7,4	17,8
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	11,3	14,0	15,3	4,0	7,8	26,5

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

Fornasieri et al. (1987), Caires (1990, 1994) e Crusciol et al. (2000) não obtiveram resposta da calagem no número de grãos por vagem, no entanto, Nakagawa et al. (1993) observaram aumento do número de grãos por vagens, com a prática da calagem, semelhante ao que ocorreu no presente estudo.

O número de grãos por vagem é determinado no momento da fertilização, fase de grande exigência em Ca e como o elemento encontrava-se em abundância no solo em função da calagem e gessagem (Figura 15 e Tabela 17) contribuiu para o aumento do número de grãos por vagem, principalmente no segundo ano de cultivo do amendoim. Na safra 2004/05 a dose de calcário aplicado que proporcionou maior massa de 100 grãos foi a dose 2700 kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 27.** População de plantas, componentes da produção e produtividade estimada de grãos de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (♦) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (♦) com gesso Botucatu, SP, 2004/05.

**Tabela 28.** População de plantas, componentes da produção e produtividade de vagens de amendoim em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005/06.

Tratamento	População de plantas	Nº de vagens por planta	Nº de grãos por vagem	Massa de 100 grãos	Rendimento	Produtividade
<b>Gesso</b>	( mil plantas ha <sup>-1</sup> )			(g)	(%)	(kg ha <sup>-1</sup> )
Sem	116	20,8	1,6	53,2	60,7	2550,1
Com	118	22,4	1,7	53,7	62,7	2711,8
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	15,58	6,58	12,8	6,0	8,6	9,8
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	12,62	10,13	8,9	6,8	4,2	9,9

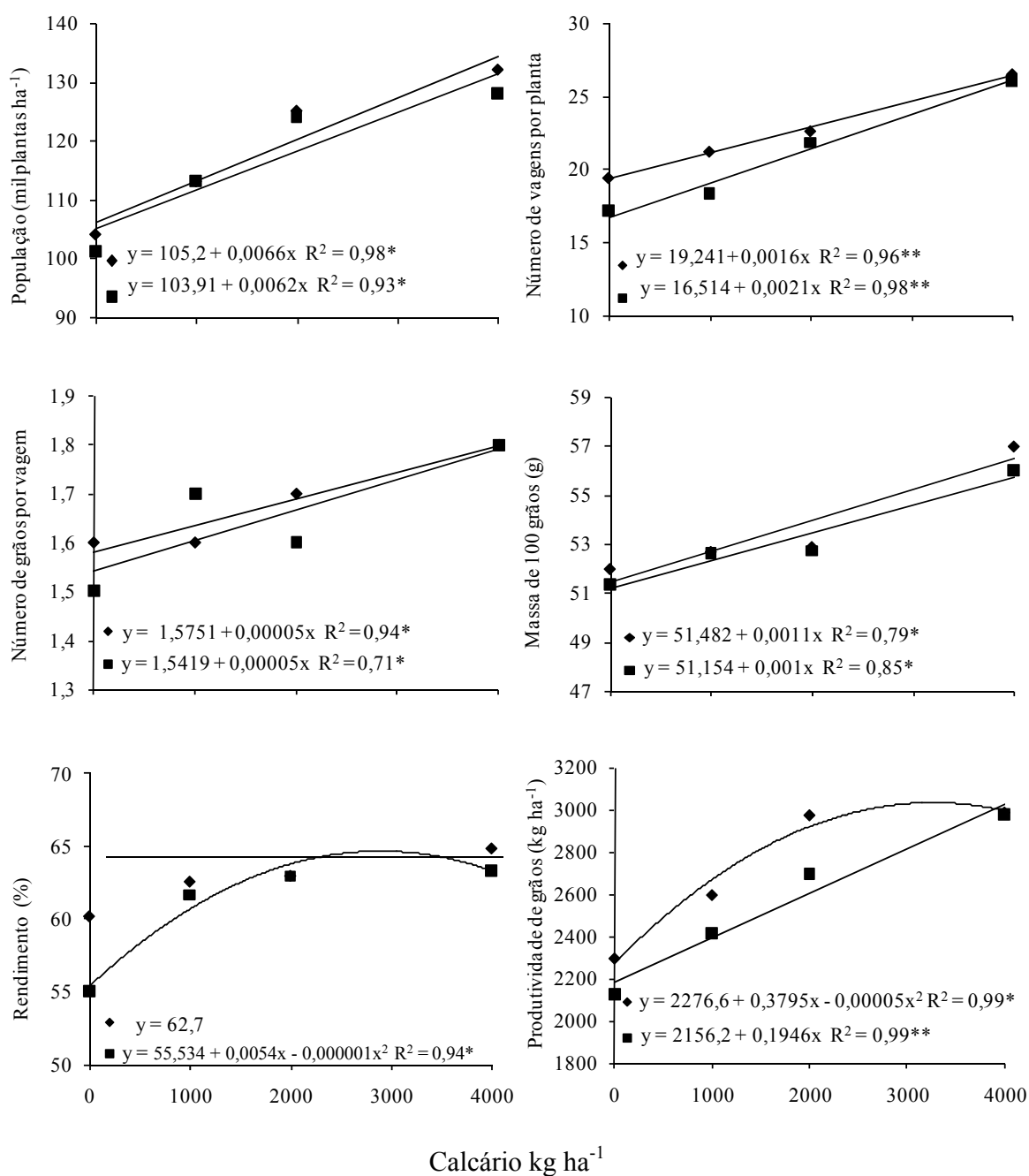
Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

Como o reflexo do número de grãos por vagem, a massa de 100 grãos apresentou incremento significativo apenas quando a calagem foi associada a aplicação de gesso na safra 2004/05 (Tabela 27 e Figura 27). Comportamento semelhante verificou-se na safra 2005/06, no entanto foram obtidos aumentos lineares quando foi realizada a aplicação de calcário ou calcário + gesso (Tabela 28 e Figura 28).

A aplicação de calcário ou gesso isoladamente contribuíram para o aumento da renda (peso grãos/peso de vagens) na safra 2004/05, sendo que a dose de calcário que melhor respondeu foi a dose 2700 kg ha<sup>-1</sup>, como já havia sido observado para massa de 100 sementes (Tabela 27 e Figura 27). Na safra 2005/06 a melhor resposta obtida, foi com calagem realizada isoladamente (Figura 28). Crusciol et al., (2000) obtiveram resposta positiva da aplicação de calcário no rendimento de amendoim quando adicionaram 45 kg ha<sup>-1</sup> de Ca ao solo. Diversos autores tais como, Tella et al. (1971), Neptune et al. (1982), Quaggio et al. (1982), Fornasieri et al. (1987), Caires (1990, 1994), Smyth e Cravo (1992) e Fernandez (1996). não obtiveram respostas positivas da calagem.

A literatura apresenta resultados divergentes de resposta da calagem nos componentes da produção em plantas de amendoim, (FORNASIERI et al., 1987; CAIRES 1990, 1994; FERNANDEZ 1996; NAKAGAWA et al., 1990, 1993; CRUSCIOL et al., 2000) e essa divergência pode estar relacionada com a diferença de produtividade obtida nos diversos trabalhos relatados, o que leva a quantidades requeridas de Ca desiguais. Assim, partindo dessa premissa, a resposta à aplicação de Ca pela cultura do amendoim dependerá, também, da produtividade alcançada.



**Figura 28.** População de plantas, componentes da produção e produtividade de grãos de amendoim em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (♦) com gesso Botucatu, SP, 2005/06.

A aplicação de gesso elevou a produtividade de grãos de amendoim na safra 2004/05 (Tabela 27), e esse efeito positivo da aplicação de gesso provavelmente ocorreu porque o produto é considerado excelente fonte de Ca, e sua aplicação superficial elevou os teores do elemento (Figura 15 e Tabela 17) na zona de frutificação.

A calagem e calagem + gesso incrementaram positivamente a produtividade de grãos nas duas safras (Figuras 27 e 28), no entanto as produtividades mais elevadas foram obtidas quando a calagem foi realizada em conjunto com a aplicação de gesso. Comparando as características químicas do solo com os dados de produtividade pode-se observar que os elevados teores de Ca trocável (Figura 15 e Tabela 17) e saturação por bases (Figura 17 e Tabela 19) levaram a respostas expressivas da calagem e aplicação de gesso na produtividade de grãos.

Segundo Quaggio et al., (1982) tanto o calcário quanto o gesso fornecem Ca suficiente para garantir a produção, apesar de que, com calcário é necessário aplicar doses mais elevadas, e esses autores também obtiveram efeito positivo da calagem e aplicação de gesso. Fernandes e Rosolém (1998) obtiveram elevação na produtividade de grãos de amendoim com a calagem, no entanto Sá et al., (1998) e Crusciol et al., (2000) não obtiveram aumento na produtividade de vagens de amendoim com a aplicação de calcário no sulco de semeadura.

## **6.6 Características da cultura de aveia branca**

### **6.6.1 Matéria seca e diagnose foliar**

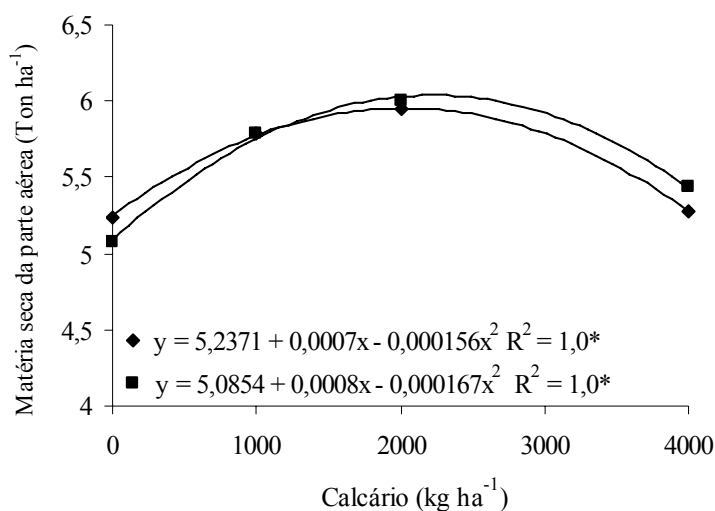
A produção de matéria seca foi incrementada pela calagem e calagem + gesso (Figura 29) nos dois anos agrícolas. Os resultados positivos podem estar relacionados com o aumento dos teores de sulfato no solo (Figura 13 e da tabela 15) já que de acordo com Caires et al. (2001a), a melhoria do teor de sulfato no perfil do solo é de extrema importância para a produtividade das culturas. Os resultados obtidos no presente estudo discordam dos encontrados por Soratto (2005) que não obteve incrementos da calagem e da calagem + gessagem na produção de matéria seca em dois anos agrícolas na cultura de aveia preta.

**Tabela 29.** Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes na folha bandeira da cultura de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005.

Tratamento	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor na folha bandeira					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Gesso	(kg ha <sup>-1</sup> )	(g kg <sup>-1</sup> )					
Sem	5574	37,4	3,5	29,8	10,5	2,6	5,6b
Com	5562	38,0	3,8	29,0	10,1	2,5	6,7a
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	10,8	7,8	21,0	21,0	8,5	29,2	10,1
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	7,6	13,2	16,1	19,0	11,2	39,6	11,7

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).  
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

Os teores de N e P não foram influenciados pelos tratamentos nas duas safras agrícolas (Tabelas 29 e 30 e Figuras 31 e 32). No entanto os resultados encontravam-se acima da faixa considerada adequada por Cantarella et al. (1997). Resultado semelhante para teor de N foi obtido por Soratto (2005) com a cultura de aveia preta no primeiro ano de cultivo, e já para fósforo o autor supracitado verificou que a calagem promoveu aumento nos teores do elemento.



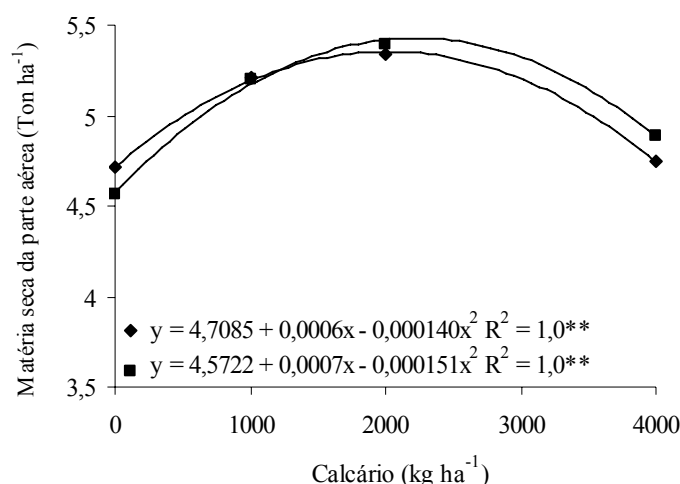
**Figura 29.** Matéria seca da parte aérea de plantas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* é significativo a 5% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005.

Os tratamentos alteraram os teores de K nas plantas de aveia branca quando foi realizada a calagem e aplicação conjunta dos corretivos nas duas safras (Figuras 31 e 32), evidenciando maior resposta quando da aplicação da calagem isoladamente. Os teores do elemento no primeiro ano encontravam-se dentro da faixa adequada quando foi utilizada a dose de 1.000 kg ha<sup>-1</sup> de calcário e acima da faixa adequada (15,0 a 30 g kg<sup>-1</sup>) quando foram empregadas as maiores doses do material corretivo. No segundo ano os teores permaneceram acima da faixa considerada por Cantarella et al., (1997) como ideal.

**Tabela 30.** Matéria seca da parte aérea e teores de macronutrientes foliares na folha bandeira de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2006.

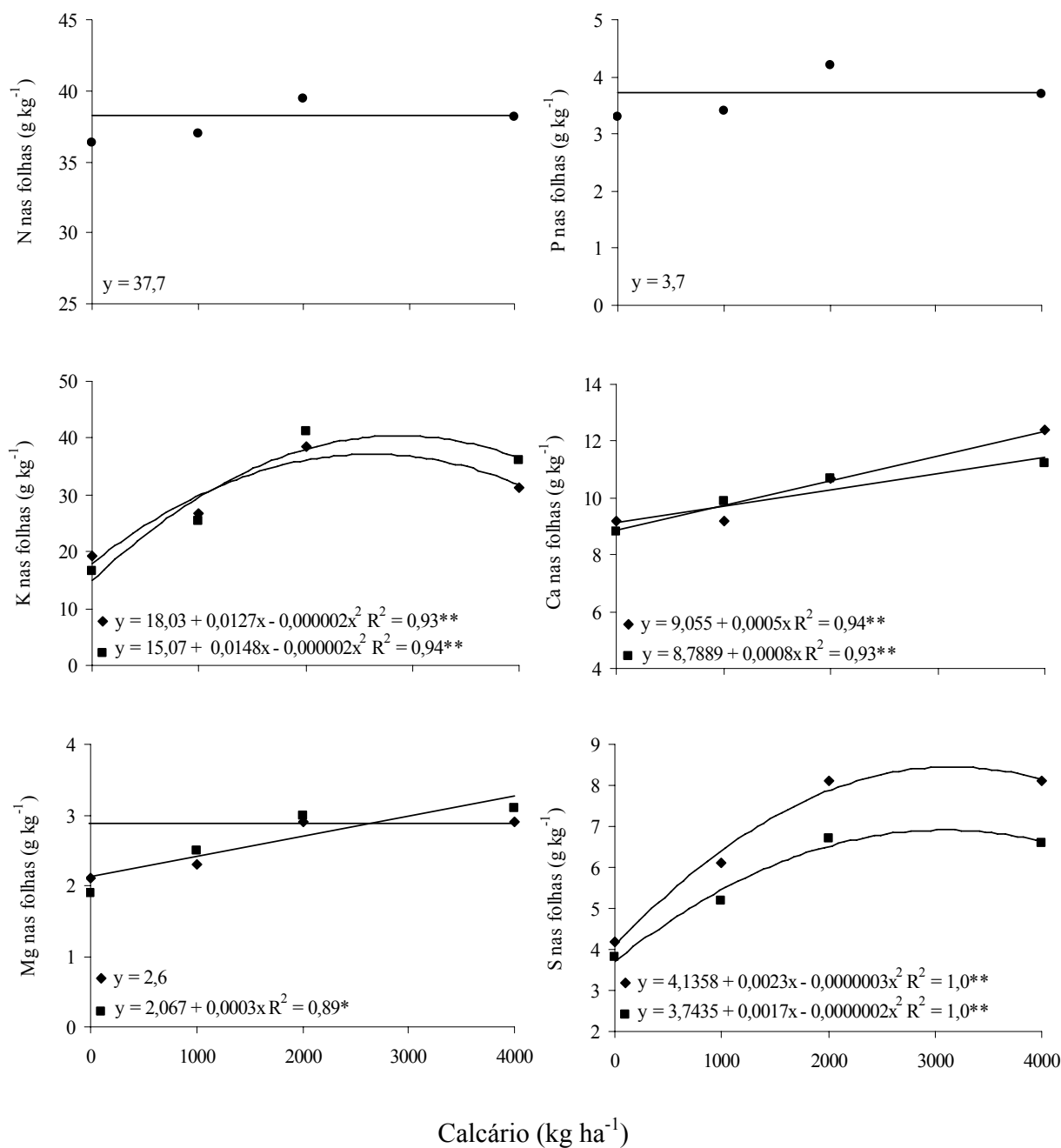
Tratamento	Matéria seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Teor na folha bandeira (g kg <sup>-1</sup> )					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Gesso							
Sem	5011	34,7	5,1	40,5	11,1	4,3	6,0
Com	5000	34,5	4,9	40,4	12,7	4,3	5,8
CV <sub>1</sub> (%)	6,4	3,8	10,7	6,4	5,8	5,5	7,7
CV <sub>2</sub> (%)	4,4	5,0	8,5	6,7	8,6	8,1	4,6

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).  
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.



**Figura 30.** Matéria seca da parte aérea de plantas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \*\* é significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006.





**Figura 31.** Teores de macronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (•) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (♦) com gesso Botucatu, SP, 2005.

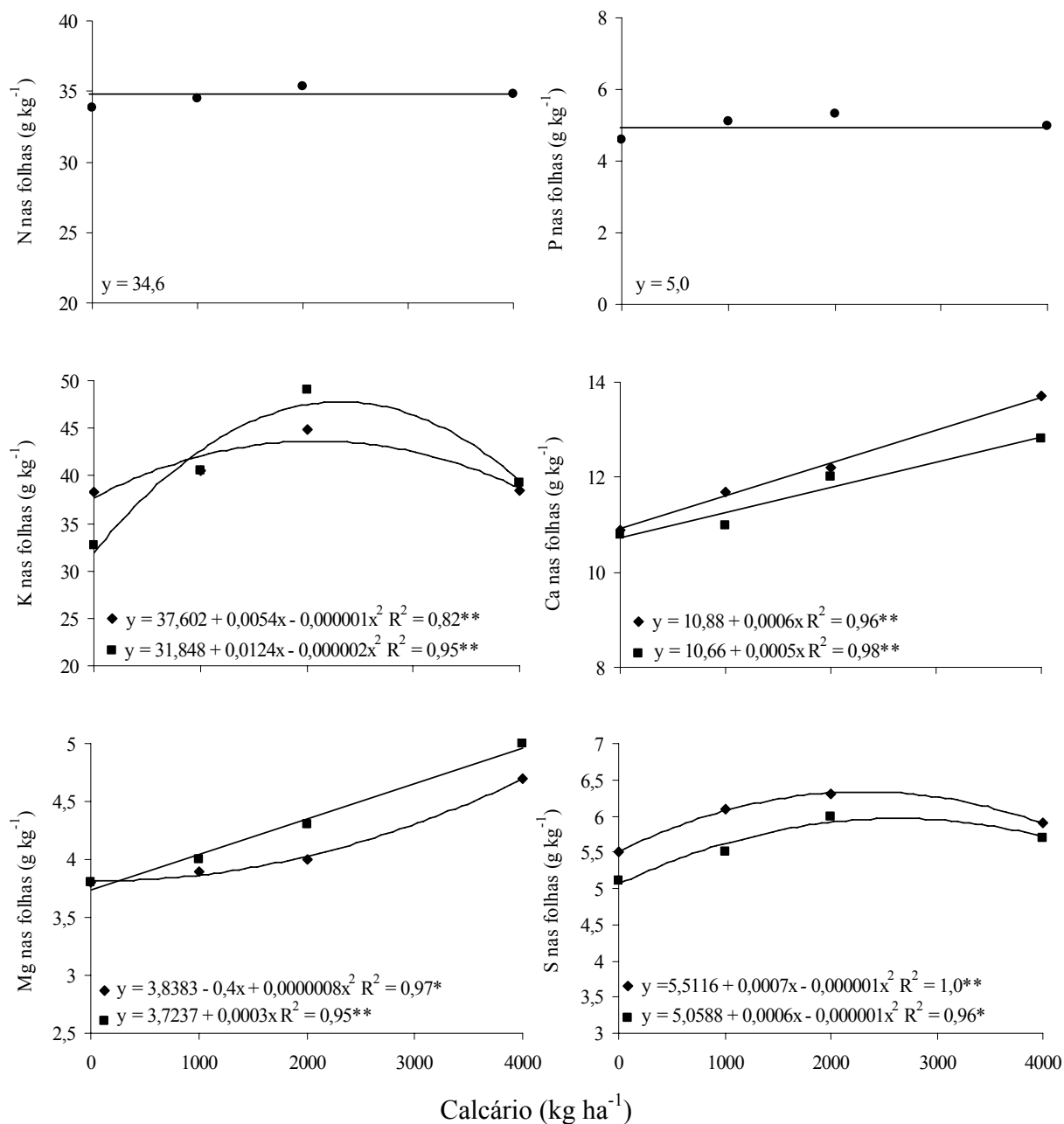
A prática da calagem e da calagem + gessagem incrementaram os teores de Ca nas plantas de aveia branca nos dois anos de cultivo do cereal, já os teores de Mg foram incrementados apenas pela calagem no primeiro ano e pela calagem e calagem + gessagem no segundo ano (Figuras 31 e 32). Diversos trabalhos relataram a elevação dos teores de Ca e Mg nas folhas de diferentes culturas, em função da aplicação superficial de calcário (CAIRES et al., 2002a; CAIRES et al., 2004; CAIRES et al., 2006abc), ou o aumento dos teores de Ca e redução dos teores de Mg pela aplicação de gesso (OLIVEIRA e PAVAN, 1996; CAIRES et al., 1998; CAIRES et al., 2003; CAIRES et al., 2004; SORATTO 2005; CAIRES et al., 2006a). No entanto no presente experimento não foi verificada redução dos teores de Mg com o aumento dos teores de Ca.

A aplicação de gesso elevou o enxofre no primeiro ano de cultivo da aveia branca (Tabela 29). Deve-se ressaltar que o gesso é excelente fonte desse nutriente (CAIRES et al., 1998). Caires et al., (2004) não verificaram influência da aplicação superficial de gesso, sobre os teores de S nas folhas de milho. Os autores atribuíram a ausência de efeito à absorção de S pela cultura, das camadas mais profundas do solo, que era rica em  $S-SO_4^{2-}$ , mesmo nos tratamentos que não receberam gesso. No entanto, Caires et al. (2001a); Caires et al. (2002b) e Soratto (2005) verificaram aumento no teor de S nas folhas de cevada trigo e aveia preta, respectivamente, como consequência da elevação dos teores de  $S-SO_4^{2-}$  no solo, em função da aplicação de gesso.

**Tabela 31.** Teores de micronutrientes foliares na folha bandeira de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2005.

Tratamento	Teor na folha bandeira			
	Cu	Fe	Mn	Zn
Gesso	(mg kg <sup>-1</sup> )			
Sem	6,5	89,0	120,3a	29,3a
Com	6,1	81,1	102,8b	24,4b
CV <sub>1</sub> (%)	10,4	12,0	10,5	14,5
CV <sub>2</sub> (%)	15,5	12,8	6,0	15,9

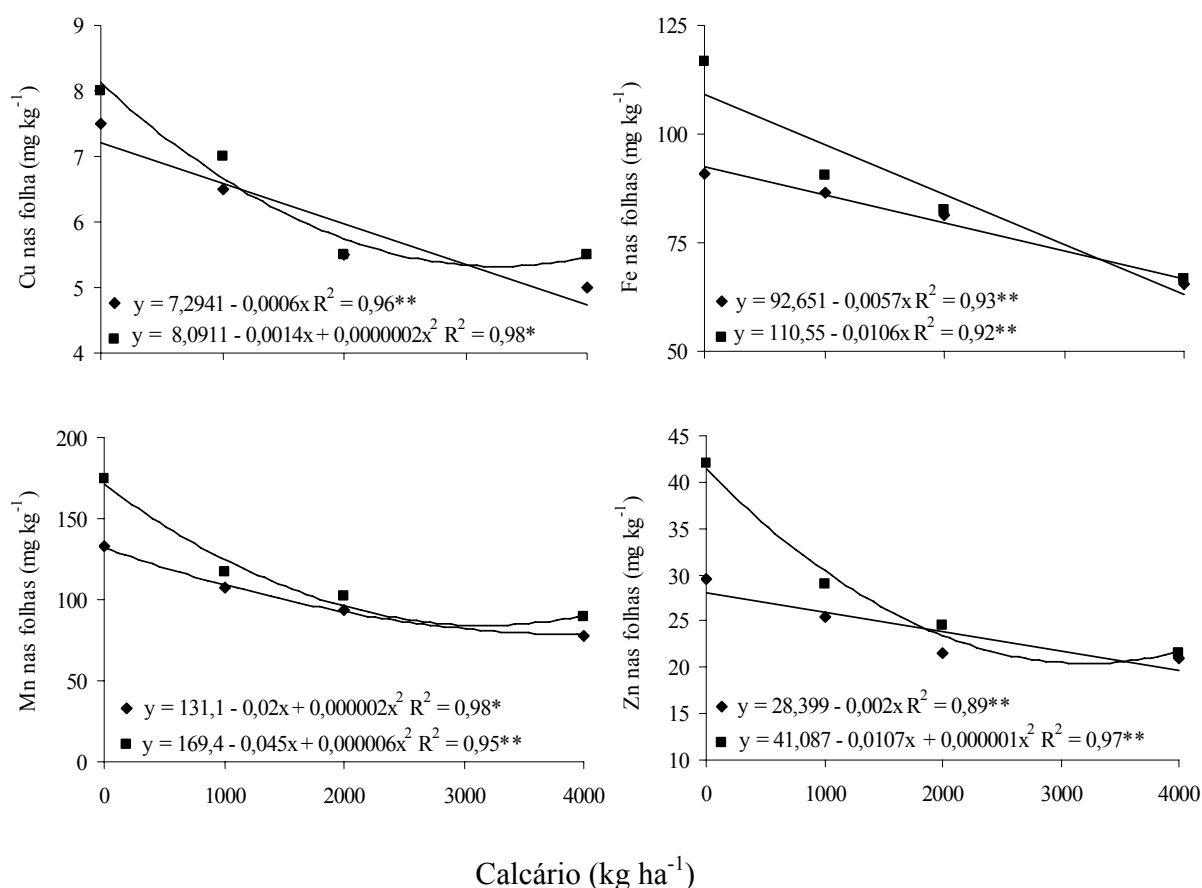
Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).  
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.



**Figura 32.** Teores de macronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2006.

A calagem e a calagem + gessagem proporcionaram aumentos nos teores de enxofre nos dois anos que a aveia branca foi cultivada (Figuras 31 e 32), no entanto os teores de S nas folhas foram menores nos tratamentos que receberam calcário + gesso.

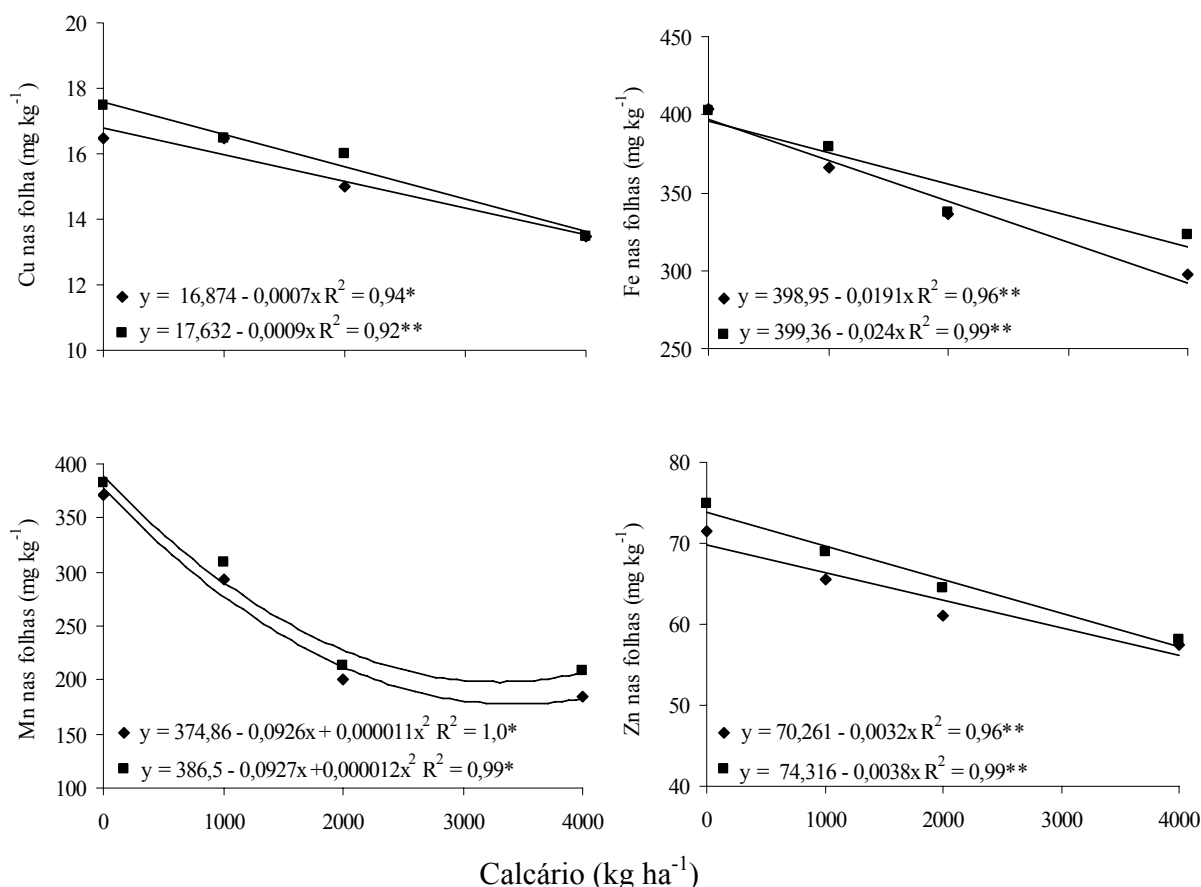
Os teores do elemento mesmo nos tratamentos que não receberam nem calcário nem gesso encontravam-se bem acima da faixa considerada adequada por Raij et al. (1996).



**Figura 33.** Teores de micronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2005.

A aplicação de gesso afetou positivamente os teores de Zn na folha bandeira de aveia branca nos dois anos agrícolas (Tabelas 31 e 32). Neste caso, certamente

ocorreu inibição competitiva existente entre Ca e Zn (GALON et al., 1996), já que o gesso é fonte de Ca.



**Figura 34.** Teores de micronutrientes nas folhas de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso Botucatu, SP, 2006.

A aplicação de calcário isolada ou em conjunto com o gesso levou a redução nos teores dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) na folha bandeira de aveia branca nos dois anos de cultivo, (Figuras 31 e 32). É provável que a redução nos teores de micronutrientes tenha ocorrido devido a elevação do pH do solo, principalmente nas camadas

superficiais (HARMSSEN e VLEK, 1985), já que grande parte do sistema radicular da cultura encontra-se nas camadas superficiais do solo.

**Tabela 32.** Teores de micronutrientes foliares na folha bandeira de aveia branca em função da aplicação de gesso agrícola. Botucatu, SP, 2006.

Tratamento	Teor na folha bandeira			
	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Gesso</b>	(mg kg <sup>-1</sup> )			
Sem	15,9	360,0	278,1	66,6a
Com	15,4	350,5	262,6	63,9b
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	8,9	12,3	16,4	5,2
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	16,5	12,1	9,7	5,4

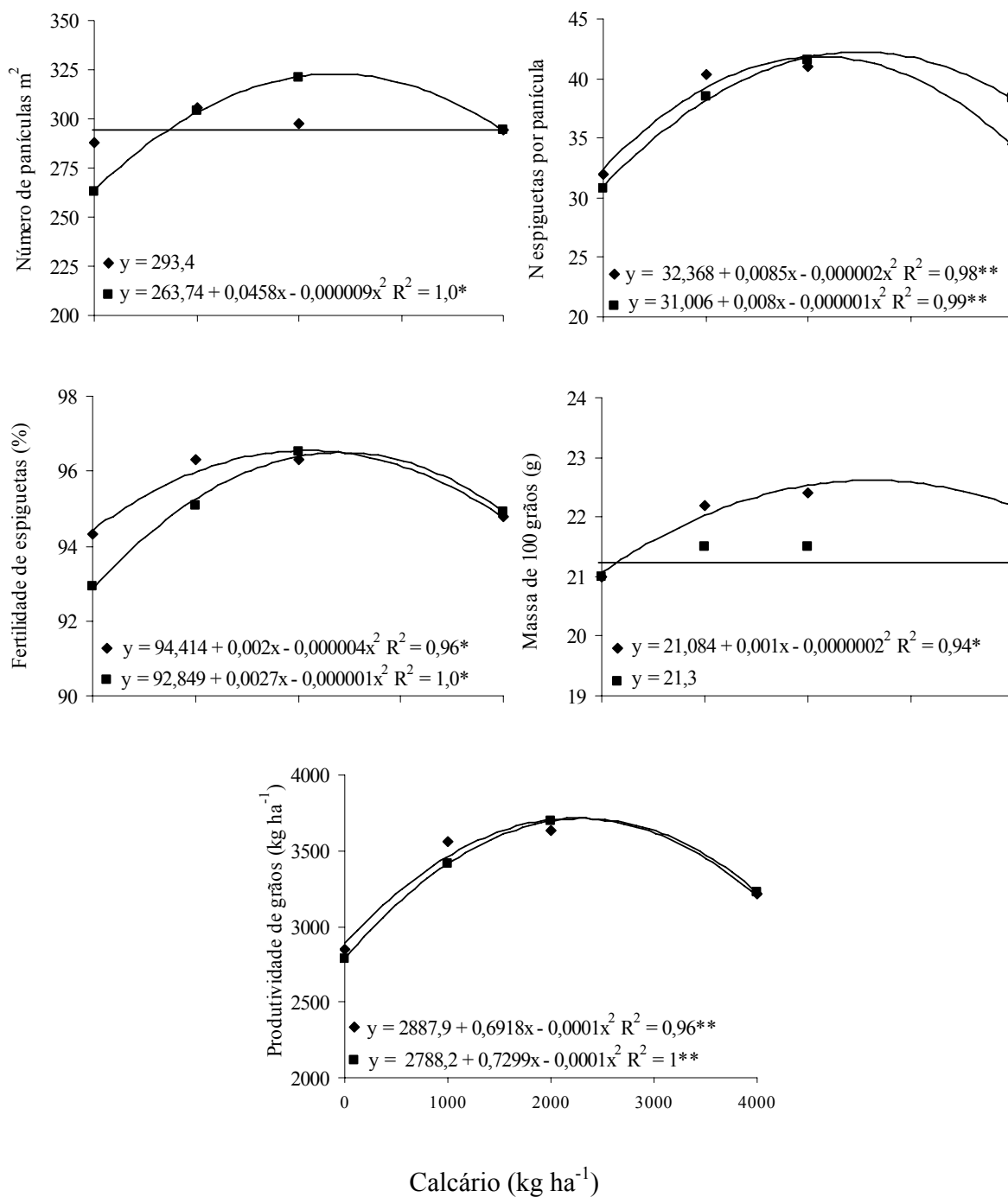
Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).  
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

A produção de muitas culturas, quando submetida à calagem, tem sido associada com a redução da disponibilidade de Cu, Fe, Zn e Mn no solo (SUMNER et al., 1978). No entanto, no presente estudo a redução da disponibilidade de micronutrientes não afetou a produtividade (Tabela 33 e 34 e Figuras 35 e 36). E em todos os tratamentos os teores dos elementos encontravam-se acima da faixa tida como ideal por Quaggio et al., (1996)

### 6.6.2 Componentes da produção e produtividade

O número de panículas m<sup>-2</sup> foi influenciado pela calagem apenas na ausência da aplicação de gesso no primeiro ano de cultivo (Figura 35) e foi influenciado pela calagem e calagem + gessagem, no segundo ano de cultivo (Figura 36). Provavelmente as boas condições de fertilidade do solo, aliada à eficiente absorção de nutrientes contribuíram para o aumento do número de panículas.

A variável número de espiguetas por panícula foi influenciada pela calagem e pela calagem + gessagem no primeiro ano agrícola (Figura 35) e não sofreu efeito dos tratamentos no segundo ano.



**Figura 35.** Componentes da produção e produtividade de grãos de aveia-branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2005.

A fertilidade das espiguetas apresentou comportamento semelhante nos dois anos agrícolas com respostas quadráticas à calagem e à aplicação conjunta de calcário e gesso. A dose que apresentou maior porcentagem de espiguetas férteis foi a dose 2.000 kg ha<sup>-1</sup>, independente da aplicação ou não do gesso em conjunto.

Respostas positivas na massa de grãos foi obtida apenas com a aplicação de calcário no primeiro ano (Figura 36) e com a aplicação de calcário associado ao gesso no segundo ano, sendo que em ambos os casos e épocas, a exemplo do que já foi verificado para o componente fertilidade de espiguetas, a dose de calcário que proporcionou maiores valores foi a 2.000 Kg ha<sup>-1</sup>, indicando ser esta a dose ideal para máxima eficiência produtiva da cultura de aveia branca.

**Tabela 33.** Número de panículas por m<sup>2</sup>, número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de aveia branca em função dos tratamentos. Botucatu, SP, 2005.

Tratamento	Número de panículas m <sup>-2</sup>	Espiguetas panícula <sup>-1</sup>	Fertilidade das espiguetas (%)	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Gesso</b>			(%)	(g)	(kg ha <sup>-1</sup> )
Sem	295,6	37,3	94,8	21,3	3280,9
Com	298,9	36,9	95,4	21,9	3313,0
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	10,9	10,3	2,9	4,7	15,1
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	9,4	13,9	1,9	4,1	7,0

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).

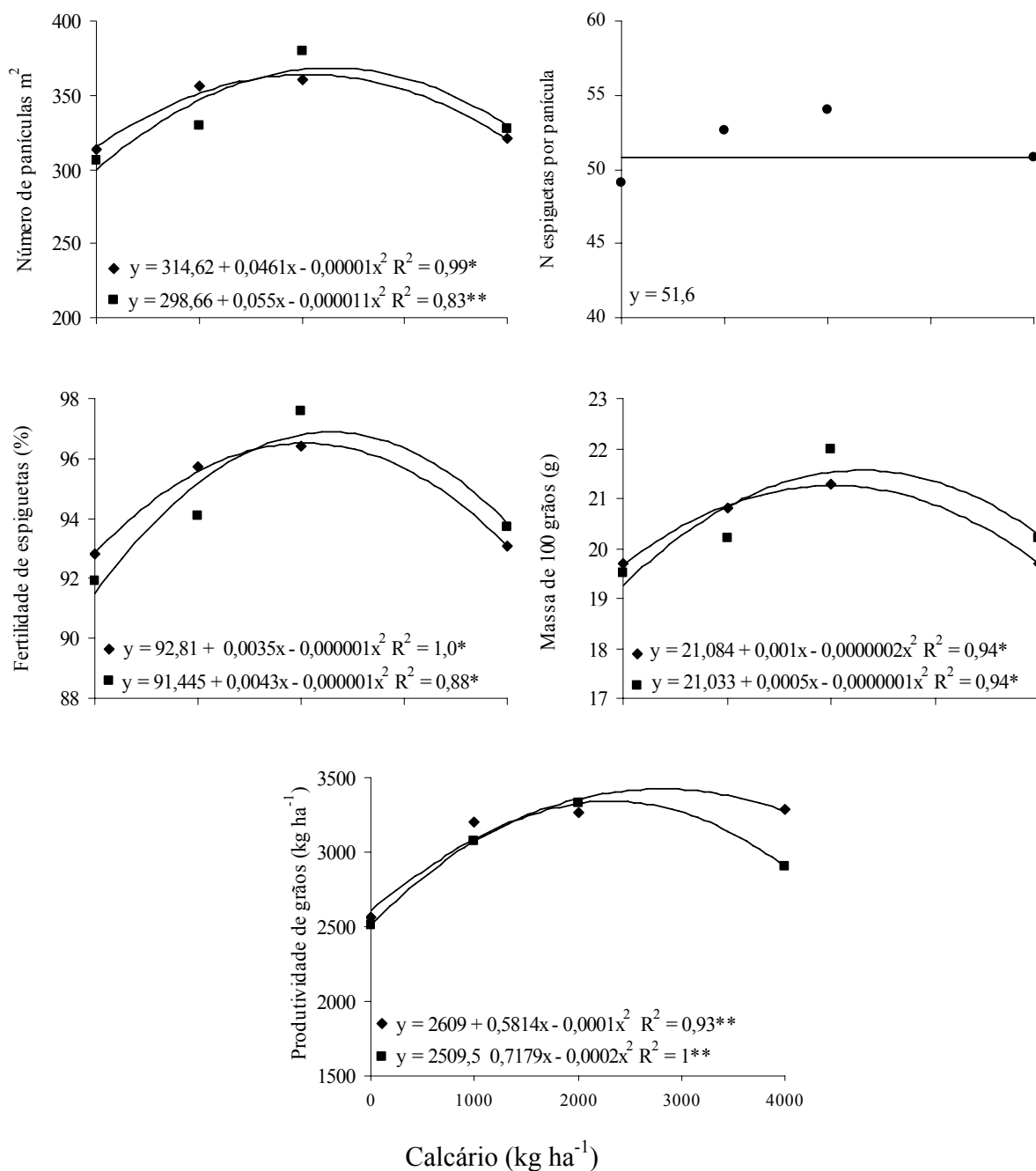
CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

A produção é determinada pela variação da partição de assimilados entre a parte vegetativa e reprodutiva, e os componentes da produção tem relação direta na produtividade final obtida. Desta maneira foi observado no presente estudo que a produtividade foi influenciada pela calagem e calagem + gessagem nos dois anos de cultivo (Figuras 36 e 37) da aveia branca, e as melhores respostas da calagem e gessagem à produtividade foram obtidas quando utilizou-se a dose 2.000 kg ha<sup>-1</sup>. concordando com os resultados obtidos para os componentes de produção.

A aplicação de gesso agrícola não contribuiu de forma significativa (Tabelas 33 e 34) nos componentes da produção e produtividade de aveia branca, concordando



com os resultados obtidos por Soratto (2005) que não obteve resposta da aplicação de gesso na cultura de aveia preta.



**Figura 36.** Componentes da produção e produtividade de grãos de aveia branca em função da aplicação de calcário e gesso em superfície. \* e \*\* são significativos a 5% e 1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente. (●) média dos tratamentos com e sem aplicação de gesso, (■) sem gesso e (◆) com gesso. Botucatu, SP, 2006.

**Tabela 34.** Número de panículas por m<sup>2</sup>, número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1000 grãos e produtividade de grãos de aveia-branca em função dos tratamentos. Botucatu, SP, 2006.

<b>Tratamento</b>	<b>Número de panículas m<sup>-2</sup></b>	<b>Espiguetas panícula<sup>-1</sup></b>	<b>Fertilidade das espiguetas (%)</b>	<b>Massa de 100 grãos (g)</b>	<b>Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Gesso</b>					
Sem	335,7	51,9	94,5	20,4	2953,0
Com	337,5	51,3	94,3	20,4	2981,7
<b>CV<sub>1</sub>(%)</b>	9,8	8,6	3,6	7,5	12,5
<b>CV<sub>2</sub>(%)</b>	10,2	12,2	3,1	7,0	6,3

Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de DMS (P=0,05).

CV<sub>1</sub> = Coeficiente de variação das parcelas; CV<sub>2</sub> = Coeficiente de variação das subparcelas.

## 7 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo evidenciam que a calagem em superfície teve efeito sobre a correção da acidez e elevação dos teores de Ca e Mg do solo praticamente em todo o perfil, e que a aplicação de gesso pôde contribuir para que os efeitos alcancem camadas ainda mais profundas do subsolo, indicando que certamente parte do calcário aplicado na superfície apresenta algum efeito residual, com partículas finas deslocando ao longo do perfil do solo.

Provavelmente a calagem superficial propiciou aumento na soma de cátions solúveis nos extratos vegetais de amendoim e aveia branca, principalmente por ter elevado a concentração de cálcio e magnésio solúveis nos extratos.

A calagem e a aplicação de gesso superficial incrementaram a absorção de macronutrientes, principalmente cálcio e magnésio e reduziram a absorção de micronutrientes pelas plantas de amendoim, e a aplicação de gesso elevou a absorção de enxofre pelas plantas de aveia branca nos dois anos de cultivo.

As culturas de amendoim e aveia branca responderam positivamente à calagem e aplicação de gesso em superfície proporcionando aumento na produtividade das culturas. Nos dois anos de cultivo, a maior produtividade de grãos de amendoim foi obtida quando foi feita a aplicação superficial de calcário e gesso e para a cultura da aveia branca a maior produtividade foi observada com a aplicação de calcário isoladamente.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F.; PEARSON, R.W. Differential response of cotton and peanuts to subsoil acidity. **Agronomy Journal**, Madison, v.62, p.9-12, 1970.

ADAMS, F.; RAWAYFIH, Z. Basalumite and alumite: A possible cause of sulfate retention by acid soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, p.686-692, 1977.

ADAMS, F.; WHITE, A.W.; DAWSON, R.N. Influence of lime sources and rates on Coastal bermudagrass production, soil profile reaction, exchangeable Ca and Mg. **Agronomy Journal**, Madison, v.59, p.147-149, 1967.

ALAGAWADI, A.R.; SIDDARAMEGOWDA, T.K.; HABIB, A.F. Groundnut crop response to *Rhizobium* inoculation. **Madras Agricultural Journal**, Coimbatore, v.70, n.10, p.635-637, 1983.

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 1992. 62p. (Boletim técnico 6)

ALLEONI, L. R. F., CAMBRI, M. A. A., CAIRES, E. F. Atributos químicos de um Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, n.6, p.923-934, 2005.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de plantas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.189-197, 2001.

AMARAL, A.S. **Reaplicação do calcário em sistema plantio direto consolidado**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 102p. (Tese de Mestrado)

AMARAL, A.S; ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.695-702, 2001.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, n.1, p.115-123, 2004a.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHIS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.28, n.2, p.359-367, 2004b.

AMBROSANO, E.J.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, A.A.; RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. Feijão. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ªed. Campinas: IAC, p. 189-195, 1997 (Boletim Técnico 100).

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – Agrianual 2008. São Paulo: Instituto FNP, 2008. Anual.

ANGHINONI, I.; NICOLODI, M. Estratégias de calagem no sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS/UEDESC, 2004. 1 CD-ROM.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Reaplicação de calcário no sistema plantio direto consolidado. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.41-59. (Boletim, 4)

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. (ed.). **Conceitos e fundamentos do sistema de plantio direto**. Lages : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1998. p.27-52.

AZEVEDO, A.C.; KÄMPF, N.; BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de latossolo bruno pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.191-198, 1996.

BALBINO, L.C.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, J.G.; OLIVEIRA, E.F.; OLIVEIRA, I.P. Plantio direto. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: Potafós, 1996. p.301-352.

BARBOSA, D.S.; CAMARGO, M.S.; RAMOS, L.A.; RESENDE, R.H.; ARRUDA, D.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; NOLLA, A. Correção da acidez do solo em profundidade e disponibilidade de silício proporcionados pela aplicação de silicato e calcário em lisímetros. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. 1 CD-ROM.

BARIZON, R.R.M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre *Brachiaria brizantha***. Botucatu, 2001. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

BATAGLIA, O.C.; CAMARGO, C.E.O.; OLIVEIRA, O.F.; NAGAI, V.; RAMOS, V.J. Resposta à calagem de três cultivares de trigo com tolerância diferencial ao alumínio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.139-47, 1985.

BELL, M. J. Calcium nutrition of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) on Cockatoo Sands of the Ord river irrigation area. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.25, p.642-648, 1985.

BLACK, C.A. **Soil fertility evaluation and control**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993. 746p.

BLAMEY, F.P.C. Acid soil infertility effects on peanut yields and yield components. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.14, p.373-386, 1983.

BLAMEY, F.P.C.; CHAPMAN, J. Soil amelioration effects on peanut growth, yield and quality. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.65, p.319-334, 1982.

BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W.; THOMAS, G.W. Effects of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, p.322-326, 1978.

BLEVINS, R.L.; FRYE, W.W. Conservation tillage: an ecological approach to soil management. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 51, p.34-78, 1993.

BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 329p.

BOHNEN, H. Acidez do solo: origem e evolução. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p. 9-19 (Boletim, 4)

BOLONHEZI, D.; MUTTON, M.A.; MARTINS, A.L.M. Sistemas conservacionistas de manejo do solo para amendoim cultivado em sucessão à cana crua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.939-947, 2007.

BRAGA, F.A.; VALE, F.R.; MUNIZ, J.A. Movimentação de nutrientes no solo, crescimento e nutrição mineral no eucalipto, em função de doses de gesso e níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.69-77, 1985.

BRUCE, R.R.; LANGDALE, G.W.; WEST, L.T.; MILLER, W.P. Surface soil degradation and productivity restoration and maintenance. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, p.654-660, 1995.

BRUNET, J. Interacting effects of pH, aluminium and base cations on growth and mineral composition of the woodland grasses *Bromus benekenii* and *Hordelymus europaeus*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.161, n.2, p.157-166, 1994.

BURKHART, L.; COLLINS, E.R. Mineral nutrients in peanuts plant growth. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.6, p.272-280, 1941.

BURLE, M.L.; MIELNICZUK, J. & FOCCHI, S. Effect of cropping systems on soil chemical characteristics, with emphasis on soil acidification. **Plant and Soil**, v.190, p.309-316, 1997.

CAIRES, E. F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F. J.; FERRARI, R. A.; MORGANO, M. A. Produção e qualidade da soja em função do calagem e aplicação de gesso. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, 2006a.

CAIRES, E. F.; CORREA, J. C. L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 5, 2006b.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, L. R. F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, 2006c

CAIRES, E. F. Palestra: **Calagem no sistema plantio direto para correção da acidez e suprimento de Ca e Mg como nutrientes**. Piracicaba: Potafos, p.16-17, 2007 (Informações agronômicas nº 117).

CAIRES E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.1011-1022, 2002a.

CAIRES, E.F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: Experiências no Estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000a. (CD-ROM).

CAIRES, E.F.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. & BARTH, G. Surface application of lime for crop grain production under a no-till system. *Agron. J.*, 97:791-798, 2005.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G. GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Uso de gesso agrícola em solos sob plantio direto. In: **Curso sobre manejo do solo no sistema de plantio direto**. Castro: Fundação ABC para a assistência e divulgação técnica agropecuária, 1995. p.119-139.

CAIRES, E.F.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.27-34, 1998.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Lime and gypsum application on the wheat crop. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, p.357-364, 2002b.

CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v.60, p.213-223, 2001a.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função de calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; FELDHAUS, I.C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema de plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.1029-1040, 2001b.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.; 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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.315-327, 1999.

CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.1, p.125-136, 2004.

CARVALHO, W.A.; ESPÍNDOLA, C.R.; PACCOLA, A.A. **Levantamento de solos da Fazenda Experimental Lageado – Estação Experimental “Presidente Médici”**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1983. 95p. (Boletim Técnico, 1)

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja trigo em sistema de plantio direto**. Botucatu, 2000. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

COX, F.R.; ADAMS, F. & TUCKER, B.B. Liming, fertilization and mineral nutrition. In: PATTEE, H.E. & YOUNG, C.T. **Peanut: science and technology**, ed. Yoakum, TX: APRES, 1982, cap.6, p.139-63.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Nodulação e absorção de nitrogênio pelo amendoim em resposta à calagem, cobalto e molibdênio. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.337-341, 2000.

CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Efeitos da calagem sobre o índice de área foliar e a Acumulação de matéria seca em genótipos de amendoim. **Científica**, v.24, p.115-126, 1996.



CAIRES, E.F.; ROSOLEM, C.A. Root growth of peanut cultivars and soil acidity. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; MURRMANN, R.P. (Ed.) **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer, p.239-243, 1991.

CAMARGO, O.A.; CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R.; QUAGGIO, J.A. Alterações de atributos químicos do horizonte superficial de um Latossolo e um Podzólico com a calagem. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, p.1-8, 1997.

CANCÈS, B.; PONTHEIU, M.; CASTREC-ROUELLE, M.; AUBRY, E.; BENEDETTI, M.F. Metal ions speciations in a soil and its solution: experimental data and model results. **Geoderma**, Amsterdam, v.113, p.641-355, 2003.

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C.E.O. Cereais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997, p.45-71 (Boletim Técnico 100).

CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van; COSCIONE, A.R. & ANDRADE, J.C. Determinação de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis em extrato de cloreto de potássio. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A., eds. **Análise química para avaliação da fertilidade em solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

CARGNELUTTI, A.F.; REINERT, D.J.; BORGES, D.F. Recuperação da estabilidade estrutural induzida pelo plantio direto, de solo que recebeu preparo convencional por dois anos. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Trabalhos...** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 1 CD-ROM.

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

CARVER, B. F.; OWNBY, J. D. Acid soil tolerance in wheat. **Advances in Agronomy**, San Diego, 1995. v.54, p. 117-73.

CASSIOLATO, M.E.; MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; OLIVEIRA, J.C. Evaluation of Oat Extracts on the Efficiency of Lime in Soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.43, p.533-536, 2000.

CASSIOLATO, M.E.; MIYAZAWA, M.; MEDA, A.R. & PAVAN, M.A. A laboratory method to estimate the efficiency of plant extract to neutralize soil acidity. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 45:183-187, 2002.

CASSOL, L.C. Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 98p. (Tese de Mestrado).

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade de agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistema de plantio, rotações de cultura e métodos de preparo das amostras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.22, p.527-538, 1998.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A.; WOBETO, C. Acidificação de um Latossolo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.1055-1064, 2002.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J.A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.2, p.317-326, 2004.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO RS. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 4.ed. Passo Fundo : SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.

CORRÊA, J.C.; BÜLL, L.T.; CRUSCIOL, C.A.C.; MAUAD, M. TECCHIO, M.A. Índices de acidez no perfil do solo e produtividade da soja em função da aplicação de biossólidos e resíduos industriais em sistema de plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS/UDESC, 2004. 1 CD-ROM.

COSTA, A. **Doses e modos de aplicação de calcário na implantação de sucessão soja trigo em sistema de plantio direto**. Botucatu, 2000. 146p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

COLWELL, W.E.; BRADY, N.C. The effects of calcium on yield and quality of large-seed type peanuts. **Journal of American Society Agronomy**, Madison, v.37, n.413-28, 1945.

COX, F.R.; REID, P.H. Calcium-boro nutrition as related to canceled damage in peanuts. **Agronomy Journal**, Madison, v.56, p.173-176, 1964.

CRUSCIOL, C.A.C.; GILIOLI, B.L.; SILVA, R.H.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação de bases em função da adubação nitrogenada e da calagem superficial em plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 29., 2003, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SBCS-UNESP, 2003a. 1 CD-ROM.

CRUSCIOL, C. A. C. ; LAZARINI, E. ; GOLFETO, A. R. ; SÁ, M. E. . Produtividade e componentes da produção do amendoim da seca em razão da época de semeadura e da aplicação de cálcio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1549-1558, 2000.

CRUSCIOL, C. A. C. ; LAZARINI, E. ; SORATTO, R. P. . Aplicação de calcário no sulco de semeadura, nutrição e produtividade do amendoim semeado em diferentes épocas no cultivo da seca. **Científica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 201-209, 2003b.

CRUSCIOL, C. A. C. ; SORATTO, Rogério Peres . Nutrição e produtividade do amendoim em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 1553-1560, 2007.

DAL BÓ, M.A.; RIBEIRO, A.C.; COSTA, L.M.; THIÉBAUT, J.T.L.; NOVAIS, R.F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana de açúcar. I. Movimentação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.195-198, 1986.

DECHEN, S.C.F.; VIEIRA, S.R.; LOMBARDI-NETO, F.; CASTRO, O.M.; QUAGGIO, J.A.; DE MARIA, I.C. Physical characterization of a Dark-Red Latosol under crop rotation with peanut and maize. In: UNGER, P.W.; SNEED, T.V.; JORDAN, W.R.; JENSEN, R. (Eds.). *Challenges in dryland agriculture: a global perspective*. INTERNATIONAL CONFERENCE ON DRYLAND FARMING, 1988, Amarillo. *Proceedings...* Amarillo, Texas: Texas Agricultural Experiment Station, 1990. p.581-583.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Brasília: Embrapa-CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPS, 1999. 412p.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.1, n.4, p.825-831, 2001.

FERNANDEZ, E.M. **Produtividade e qualidade de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em função da calagem e do método de secagem**. Botucatu, 1996. 123p. Tese (doutorado em agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Universidade Estadual Paulista, 1996.

FERNANDEZ, E. M.; ROSOLEM, C. A. Ácidos graxos e proteína em grãos de amendoim em função da calagem e do método de secagem. **Bragantia**, v. 57, n.1, 1998

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FORNASIERI, J.L.; FERREIRA, M.E.; VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D. Efeitos do uso de calcário e de gesso sobre algumas características produtivas do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) "das águas". **Científica**, v.15, n.1/2, p. 45-54, 1987.

FRANCHINI, J.C. Influência de resíduos vegetais na toxidez de Al e na mobilidade de íons no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26., 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS/UEDESC, 2004. 1 CD-ROM.

FRANCHINI, J.C.; BORKERT, C.M.; FERREIRA, M.M.; GAUDÊNCIO, C.A. Alterações na fertilidade do solo em sistemas de rotação de culturas em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.459-467, 2000.

FRANCHINI, J.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Organic composition of green manures during growth and its effect on cation mobilization in an acid oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.34, p.2045-2058, 2003.

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

FRANCHINI, J.C.; MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Potencial de extratos de resíduos vegetais na mobilização do calcário no solo por métodos biológico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, p.357-60, 2001.

FRANCHINI, J.C.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; MALAVOLTA, E. Dinâmica de íons em solo ácido lixiviado com extratos de resíduos vegetais de adubos verdes e soluções puras de ácidos orgânicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.12, p.2267-2276, 1999b.

FREITAS, B.J. A disposição do fosfógeno e seus impactos ambientais. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.325-339.

FUCKS, L.F.; REINERT, D.J.; CAMPOS, B.C.; BORGES, D.F.; SAPINI, C. Degradação da estabilidade estrutural pela aração e gradagem de solo sob plantio direto por quatro anos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10., 1994, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994, p.196-197.

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

GASCHO, G. J.; DAVIS, J. G. Soil fertility and plant nutrition. In PATEE, H. E.; STALKER, H. T. eds. **Advances in peanuts science**. Stillwater, OK: American Peanut Research and Education Society, p.383-419, 1995.

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; KAMINSKI, J. & RHEINHEIMER, D.S. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, v.33, p.282-290, 2003.

GILLIER, P.; SILVESTRE, P. El cacahuete. Barcelona: **Blume**, p.47-57, 1970.

GODOY, I. J., MORAES, S. A., MARTINS A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A., VEIGA, R. F.A. Avaliação do potencial agrônômico de introduções de amendoim com vistas ao melhoramento genético. **Bragantia**, v.49, n.1, p. 127-140, 1990.

GONÇALVES, J.R.P. **Variações nas propriedades químicas do solo, no desenvolvimento e produção do milho sob cultivo convencional e semeadura direta em função da aplicação de calcário dolomítico com diferentes granulometrias e doses**. Botucatu, 2003. 162p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

HARGROVE, W.L.; THOMAS, G.W. Extraction of aluminum from aluminum-organic matter complexes. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 45, p.151-153, 1981.

HARMSSEN, K.; VLEK, P.L.G. The chemistry of micronutrients in soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.7, p.1-42, 1985.

HARRIS, H.C.; BROLMANN, J.B. Comparison of calcium and boron deficiencies of peanuts. I. Physiological and yield differences. **Agronomy Journal**, Madison, v.58, p.575-578, 1966.

HELYAR, K.R. Nitrogen cycling and soil acidification. **Journal Australian Institute of Agricultural Science and Technology** .v. 42, p.217-221, 1976.

HELYAR, K. **Manejo da acidez do solo a curto e a longo prazos**. Piracicaba: Potafos, 2003. 12p. (Encarte Técnico, 104)

HAYNES, R.J.; MOKOLOBATE, M.S. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.59, p.47-63, 2001.

HERNANI, L.C.; KURIHARA, C.H.; SILVA, W.M. Sistema de manejo do solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.1, p.145-154, 1999.

HOLTZ, G.P.; SÁ, J.C.M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: **CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO EM PLANTIO DIRETO**, 1995, Castro -PR. Castro: Fundação ABC, 1995. p. 21-36.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. Acidez do solo e nutrição mineral das plantas. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.21-40. (Boletim n. 4)

KINRAID, T.B. Identity of the rhizotoxic aluminum species. **Plant Soil**, The Hague, v.134, p.167-178, 1991.

KONDORFER, G. H. Uso do silício na agricultura, 2002. Site de busca [www.ppi-far.org](http://www.ppi-far.org), consultado em Setembro de 2007.

LAZARINI, E. ; CRUSCIOL, C. A. C. . Produtividade de grãos de cultivares de soja semeadas e diferentes densidades no verão e no inverno. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 1, p. 115-128, 2001

LIMA, E.V. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta da soja à cobertura vegetal e à calagem superficial na implantação do sistema de semeadura direta**. Botucatu, 2001. 125p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

LIMA, E.V. **Plantas de cobertura e calagem superficial na fase de implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. Botucatu, 2004. 125p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. Campinas: CATI, v.2, 1994. 168p.

LOPES, A. **Solos sob “cerrado”: características propriedades e manejo**. Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162p.

LUCHESE, E.B.; FAVERO, L.O.B.; LENZI, E. **Fundamentos de química do solo**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2001. 182p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. Mechanisms of adaptation of plants to acid soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.134, n.1, p.1-20. 1991.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. 674p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1990.

MATEUS, G.P. Utilização agropecuária do sorgo de guiné e efeitos na cultura da soja e atributos químicos do solo. Botucatu, 2003. 142p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; CASSIOLATO, M.E.; MIYAZAWA, M. Dolomite lime's reaction applied on the surface of a sandy soil of the northwest Paraná, Brasil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.45, p.219-222, 2002a.

MEDA, A.R.; CASSIOLATO, M.E.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Alleviating soil acidity through plant organic compounds. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.44, p.185-189, 2001.

MEDA, A.R.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M.; CASSIOLATO, M.E. Plantas invasoras para melhorar a eficiência da calagem na correção da acidez subsuperficial do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.647-654, 2002b.

MELLO, J.C.A. **Granulometria e doses de calcário dolomítico em sistema de plantio convencional e direto, cultivado com milho**. Botucatu, 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

MENDONÇA, E.S.; ROWELL, D.L. Dinâmica do alumínio e de diferentes frações orgânicas de um latossolo argiloso sob cerrado e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.295-303, 1994.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito de material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.411-416, 1993.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n.92, 2000. 8p. (Encarte técnico)

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; SANTOS, J.C.F. Effects of addition of crop residues on the leaching of Ca and Mg in Oxisols. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 4., 1996, Belo Horizonte. **Abstracts...** Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, CPAC/EMBRAPA, 1996. p.8.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O.; PAVAN, M.A. Amenização da toxicidade de alumínio as raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.16, p.209-215, 1992.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Evaluation of plant residues on the mobility os surface applied lime. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.45, p.251-256, 2002.

MORAES, J.F.L.; BELLINGIERI, P.A.; FORNASIERI FILHO, D.; GALON, L.A. Efeitos de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.3, p.75-82, 1998.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

MUZILLI, O. Fertilidade do solo em plantio direto. In: FANCELLI, P.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Ed.). **Atualização em plantio direto**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.147-158.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, I.; ROSSETTO, C.A.V. Efeitos de algumas fontes de fósforo e da calagem na qualidade de sementes de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, n.1, p.171-183, 1990.

NAKAGAWA, J.; NAKAGAWA, J.; IMAIZUMI, I.; ROSSETTO, C.A.V. Efeitos de fontes de fósforo e da calagem na produção de amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.4, p.421-431, 1993.

NAKAGAWA, J.; LEDESMA NETO, A.; ROSOLEM, C.A. Determinação da época de colheita de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.8, p.27-35, 1983.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Correlação entre algumas características da planta da cultivar "Tatu" de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Ecossistema**, Campinas, v.7, p.5-7, 1982.

NEPTUNE, A.M.L.; SICHMANN, W.; MELLO, F.A.F.; LASCA, D.H.C. Efeito da calagem na produção de amendoim cultivado em solos arenosos do Estado de São Paulo. I. Calagem com antecedência ao plantio. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v.39, p.305-317, 1982.

OLIVEIRA, E. L.; PAVAN, M. A. Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.38, p.47-57, 1996.

OLMOS, I.L.J.; CAMARGO, F.S. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.38, p.47-57, 1976.

PARRA, M.S.; MODA-CIRINO, V. Comportamento de genótipos de feijoeiro em relação à acidez do solo e resposta à calagem. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996. Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA Arroz e Feijão, 1996. p.118.

PAVAN, M.A. Ciclagem de nutrientes e mobilidade de íons no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v.41, p.8-12, 1997.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.48, p.33-38, 1984.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminum to coffee (*Coffea arabica* L.) in Ultisols and Oxisols amended with CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub> and CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.46, p.1201-1207, 1982.



PAVAN, M.A.; OLIVEIRA, E.L. Corretivos da acidez do solo: experiências no Paraná. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. p.61-76. (Boletim, 4).

PEARSON, R.W.; ABRUNA, F.; VICENTE-CHANDLER, J. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. **Soil Science**, Baltimore, v.93, p.77-82, 1962.

PETRERE, C.; ANGHINONI, I. Alteração de atributos químicos no perfil do solo pela calagem superficial em campo nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.885-895, 2001.

PÖTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.675-684, 1998.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

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 do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.6, p.189-194, 1982.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B.; MASCARENHAS, H.A.A. Agronomic efficiency of limestones with different acid-neutralizing capacity, under field condition. In: SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH, 3., 1995, Brisbane. **Proceedings...** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995. p.491-496.

QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. & MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, n.375-383, 1993.

QUAGGIO, J.A.; SILVA, N.M.; BERTON, R.J. Culturas oleaginosas. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFÓS/CNPq, 1991, p. 445-484.

RAHMIANNA, A.A.; ADISARWANTO, T.; KIRCHHOF, G.; SO, H.B. Crop establishment of legumes in rainfed lowland rice-based cropping systems. **Soil & Tillage Research**, v.56, p.67-82, 2000.

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; FURLANI, P.R. Efeito, na reação do solo, da absorção de amônio e nitrato pelo sorgo, na presença e na ausência de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.12, p.131-136, 1988.

RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p. (Boletim Técnico 100).

RAIJ, B. van; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PETTINELLI JÚNIOR, A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.101-108, 1998.

RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A. Uso eficiente de calcário e gesso na agricultura. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p.323-346,

RAIJ, B. van ; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.36, p.587-593, 1972.

RAMOS, A.A. **Mobilidade de nutrientes no solo e produtividade do milho em função da calagem, gessagem e adubação mineral e orgânica**. Lavras, 1996. 46p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras.

RAMOS, L.A.; PEREIRA, H.S.; VIDAL, A.A.; KORNDÖRFER, G.H.; NOLLA, A. CAMARGO, M.S. Correção da acidez do solo, disponibilidade de cálcio e magnésio, em função da aplicação de silicatos, calcário e gesso em colunas de lixiviação. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, 2., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. 1 CD-ROM.

REBAFKA, F. P., NDUNGURU, B.J., MARSCHNER, H. Crop residue application increases nitrogen fixation and dry matter production in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) grown on an acid sandy soil in Niger, West Africa. **Plant and Soil** v.150, p.213-222, 1993.

REED, J.F.; BRADY, N.C. Time and method of supplying calcium as affecting production of peanuts. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v.40, p.980-996, 1948.

REEVE, N.G.; SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface-applied amendments. **Agrochimophisica**, Pretoria, v.4, p.1-6, 1972.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo: I. Efeito no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e na produtividade de matéria seca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.63-68, 1994.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, n.2, p.713-721, 1998

REISENAUER, H. M. Relative efficiency of seed and soil applied molybdenum fertilizer. **Agronomy Journal**, v.55, p.459-460, 1963.

RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.C.; GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.797-805, 2000.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, Baltimore, v.133, p.378-382, 1982.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, K.M.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.40-44, 1980.

ROSOLEM, C.A. **Relação solo-planta na cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 53p.

ROSOLEM, C.A.; CAIRES, E.F. Yield and nitrogen uptake of peanuts as affected by lime, cobalt and molybdenum. **Journal of Plant Nutrition**, v.21, p.827-835, 1998.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura do solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.2, p.355-362, 2003.

ROSOLEM, C.A.; PEREIRA, H.F.M.; BESSA, A.M.; AMARAL, P.G. Nitrogen in soil and cotton growth as affected by liming and N fertilizer. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; MURRMANN, R.P. (Ed.) **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht: Kluwer, 1990. p.321-325.

ROSSETO, C. A. V. **Efeito do momento de colheita e da calagem na produção e qualidade de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) cv. Botucatu**. Botucatu, 1993. 114p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

SÁ, J.C.M. Calagem em solos sob plantio direto da Região dos Campos gerais, Centro Sul do Paraná. In: SÁ, J.C.M. (Coord.) **Curso sobre o manejo do solo no sistema de plantio direto**. Castro: Fundação ABC, 1995. p.73-107.

SÁ, J.C.M. Manejo do solo no sistema de plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E. CARVALHO, J.C. (Ed.) **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Lavras: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p.267-319.

SÁ, M. E.; LAZARINI, E.; CRUSCIOL, C. A.C.; GOLFETO, A. R. Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de amendoim “da seca” em função de épocas de semeadura e doses de cálcio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p.32-38, 1998

SALET, R.L. **Toxidez de alumínio no sistema de plantio direto**. Porto Alegre, 1998. 109p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SALTON, J.C.; MIELNICZUK, J. Relações entre sistemas de preparo, temperatura e umidade de um Podzólico Vermelho-Escuro de Eldorado do Sul (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.313-319, 1995.

SCHLINDWEIN, J. A.; ANGHINONI, I. Variação de pH e necessidade de calagem em função da profundidade de amostragem do solo após calagem do solo no sistema plantio direto.. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas. **Resumos Expandidos**, 2000. p. 1-4.

SICHMANN, W.; NEPTUNE, A.M.L.; MELLO, F.A.F.de Efeito da aplicação de calcário e gesso na produção de vagens e sobre algumas características dos frutos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em experimento conduzido em vasos contendo um podzolizado de Lins e Marília. **Anais da ESALQ**, v.39, p.337-347, 1982.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.113-117, 1997.

SILVA, C.A.; VALE, F.R. Disponibilidade de nitrato em solos brasileiros sob efeito da calagem e de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, p.2461-2471, 2000.

SILVA, A.A.; VALE, F.R.; FERNANDES, L.A.; FURTINI-NETO, A.E.; MUNIZ, J.A. Efeitos de relações  $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$  na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.451-457, 1998.

SLACK, T.E. & MORRILL, L.G. Comparision of a large-seeded ( $\text{NC}_2$ ) and a small-seeded (Starr) peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivar as affected by levels of calcium added to the fruit zone. **Soil Science Society American Proceedings**, Madison, v.36, p.87-90, 1972.

SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. Aluminum and calcium constraints to continuous crop production in a Brazilian amazon Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, n.5, p.843-850, 1992.

SORATTO, R. P. **Aplicação superficial de calcário e gesso na implantação do sistema de plantio direto em região de inverno seco**. Botucatu, 2005. 177p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".

SORATTO, R. P., CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.1, p.81-90, 2007.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E.; REIN, T.A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (Circular Técnica, 32).

SOUSA, D.M.G.; RITCHEY, K.D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., 1986, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.119-144.

SOUZA E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos da granulometria de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, p.120-5, 1979.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos de sistemas de preparo na compactação do solo, disponibilidade hídrica e comportamento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.83-91, 1999.

SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity with minimum disturbance. In: JAYAWARDANE, N.S.; STEWART, B.A. (Ed.). **Subsoil management techniques**. Athens: Lewis Publishers, 1995. p.147-185.

SUMNER, M. E. Gypsum and acid soils: the world scene. **Advances in Agronomy**, v.51, p.1-32, 1993.

SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J.; HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil prolife through deep liming an surface application of gypsum. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.50, p.1254-1278, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TELLA, R.; CANECCHIO FILHO, V.; ROCHA, J.L.V.; CORAL, F.J.; CAMPANA, M.P.; FREIRE, E.S. Efeito da combinação de três níveis de espaçamento, três de adubação com NPK e três de tratamento com inseticida, sobre a produção de amendoim. **Bragantia**, v.30, p.63-75, 1971.

TEDESCO, J.; GIANELLO, C. Escolha do corretivo da acidez do solo In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: Núcleo Regional Sul da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.96-113, 2000. (Boletim, 4)

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. **Soil fertility and Fertilizers**. 3.ed. New York: McMillan Publishing Com. Inc., 1984. 694p.

TIRITAN, C.S. **Alterações dos atributos químicos do solo e resposta do milho à calagem superficial e incorporada em região de inverno seco**. Botucatu, 2001. 108p. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

VERLENGIA, L.; GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. **Bragantia**, Campinas, v.31, p.119-28, 1972.

VITTI, G.C. Enxofre no solo. In: SIMPOSIO SOBRE INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE QUÍMICA DE SOLO E PLANTA PARA FINS DE ADUBAÇÃO, 1., 1988, Botucatu, **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP/FEPAF/ANDA/POTAFOS, 1988. 39p.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; MALAVOLTA, E. O gesso agrícola como fonte de cálcio e enxofre - respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, Brasília, 1985. **Anais**. Brasília: EMBRAPA DDT, 1986. p.17-43.

VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. **Utilização agrônômica de corretivos agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 2004. 120p.

WALKER, M.E.; MULLINIX JUNIOR, B.G.; KEISLING, T.C. Calcium level in the peanut fruiting zone as influenced by gypsum particle size and application rate and time. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.12, p.427-439, 1981.

WIETHÖLTER, S. Manejo da fertilidade do solo na cultura de milho. In: SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO DO MILHO. Passo Fundo, 2000. **Resumo de Palestras**. Passo Fundo. Aldeia Norte, 200. p.5-38.

WOLT, J.D.; ADAMS, F. Critical levels of soil and nutrient solution calcium for vegetative growth and fruit development of flou runner peanuts. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.43, p.1159-1164, 1979.

WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. **I Curso de adubação verde no Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. 89p.

YORK JUNIOR, E.T.; COLWELL, W.E. Soil properties, fertilization and maintenance of soil fertility. In: SYMPOSIUM OF THE PEANUT, THE UNPREDICTABLE LEGUME, 1951, Washington. **Proceedings**. Washington : National Fertilizers Association, 1951. p.122-171.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.110-117, 2007a.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, 2007b

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, p.257-262, 1999.