

UNIOESTE  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO

LEANDRO RAMPIM

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO  
EUTROFÉRICO SUBMETIDO A GESSAGEM E CULTIVADO COM  
TRIGO E SOJA EM SEMEADURA DIRETA**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR  
MARÇO/2008

**LEANDRO RAMPIM**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO  
EUTROFÉRICO SUBMETIDO A GESSAGEM E CULTIVADO COM  
TRIGO E SOJA EM SEMEADURA DIRETA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível Mestrado, para obtenção do título de mestre.

ORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. MARIA DO CARMO LANA

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PR

MARÇO/2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

R177a	<p>Rampim, Leandro</p> <p>Atributos químicos de um Latossolo Vermelho eutroférico submetido a gessagem e cultivado com trigo e soja em semeadura direta / Leandro Rampim. -- Marechal Cândido Rondon, 2008. 81 p.</p> <p>Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Lana</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2008.</p> <p>1. Solo - Acidez trocável. 2. Solo - Lixiviação de íons. 3. Solo - Alumínio. 4. Soja - Gesso. 5. Soja - Nutrição mineral. 6. Trigo - Gesso. 7. Trigo - Nutrição mineral. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 21.ed. 631.82 633.34 633.11 CIP-NBR 12899</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Gesso agrícola .....	14
2.2 Influência do gesso nas propriedades químicas do solo .....	16
2.3 Uso do gesso para diferentes culturas .....	21
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Objetivo Geral .....	25
3.1 Objetivos Específicos .....	25
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
4.1 Descrição da área experimental.....	26
4.2 Instalação do experimento .....	28
4.3 Coleta das amostras de solo e folhas.....	29
4.4 Variáveis Avaliadas.....	29
4.5 Análise dos dados .....	300
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
5.1 Análise estatística .....	31
5.2 Modificações das características químicas do solo .....	328
5.3 Produtividade, massa de 1000 grãos e concentração de Al, K, Ca, Mg e S no tecido foliar de trigo e soja.....	46
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>
<b>8 ANEXOS .....</b>	<b>60</b>

Pai, Mãe, Christiane e Lucas

Dedico

O amor supera barreiras em  
busca das conquistas.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, ontem, hoje e sempre, por apoiar nos momentos difíceis, louvar pelas conquistas e por permitir a realização deste sonho.

Agradeço aos meus pais, Joaquim e Lurdes, pela confiança e por proporcionar condições para que eu chegasse até aqui.

Agradeço a todos os familiares, em especial a meu irmão Alexandre e minha irmã Daniela.

Agradeço a minha esposa Christiane, por todo amor, pelo incentivo e compreensão durante todo o curso. Agradeço ainda pelos momentos solitários que ofereceu seu amor dobrado para nosso filho Lucas, durante minha ausência.

Agradeço ao meu filho Lucas, pelo sorriso, pelo amor, por ter esperado dias após dia a minha chegada.

Agradeço a professora e orientadora Maria do Carmo Lana, pela orientação, compreensão, dedicação na realização deste trabalho e profissionalismo.

Agradeço a todos os professores, pela amizade e instrução e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), pelos novos ensinamentos, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Campus de Marechal Cândido Rondon, pela oportunidade de realização deste curso.

Agradeço a CAPES - Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior, pela concessão de bolsa de auxílio aos estudos fundamental.

Agradeço à equipe do Laboratório de Química Agrícola e Ambiental da UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon – PR, pela paciência e auxílio na realização das análises químicas.

Agradeço a todos os amigos, colegas de curso, alunos de graduação e funcionários, em nome da Noili, em especial a Jucenei Frandoloso, Silvano Fontaniva, pelo auxílio indispensável na execução deste trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 Precipitação pluviométrica mensal para o Local 1 e Local 2, no período da experimentação a campo.....27
- FIGURA 2 Valores de pH CaCl<sub>2</sub>(a,b,c) e teor de Al (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola (pH CaCl<sub>2</sub>: média de dois locais e teor de Al: apenas Local 1).....33
- FIGURA 3 Saturação por alumínio (a,b,c) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola para o Local 1.....35
- FIGURA 4 Acidez potencial (a,b,c) e CTCef (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.....38
- FIGURA 5 Teores de K (a,b,c) e S (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.....39
- FIGURA 6 Teores de Ca (a,b,c) e Mg (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.....40
- FIGURA 7 Soma de bases (a,b,c) e V% (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.....44
- FIGURA 8 Teores foliares de Ca (a), Mg (b), K (c), S (d), Al (e), massa de 100 grãos (f) e produtividade (g) das culturas de trigo e soja em função das doses de gesso agrícola.....47
- FIGURA 9A Teor de Ca (a,b), Mg (c,d), K (e,f) e S (g,h) no solo aos seis e 12 meses após a aplicação das doses de gesso agrícola.....79
- FIGURA 10A Valores de pH (a,b), teor de Al – Local 1 (c,d), SB (e,f) e V% (g,h) no solo aos seis e 12 meses após a aplicação das doses de gesso agrícola.....80
- FIGURA 11A Acidez potencial (a,b), CTCef (c,d), m (e,f) no solo aos seis e 12 meses após a aplicação das doses de gesso agrícola.....81

**LISTA DE TABELAS**

TABELA 1	Recomendação de gesso com base na textura do solo.....	16
TABELA 2	Resultado da análise química e física do solo da área experimental nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40cm para os dois locais.....	27
TABELA 3A	Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	61
TABELA 4A	Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	62
TABELA 5A	Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	63
TABELA 6A	Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	64
TABELA 7A	Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	65
TABELA 8A	Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	66
TABELA 9A	Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	67
TABELA 10A	Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	68
TABELA 11A	Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	69
TABELA 12A	Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	70
TABELA 13A	Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....	71



- TABELA 14A Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.72
- TABELA 15A Resumo da análise de variância para saturação por alumínio no solo na camada de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade na coleta após seis e 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço apenas no local 1.....73
- TABELA 16A Saturação de Ca, Mg e K em relação a CTC efetiva nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm na média de dois locais aos seis e doze meses após a aplicação do gesso agrícola.....74
- TABELA 17A Resumo da análise de variância para produtividade, massa de 1000 grãos e Ca no tecido foliar na cultura do trigo em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....75
- TABELA 18A Resumo da análise de variância para os teores de Mg, K, Al e S no tecido foliar na cultura do trigo em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....76
- TABELA 19A Resumo da análise de variância para produtividade, massa de 1000 grãos e Ca no tecido foliar na cultura da soja em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....77
- TABELA 20A Resumo da análise de variância para os teores de Mg, K, Al e S no tecido foliar na cultura da soja em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais.....78

## **ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRRICO SUBMETIDO A GESSAGEM E CULTIVADO COM TRIGO E SOJA EM SEMEADURA DIRETA**

A presença de alumínio no solo é um entre os diversos fatores existentes que prejudicam o crescimento, desenvolvimento e produtividade de culturas comerciais como soja e trigo principalmente quando ocorre déficit hídrico, uma vez que há menor superfície de raízes para a absorção de água e nutrientes. Este trabalho avaliou a influência do uso do gesso nas características químicas de um Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa para as culturas de trigo e soja, sob sistema de plantio direto. Realizou-se coletas de amostras de solo aos seis e 12 meses após aplicação superficial de 0, 1, 2, 3, 4 e t ha<sup>-1</sup> de gesso para avaliar os teores de Ca, Mg, K, Al trocáveis, pH, SB, V%, m% e teor de S no solo. Para as culturas de trigo e soja foram avaliados os teores de Ca, Mg, K, S, e Al no tecido foliar, massa de 1000 grãos e produtividade. O uso de gesso aumentou os teores de Ca e S e reduziu os teores de Al, além de lixiviar Mg e K no solo, aumentando a SB e V% nas camadas mais profundas. No tecido foliar aumentou Ca e Mg para a soja e reduziu no trigo, aumentou o teor de S em ambas culturas e o K aumentou de forma quadrática para a cultura da soja. Os resultados encontrados mostram que o uso do gesso proporcionou mobilidade de K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup> até 40 cm de profundidade. O uso de até 5000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso resultaram em aumento dos teores de Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> em profundidade até um ano após a aplicação sendo que a dose de 3 t ha<sup>-1</sup> proporcionou maior redução do Al trocável e também da saturação por Al para o Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa. Na presença de Al trocável o uso do gesso implicou em aumento da produtividade de trigo mas não influenciou a produtividade da soja.

Termos para indexação: gessagem, acidez trocável, lixiviação de íons, nutrição mineral.

## CHANGE CHEMICAL “LATOSSOLO VERMELHO EUTROFÉRICO” SUBMITTED GYPSUM WITH SOY AND WHEAT NO-TILLAGE

The presence of aluminum in the soil is one among the several existent problems that harm the growth, development and productivity in commercial cultures as soy and wheat principally when water deficit, once there is minor surface of roots for the absorption of water. Like this the influence of the use of the plaster was analyzed in the chemical characteristics of a “Latosolo vermelho eutroférico” of loamy texture for the wheat cultures and soy, under system of direct planting. It took place collections of soil samples to the six and 12 months after application 0, 1, 2, 3, 4 e 5 t ha<sup>-1</sup> of the gypsum to evaluate the tenors of Ca, Mg, K, exchangeable Al, pH, SB, V%, m% and tenor of S in the soil. For the wheat cultures and soy they were appraised the tenors of Ca, Mg, K, S, and Al in the tissue, mass of 1000 grains and productivity. The use of gypsum increased the tenors of Ca and S and it reduced Al's tenors, besides leaching Mg and K in the soil, increasing SB and V% in the deepest layers. In the tissue increased Ca and Mg for the soy and it reduced in the wheat, it increased the tenor of S in both cultures and K increased in a quadratic way for the culture of the soy. The found results show that the use of the plaster provided mobility of K<sup>+</sup> and Mg<sup>2+</sup> up to 40 cm of depth. The use of up to 5 t ha<sup>-1</sup> of gypsum they resulted in increase of the tenors of Ca<sup>2+</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> in depth until one year after the application and the dose of 3 t ha<sup>-1</sup> it provided larger reduction of exchangeable Al and also of the saturation for Al for “Latosolo vermelho eutroférico” of loamy texture. In exchangeable Al's presence the use of the gypsum implicated in increase of the wheat productivity but it didn't influence the productivity of the soy.

Terms of index: gypsum, exchangeable acidity, leaching of ions, mineral nutrition.

## 1 INTRODUÇÃO

A presença de alumínio no solo é um entre os diversos problemas existentes que prejudicam o desenvolvimento de uma cultura, que pode resultar em quedas de produtividade em culturas comerciais como soja e trigo. Não obstante, o alumínio (Al) em altas concentrações no solo intensifica os danos às culturas na ocorrência de déficit hídrico, uma vez que há menor superfície de raízes para a absorção de água.

Sendo assim, várias práticas agrícolas têm sido utilizados com a finalidade de eliminar o alumínio trocável do solo, como é o caso da calagem, a qual tem grande eficiência na redução do alumínio em superfície. Por outro lado, com a utilização de gesso, é possível neutralizar a interferência do alumínio presente no subsolo proporcionando condições mais adequadas ao desenvolvimento das raízes das plantas. Com isto pode-se aumentar a absorção de nutrientes e água, e elevar a produtividade de grãos.

O gesso, um mineral de ocorrência abundante, tem sido usado como condicionador de solos ácidos e/ou argilosos, além de fonte de nutrientes (Ca e S) para o crescimento de plantas.

O Al afeta o desenvolvimento das plantas, mas, com a utilização do gesso poderá ocorrer neutralização deste elemento, reduzindo sua interferência no crescimento das raízes no subsolo, possibilitando assim maior produtividade de grãos.

Quando se considera os efeitos no solo a longo prazo, pode-se dizer que o uso de gesso associado ao calcário na superfície, em plantio direto, pode ser considerada uma alternativa de interesse para melhorar as características químicas

do perfil do solo. Este contribui, de certa forma, para evitar a interrupção do sistema plantio direto (SPD) devido a problemas ocasionados pela acidificação, uma vez que não há mais revolvimento do solo nesse sistema de cultivo, após sua implantação.

Desta forma, a aplicação de gesso pode aumentar a produtividade vegetal devido ao suprimento de nutrientes e pela modificação das características químicas do solo, principalmente relacionadas com o alumínio e com o deslocamento de cátions no perfil. Esses efeitos do gesso não se restringem a camada arável; eles também se verificam abaixo dela, devido a solubilidade e a mobilidade dos componentes químicos desse produto no perfil do solo.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Gesso agrícola

O gesso agrícola é basicamente sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Na produção de ácido fosfórico as indústrias de fertilizantes utilizam como matéria prima a rocha fosfática (apatita), que ao ser atacada por ácido sulfúrico + água, produz, como subproduto da reação o sulfato de cálcio e ácido fluorídrico. A composição química média do gesso agrícola obtida é: S (17,7%), CaO (30,9%), F (0,2%) e  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0,7%) (DIAS, 1992). Segundo o autor, na agricultura o gesso agrícola pode ser usado para a correção de camadas subsuperficiais contendo alto teor de  $\text{Al}^{3+}$  e/ou baixo teor de  $\text{Ca}^{2+}$ , ou seja, para melhorar o ambiente radicular de plantas e como fonte de Ca e de S. Não obstante, o gesso também pode ser utilizado para correção de solos salinos, segundo Summer (1992), com a finalidade de reduzir a salinidade destes solos pela ação do sulfato.

Gesso agrícola, por ser subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, apresenta-se de baixo custo para o agricultor, se o transporte não encarecer demasiadamente. É um sal de caráter praticamente neutro e, dessa maneira, mostrou-se ineficiente na mudança da acidez do solo, apesar de ter sido recomendado e aplicado com tal finalidade ao final dos anos 70 e início dos 80 (TANAKA et al., 2002).

O gesso é um sal pouco solúvel (2,0 a 2,5 g  $\text{L}^{-1}$ ) e também tem sido empregado na agricultura devido à retirada gradual do enxofre das formulações comerciais com concentrações mais elevadas de outros nutrientes (PITTA et al., 2002).

Uma grande parte dos solos do Brasil apresentam problemas de acidez subsuperficial, uma vez que a incorporação profunda do calcário nem sempre é possível, nas lavouras comerciais. Assim, camadas mais profundas do solo, abaixo de 20 cm, podem continuar com excesso de alumínio, mesmo quando tenha sido efetuada uma calagem considerada adequada (EMBRAPA, 2006).

Aliado a este problema a ocorrência de verânicos pode limitar a produtividade. A aplicação de gesso agrícola, diminui, em menor tempo, a saturação por alumínio nessas camadas mais profundas. Desse modo, criam-se condições para o sistema radicular das plantas se aprofundar no solo, e, conseqüentemente, minimizar o efeito de verânicos, entretanto, o gesso não neutraliza a acidez do solo diretamente, e sim, indisponibiliza o alumínio tóxico, resultando na redução da acidez do solo (EMBRAPA, 2006).

A recomendação para a correção da acidez subsuperficial segundo Sousa & Ritchey (1996) e (EMBRAPA, 2006) é a seguinte: o gesso deve ser utilizado em áreas onde a análise de solo, na profundidade de 20 a 40 cm, indicar a saturação por alumínio maior que 20% e/ou quando a saturação do cálcio for menor que 60% (cálculo feito com base na capacidade de troca efetiva de cátions). A dose de gesso agrícola (15% de S) a aplicar é de 700, 1200, 2200 e 3200 kg ha<sup>-1</sup> para solos de textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa, respectivamente. De forma que o efeito residual destas dosagens é de no mínimo cinco anos.

Uma outra forma para realizar a recomendação de gesso para os solos foi proposta pelo IAC (Instituto Agronômico de Campinas), onde considera basicamente o teor de argila no solo multiplicando um fator de correção para transformar em dose de gesso em kg ha<sup>-1</sup> (RAIJ et al., 1996), utilizando a seguinte fórmula: ARGILA (g kg<sup>-1</sup>) x 6 = kg ha<sup>-1</sup> de gesso.

Ribeiro et al. (1999) propuseram a recomendação de gesso também com base na textura do solo, considerando o teor de argila a partir da equação de regressão: NG (kg ha<sup>-1</sup>) = 0,00034 - 0,002445X<sup>0,5</sup> + 0,0338886X - 0,00176366X<sup>1,5</sup> R<sup>2</sup> = 0,99995. Segundo a equação aplica-se 400, 800, 1200 e 1600 kg ha<sup>-1</sup> para os solos de textura arenosa, média, argilosa e muito argilosa, respectivamente.

Tabela 01 - Recomendação de gesso com base na textura do solo

Teor de argila	Ribeiro et al. (1999)	Souza & Ritchey (1996)	Raj et al. (1996)	Embrapa (2006)
----- % -----	----- t ha <sup>-1</sup> -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----
0 -15	0,0 a 0,4	700	0 – 900	700
16 - 35	0,4 a 0,8	1200	960 – 2100	1200
36 - 60	0,8 a 1,2	2200	2160 – 3600	2200
61 - 100	1,2 a 1,6	3200	3660 – 6000	3200

## 2.2 Influência do gesso nas propriedades químicas do solo

A aplicação de gesso no sistema de cultivo com a finalidade de tornar o Al indisponível para as plantas, assim como a suplementação de nutrientes ao solo, pode proporcionar condições para a obtenção de elevada produtividade. Dentro deste contexto, o enxofre por ser um elemento essencial às plantas, pode tornar-se, sob certas condições, o nutriente limitante da produção, dando suporte a utilização de gesso (MORAES et al., 1998).

Após a utilização de gesso em amostras superficiais de um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, Wadt & Wadt (1999, 2000) verificaram reduções do teor de alumínio trocável, sem alterar a CTC-efetiva e a CTC a pH 7,0, sendo a principal reação do gesso provavelmente sua precipitação com o alumínio. Já em amostras subsuperficiais, a aplicação de sulfato de cálcio resultou em alterações na CTC efetiva e na CTC a pH 7,0, sem diminuir os teores de alumínio trocável, sendo que a principal reação do sulfato com o solo foi, provavelmente, de adsorção química. Isto pode indicar que para que ocorra imobilização do Al é necessário primeiro que o subsolo tenha alta CTC efetiva, e assim terá maiores resultados em redução no teor de alumínio com a aplicação do gesso.

Ao realizar uma avaliação das cargas, quando há predomínio de superfícies com potencial eletropositivo, o sulfato tende a ser preferencialmente adsorvido por estas superfícies. Quando há predomínio de superfícies com potencial eletronegativo e elevados teores de alumínio trocável, a principal reação do sulfato passa a ser de precipitação com o alumínio (Wadt & Wadt 2000). Sendo assim, o efeito da aplicação de gesso nas propriedades químicas do solo depende fundamentalmente das características eletroquímicas, ou seja, dependendo do solo, pode ocorrer mais ou menos cargas negativas, influenciando diretamente a ação do



gesso, e além disto é importante a saturação das bases, pois um solo com baixa saturação proporciona maiores condições de atuação do gesso nas cargas presentes no solo.

O íon sulfato é muito mais solúvel do que o carbonato (calcário), permitindo que o efeito da reação seja realizado em menor tempo. Em consequência, também ocorre maior lixiviação do sulfato e dos seus cátions (Ca, Mg, K) acompanhantes, complexando o Al trocável e da solução. Este fenômeno diminui a fitotoxicidade do Al e disponibiliza os nutrientes catiônicos nas camadas mais profundas, favorecendo o crescimento do sistema radicular em profundidade e a maior absorção de água e nutrientes (TANAKA et al., 2002). Portanto, o gesso além de diminuir a saturação de alumínio, pode aumentar da saturação de bases.

A atividade do alumínio na solução do solo tem sido a principal característica associada, de modo negativo, ao crescimento radicular, conforme trabalhos com algodão e café (ADAMS e LUND, 1986; BRACCINI et al., 2000), havendo demonstrações de que o gesso pode reduzir a atividade do alumínio em solução como no trabalho realizado por Alva et al. (1991). Também, em consequência de seu uso, constataram-se, em análises do perfil do solo, aumentos nos teores de Ca e nos valores do pH, assim como diminuição no H + Al (CHAVES et al., 1988), com conseqüente proliferação de raízes no subsolo e maior aproveitamento de água e de nutrientes pelas plantas (SOUSA, 1986). Por outro lado, o gesso pode provocar lixiviação de magnésio e de potássio das camadas mais superficiais do solo, expondo as plantas a eventuais deficiências (SHAINBERG et al., 1989).

Ao entrar em contato com o solo, o gesso agrícola sofre dissolução (DIAS, 1992; PITTA et al., 2002) conforme a seguinte equação:  $2 \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{CaSO}_4^0 + 3 \text{H}_2\text{O}$ .

Uma vez na solução do solo, o íon  $\text{Ca}^{+2}$  pode reagir no complexo de troca do solo, deslocando  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , para a solução do solo, que podem, por sua vez, reagir com o  $\text{SO}_4^{2-}$  formando  $\text{AlSO}_4^+$  (que é menos tóxico para as plantas) e os pares iônicos neutros:  $\text{K}_2\text{SO}_4^0$  e  $\text{MgSO}_4^0$ , além do  $\text{CaSO}_4^0$ . Os pares iônicos apresentam grande mobilidade ao longo do perfil, ocasionando uma descida de cátions para as camadas mais profundas do solo (DIAS, 1992). A neutralização do alumínio trocável pela adição de gesso, pode ocorrer, de diversas formas: precipitação na forma de  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , em face da liberação de  $\text{OH}^-$  para a solução

proporcionada pela adsorção de sulfato; formação do complexo de  $AlSO_4^+$  que é menos tóxico às plantas; formação de par iônico  $AlF^{2+}$  decorrente da presença de  $F^-$  no gesso agrícola; precipitação de minerais de sulfato de Al, como alunita e basaluminita, por exemplo, decorrente do aumento da concentração de sulfato na solução (DIAS, 1992; PITTA et al., 2002).

As reduções do teor de alumínio trocável com a adição de gesso, observadas por inúmeros autores (CHAVES et al., 1988; PAVAN et al., 1984; SUMNER et al., 1992), provavelmente estão relacionadas à precipitação do alumínio com o sulfato.

Por outro lado, Saigussa & Toma (1997) propuseram o seguinte mecanismo para explicar a redução do alumínio trocável: primeiramente, o  $Al^{3+}$  trocável adsorvido nos sítios de troca seria liberado na solução do solo em decorrência do aumento da força iônica causada pela aplicação do gesso e, após, os monômeros de  $Al^{3+}$  presentes na solução seriam polimerizados. Finalmente, estes polímeros de alumínio seriam seletivamente e irreversivelmente fixados nos sítios de troca catiônica dos colóides do solo.

Portanto, as reações envolvendo tanto a adsorção do sulfato, quanto a precipitação do alumínio no solo, poderiam levar a processos que diminuem a lixiviação de sulfato, afetando assim a movimentação dos cátions acompanhantes (Wadt & Wadt, 1999 e 2000).

Em trabalho realizado por Oliveira et al. (2002) em solo ácido, constatou-se que a calagem aumentou o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis e solúveis, diminuiu o Al nas duas fases (sólida e solução do solo), e o K na fase líquida. A adição de gesso não afetou o pH e aumentou o Ca trocável e a concentração de todos os cátions (Ca, Mg, K e Al) na fase líquida. A preferência dos cátions pelas cargas negativas, no solo calcariado, seguiu a ordem:  $Al > Ca > Mg > K$ ; nos tratamentos com gesso, a preferência variou com a dose e, para alguns nutrientes, o comportamento foi o oposto daquele verificado com a calagem. O gesso, mesmo apresentando menor teor de Ca que o calcário, foi o produto que mais aumentou o teor de Ca solúvel e, por isso, pode ser uma boa alternativa para suprir esse nutriente em situações onde haja necessidade de alta concentração na solução e/ou alta mobilização no perfil.

Em estudo efetuado por Vieira et al. (1997), para avaliar a lixiviação de Ca e Mg em Cambissolos, Latossolos e Podzólicos em função de doses de gesso de 0,

2,5, 5,0 e 10 t ha<sup>-1</sup>, estes autores constataram que a quantidade de areia existente no solo foi a propriedade individual do solo que mais se associou com as quantidades de nutrientes lixiviados. A aplicação de gesso agrícola causou lixiviação de Ca e de Mg em todos os solos, com magnitude variável de acordo com o tipo de solo, e lixiviou K somente nos solos arenosos. Assim, situações onde haja necessidade de aprofundamento de Ca ou de Mg no perfil, como ocorre em subsolos ácidos, o gesso é uma boa alternativa para deslocar esses nutrientes no perfil de qualquer tipo de solo, e para K, esse aprofundamento só ocorre significativamente em solos com altos teores de areia.

No trabalho de Crusciol et al. (2005b), a aplicação de calcário isoladamente, ou combinado com gesso proporcionou alterações em atributos químicos do solo como a elevação dos valores de pH, na camada superficial do solo, principalmente nas amostragens de 6 e 18 meses após a aplicação. A maior solubilidade do gesso, em relação ao calcário, e a presença de um anião estável (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), pode ter contribuído para que a aplicação de calcário em combinação com gesso, promovesse a elevação dos valores de pH em subsuperfície, mais rapidamente do que nas parcelas que receberam apenas calcário. Não obstante, houve efeito significativo na redução da acidez potencial na camada de 20-40cm com adição de gesso, independente da adição de calcário; além do aumento do teor de cálcio em superfície pela adição do gesso e calcário isolados ou combinados. Por outro lado, a adição de gesso isolado evidenciou a redução de Mg nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm.

Ramos et al. (2006) com a aplicação de 2500 e 5000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso em um Neossolo Quartzarênico colocado em colunas e incubados durante quarenta dias e com o fornecimento de 2.000 mm de água destilada neste período, constataram que o gesso aumentou a disponibilidade de Ca trocável em todas as profundidades das colunas de lixiviação.

A avaliação de um solo aluvial cultivado com arroz com o uso de gesso, estudado por Mesquita et al. (1997), foi possível observar redução no teor de Al no perfil do solo, o qual é explicado pela complexação do Al pelo SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e formando o par iônico AlSO<sub>4</sub><sup>+</sup>, reduzindo assim a presença da forma tóxica de Al<sup>3+</sup>. Também verificaram uma diminuição dos teores de K no solo com o aumento das doses de gesso, na profundidade de 0 a 20 cm. Admite-se a relação entre o ânion SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> do gesso, com K no solo, formando K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub><sup>0</sup> que se movimenta para camadas

subsuperficiais, aumentando o teor de K na profundidade de 20 a 40 cm e evidenciando sua movimentação no perfil do solo pela ligação com o sulfato. Por outro lado, a lixiviação de K foi menor quando na presença de maiores teores de Ca e Mg, ou seja, a calagem com o gesso contribuem para menores perdas de K.

Segundo Pavan (1986), as influências na disponibilidade de Al para as plantas, quer sejam pela formação de complexos solúveis ( $\text{AlSO}_4^+$ ), insolúveis ( $\text{AlSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) e hidróxido de alumínio induzido pelas reações de troca do  $\text{OH}^-$  pelo  $\text{SO}_4^{2-}$ , constituem-se em uma das principais vantagens do gesso em solos ácidos, principalmente em condições de acidez subsuperficial. Desta forma, a gessagem pode ser utilizada em solo ácidos para melhorar as características químicas, fonte de Ca e  $\text{SO}_4$  e aumentos nos teores de Ca e diminuições nos teores de Al, principalmente na subsuperfície do solo (Roth et al., 1986). Com isto, segundo Pavan (1986), proporciona uma maior penetração das raízes em profundidade e, conseqüentemente, melhorar a utilização de água e nutrientes.

Segundo Malavolta (1992), teores de cálcio podem aumentar em profundidade em conseqüência de dissolução do gesso na superfície, com formação do par iônico, que permanece neutro na solução que está descendo no perfil até encontrar valores mais baixos de pH, quando então inicia-se a troca ou adsorção do  $\text{S-SO}_4^{2-}$  e do  $\text{Ca}^{2+}$  por íons  $\text{OH}^-$  e  $\text{Al}^{3+}$  da superfície das partículas do solo. Esse autor afirma também que a lixiviação de cálcio será tanto mais rápida quanto menor for a adsorção de  $\text{S-SO}_4^{2-}$  na argila.

A presença de Al trocável no solo prejudica o crescimento das culturas/cultivares sensíveis, reduzindo a exploração do solo pela queda de produtividade. Silva et al. (1984) constataram que genótipos de sorgo mais tolerantes ao Al trocável conseguem se desenvolver em ambiente com Al, no entanto outros genótipos sensíveis se desenvolvem apenas até a profundidade em que não há Al trocável. Não obstante, as plantas tolerantes possuem mecanismos de tolerância ao Al enquanto que nas plantas sensíveis o Al prejudica a divisão celular.

O efeito negativo da acidez do solo e da toxidez por Al na produção agrícola não tem sido observado na maior parte dos solos cultivados no SPD, e a ausência de resposta das culturas à calagem, nesse caso, tem sido comum (CAIRES et al., 1998, 1999, 2006; ALLEONI et al., 2003, 2005). A menor toxicidade do Al encontrada no SPD está associada com a complexação do elemento pela MO,

formando complexos com o carbono orgânico dissolvido, segundo Zambrosi et al. (2007a).

### 2.3 Uso do gesso para diferentes culturas

A ocorrência de deficiência de S em diferentes culturas se deve a diversos fatores, entre eles: uso de formulações concentradas; baixo consumo de fertilizantes simples contendo S (sulfato de amônio e de potássio); cultivos sucessivos sem a reposição do exportado pela cultura; manejo inadequado do solo possibilitando a diminuição de seu teor de matéria orgânica (DIAS, 1992). Não obstante, há solos com deficiência natural de enxofre em regiões tropicais e a redução no uso de enxofre elementar como fungicida, além de outras práticas agrícolas acarretaram redução nos níveis de enxofre no solo e significativo aumento de demanda desse elemento por decorrência do aumento da produtividade agrícola, reforça Vitti (1988). Isto reforça as vantagens da utilização do gesso.

Segundo Summer (1992), o gesso agrícola tem sido utilizado como fertilizante e para correção de solos salinos. Nesse sentido, inúmeros trabalhos têm sido observado a qualidade do gesso agrícola como fonte de cálcio em macieira em regiões onde o pH é alto e o teor de Ca trocável é baixo (SUZUKI et al., 1992), na neutralização do efeito tóxico do alumínio em culturas anuais e pastagens (GUIMARÃES, 1985) ou, ainda, como fonte de enxofre em arroz, feijão, soja, trigo, sorgo sacarino, café e pastagens (VITTI et al., 1985) e aumento de rendimento na cultura de algodão em função da aplicação de gesso, segundo Silva et al. (1997).

Silva et al. (1997), verificaram que a aplicação de gesso também proporcionou gradativa percolação de enxofre e de bases e, simultaneamente, aumentos significativos nos teores foliares de S, Ca e Mg, bem como nos dados de produtividade. Em consequência da melhoria subsuperficial do solo ocorreu maior aprofundamento do sistema radicular na cultura do algodoeiro. Silva et al. (1997) também verificaram que nos cultivos seguintes, o gesso proporcionou uma gradativa diminuição dos teores foliares de Mg e, em especial, de K. Não se detectou, no entanto, sintoma algum de deficiência de K, Mg e S no tecido foliar.

Segundo Tanaka et al. (2002) houve acréscimos significativos nos teores foliares de enxofre na cultura da soja com a aplicação de gesso. De acordo com estes autores espera-se que ocorra resposta da soja ao gesso quando aplicado em

solo que apresenta na camada subsuperficial, deficiência de cálcio e enxofre e toxidez de alumínio.

Por outro lado, a aplicação de gesso em superfície, na implantação do sistema de plantio direto, implicou em aumento no teor de S na folha bandeira da aveia-preta. Entretanto, não influenciou a produtividade de grãos da aveia-preta, avaliado por Cruciol et al. (2005a).

Segundo Moraes et al. (1998), o fornecimento de gesso ocasionou a lixiviação do K trocável da camada superficial para a camada 20-40 cm do solo. Entretanto, neste trabalho a gessagem não influenciou nos componentes de rendimento e na produção de grãos, provocando apenas aumento no tempo de cozimento dos grãos de feijão.

Bissani et al. (1997), com o objetivo de reduzir a acidez em solo sob sistema de plantio direto, constataram que no lixiviado o pH foi mais elevado com a aplicação de calcário, também aumentou o pH e neutralizou o  $\text{Al}^{3+}$  trocável na camada superficial e em profundidade, comprovando a movimentação do corretivo. Já com uso do gesso foram identificados os menores valores de pH, isto pode ser devido ao deslocamento de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis pelo Ca. O gesso promoveu o movimento do Al no perfil, provavelmente em função da grande adição de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ . O gesso também alterou o teor de Mg em todas as profundidades além de grande aumento do teor de Mg no lixiviado, provavelmente pelo fato do Ca assumir os pontos de troca e a presença do íon  $\text{SO}_4^{2-}$  que facilitou o deslocamento do Mg. Não obstante, a presença do íon  $\text{SO}_4^{2-}$  promoveu grande e rápido deslocamento dos cátions no perfil do solo analisado.

Em experimento realizado por Caires et al. (2003), o uso do gesso proporcionou alterações nas reações químicas do subsolo, aumentando o pH ( $\text{CaCl}_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ), os teores de Ca e S- $\text{SO}_4^{2-}$ , bem como a concentração de P na camada superficial do solo (0-5 cm). No tecido foliar da soja, aumentou o teor de Ca e reduziu o de Mg no solo e nas folhas, comprovando que o Mg trocável foi lixiviado pela aplicação de gesso, prejudicando a absorção deste pelas plantas, e não afetou as concentrações de K na folha. Isto demonstra a eficiência da aplicação de gesso na melhoria do ambiente radicular no subsolo com atuação direta no tecido foliar. No entanto, os teores de nutrientes no tecido foliar mantiveram-se em níveis considerados suficientes para a soja, independente das alterações ocorridas com as

doses de gesso aplicadas, concluindo que não houve resposta significativa na produção de soja, com a aplicação gesso.

Em trabalho realizado com a cultura da seringueira, para testar o efeito do gesso na nutrição das plantas, foi possível reforçar que apesar do gesso não ter causado aprofundamento do sistema radicular e efeitos sobre o tecido foliar, constatou-se elevação nos teores de Ca, Mg e K até a camada de 20 a 40 cm de profundidade (CASCARDO et al., 1993).

Rodrigues et al. (2002) constataram que o *Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina respondeu positivamente em produção de matéria seca da parte aérea às doses de gesso associado a calcário independentemente de ser calcário calcítico ou dolomítico. A produção de matéria seca do sistema radicular na profundidade de 15-30 cm foi bastante dependente da aplicação de gesso, o que confirma a sua importância na correção da camada subsuperficial. Da mesma forma, a aplicação de gesso também promoveu o aumento da produção de matéria verde, matéria seca e altura de plantas em capim-tanzânia (CUSTÓDIO et al., 2005).

Caires et al. (2006) acompanhou o efeito da calagem superficial nas doses de 0, 2,5, 5,0, 7,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico nos cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto, onde foi caracterizado que o calcário aplicado na superfície aumentou o pH, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> e reduziu o Al<sup>3+</sup> do solo até a profundidade de 10 cm. No entanto, o uso de gesso não interferiu no rendimento das culturas neste experimento.

Em trabalho com citros, para avaliar a associação calcário e gesso, Rego et al. (1997) observaram elevação de pH e dos teores de cálcio e magnésio trocáveis, saturação por bases, e menores teores de alumínio trocável no solo. Já a aplicação isolada de gesso agrícola possibilitou valores superiores de cálcio trocável. Tal relação sugere que a aplicação conjunta de calcário e gesso em áreas com culturas comerciais proporciona melhores condições às plantas do que quando aplicados isoladamente, pois cada produto tem uma área de atuação no perfil do solo.

Na avaliação do capim-braquiária em experimento realizado com a adição de doses crescentes de gesso (0; 500; 1000; 2000; 3000; 4000 kg ha<sup>-1</sup>) em Latossolo Amarelo, por Santos et al. (2005), foi possível concluir que o rendimento de massa seca da parte aérea foi influenciado pelas doses de gesso até o terceiro corte (realizado a cada 30 dias), no qual se obteve as maiores respostas.

Segundo Sousa & Ritchey (1986), a resposta ao gesso agrícola no cerrado como melhorador do ambiente radicular em profundidade tem sido observada para culturas anuais importantes, como é o caso do soja, milho e trigo submetidos à verânicos na época de floração com incrementos de produtividade de 14%, 72% e 59%, respectivamente, em função do uso do gesso. Tais resultados são atribuídos à melhor distribuição das raízes em profundidades nas camadas do solo, o que propícia às plantas o aproveitamento de maior volume de água quando ocorre verânico.



## 3 OBJETIVOS

### 3.1 Objetivo Geral

Avaliar a influência do uso do gesso nas características químicas do Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa na produtividade das culturas de trigo e soja, sob sistema de plantio direto.

### 3.2 Objetivos Específicos

Avaliar a produtividade das culturas de trigo e soja em função de doses crescentes de gesso aplicado em superfície.

Influência do gesso nos teores de Al, Ca, Mg, K e S no perfil do solo e no tecido foliar das culturas de trigo e soja.

Avaliar o uso do gesso na correção da acidez subsuperficial do solo.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Descrição da área experimental

O experimento foi realizado em duas pequenas propriedades do município de Guaíra-PR, com as seguintes coordenadas geográficas: Local 1: Longitude – 54° 14` 23`` O e Latitude – 24° 09` 36`` S; Local 2: Longitude – 54° 12` 12`` O e Latitude – 24° 18` 38`` S.

As áreas vêm sendo utilizadas em sistema de plantio direto há 15 anos em sucessão de culturas, utilizando soja no verão e trigo/milho no inverno, em solo classificado como Latossolo Vermelho eutroférico com textura muito argilosa e de média fertilidade para o Local 1 e como Latossolo Vermelho eutroférico com textura muito argilosa e de alta fertilidade para o Local 2 (Tabela 2).

Nas duas áreas, seis meses antes da instalação do experimento (outubro de 2005), foi realizada calagem superficial do solo com aplicação de 1.650 kg ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico com PRNT de 70%, seguida de subsolagem profunda, em função da presença de adensamento na camada entre 15-30cm no solo, e posterior cultivo da soja.

Na figura 1 encontram-se os dados de precipitação pluviométrica monitorada para os dois locais durante o período de acompanhamento do experimento.

Tabela 2 - Resultado da análise química e física do solo da área experimental nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40cm para os dois locais

Característica	Unidade	Local 1			Local 2		
		0-10cm	10-20cm	20-40cm	0-10cm	10-20cm	20-40cm
pH <sup>(1)</sup>		4,8	4,1	4,1	5,8	5,4	4,8
Al <sup>(2)</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,20	0,35	0,45	0,00	0,00	0,00
H+Al <sup>(3)</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,61	4,28	4,96	3,40	3,60	3,90
Ca <sup>(2)</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,77	4,04	3,77	6,20	6,03	5,89
Mg <sup>(2)</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,98	1,85	1,60	1,64	1,50	1,40
K <sup>(4)</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,59	0,35	0,26	0,40	0,35	0,28
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	7,34	6,24	5,63	8,24	7,88	7,57
CTC pH7,0	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	11,95	10,52	10,59	11,64	11,48	11,47
V	%	61,42	59,32	53,16	70,79	68,64	66,00
m	%	2,65	5,31	7,40	0,00	0,00	0,00
MO	g kg <sup>-1</sup>	20	15	11	26	22	19
P <sup>(4)</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	12,32	7,19	3,11	15	12	8
S <sup>(5)</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	11,43	18,5	21,49	9,27	9,5	12,15
Cu <sup>(4)</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	3,3	4,1	4,6	4	4,3	4,4
Mn <sup>(4)</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	75	69	46	77	60	57
Zn <sup>(4)</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	2,7	2,3	1,4	3,3	2,9	2,5
Fe <sup>(4)</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	19,1	25,4	24,5	21	26	29
Areia <sup>(6)</sup>	g kg <sup>-1</sup>	66	74	55	63	64	64
Silte <sup>(6)</sup>	g kg <sup>-1</sup>	204	129	145	190	132	133
Argila <sup>(6)</sup>	g kg <sup>-1</sup>	730	797	800	747	804	803

(<sup>1</sup>)pH em CaCl<sub>2</sub>, relação 1:2,5. (<sup>2</sup>)Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>. (<sup>3</sup>)Extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0. (<sup>4</sup>)Extrator Mehlich<sup>-1</sup>. (<sup>5</sup>)Extrator Ca (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 500 mg L<sup>-1</sup> de P em HOAc 2 mol L<sup>-1</sup> (Embrapa, 1999). (<sup>6</sup>)Método do densímetro (Embrapa, 1997).

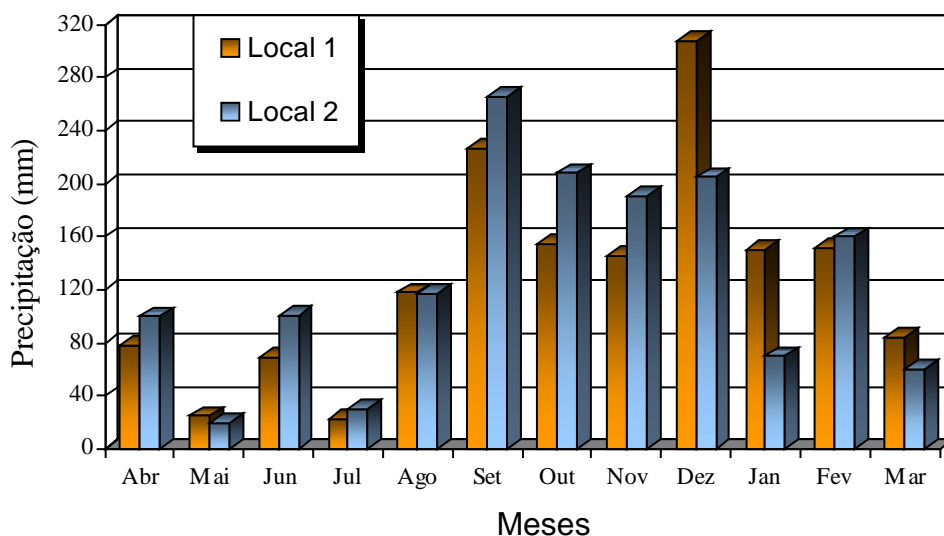


Figura 1 – Precipitação pluviométrica mensal para o Local 1 e Local 2, no período de abril de 2006 e março de 2007 durante a experimentação a campo.

## 4.2 Instalação do experimento

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com seis repetições. Foram avaliadas seis doses de gesso agrícola (17% de Ca, 15% de  $\text{SO}_4^{2-}$ ) compreendendo 0, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000  $\text{kg ha}^{-1}$  de gesso agrícola totalizando 36 parcelas experimentais. As parcelas avaliadas tinham área total de 12,00  $\text{m}^2$ , e área útil de 5,40  $\text{m}^2$  para a cultura da soja e 1,92  $\text{m}^2$  de área útil para a cultura de trigo.

A aplicação do gesso em superfície em dose única foi realizada em abril de 2006, portanto, seis meses após a aplicação de calcário. Durante o período de realização do experimento efetuou-se o cultivo sucessivo de trigo-soja na área experimental.

Na semeadura de trigo utilizou-se a variedade CD-104, por ser a variedade mais cultivada na região e a mais produtiva, no entanto é classificada como moderadamente sensível quanto a tolerância ao Al.

Para a cultura do trigo, em ambos locais, foi utilizado o espaçamento de 16 cm. Durante a semeadura, utilizou-se 65 sementes por metro linear, com 270  $\text{kg ha}^{-1}$  do fertilizante NPK 17-17-17 com o intuito de fornecer toda a adubação na base, e seguindo a recomendação à cultura de trigo, baseado na análise do solo (EMBRAPA, 2005). Durante o cultivo do trigo, houve necessidade de controle de lagarta *Spodoptera* sp. com aplicação de cipermetrina, lufenuron para lagarta do trigo, pyraclostobim + epoxiconazole para as doenças foliares como ferrugem e manchas foliares. Por outro lado, a lavoura foi prejudicada por verânicos que ocorreram nos meses de julho e agosto (mesma estiagem para ambos os locais), interferindo na produtividade da cultura, e também reduzindo os possíveis efeitos da gessagem. Durante a colheita, houve problemas com excesso de chuvas, reduzindo ainda mais a produtividade da área experimental (Figura 1).

Na semeadura da soja, em ambos locais, utilizou-se a variedade transgênica CD-214RR, a qual é tolerante a alumínio e rústica. A opção por esta variedade foi devido a alta infestação de leiteiro na área experimental. O espaçamento utilizado na área experimental para a cultura da soja foi de 45 cm. Durante a instalação da cultura, colocou-se 18 sementes por metro linear, com 250  $\text{kg ha}^{-1}$  do fertilizante NPK 0-20-20 realizando a adubação na base, e seguindo a recomendação da EMBRAPA (2006) para a semeadura de soja, baseado na análise

do solo. Durante o cultivo da soja, foi necessário a aplicação de fludioxonil + metalaxyl-m no tratamento de semente para controlar fungos das sementes e protege-las contra fungos do solo, duas aplicações de glyphosate para eliminar ervas da área, duas aplicações de cipermetrina para controlar lagartas iniciais, 2 aplicações de metamidofós para controlar lagartas e percevejos, além de 2 aplicações com pyraclostobim + epoxiconazole para proteger contra ferrugem e doenças de final de ciclo. No período de cultivo da soja, houve maior estiagem no local 2 em relação ao local 1 (Figura 1).

#### 4.3 Coleta das amostras de solo e folhas

Após cada cultivo foram retiradas três amostras simples para compor uma amostra composta de solo nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-40 cm em cada parcela para avaliar os teores de Ca, Mg, K, S, Al, H+Al e pH do solo. As coletas das amostras de solos ocorreram em outubro de 2006 e abril de 2007. Para as culturas de trigo e soja foram coletadas amostras de tecido foliar em pleno florescimento conforme os procedimentos recomendados quanto à época e folha amostrada, de acordo com Malavolta et al. (1997), para avaliação dos teores de Ca, Mg, K, S e Al no tecido foliar. Para a cultura do trigo foram coletadas as folhas bandeira de 30 plantas no início do florescimento, em cada parcela experimental. Na cultura da soja foi coletada a 3ª ou 4ª folha do ápice para a base de 30 plantas da parcela útil.

#### 4.4 Variáveis avaliadas

A determinação do pH do solo foi realizada em solução de  $\text{CaCl}_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>. Quanto ao teor de potássio no solo, foi extraído por Mehlich-1 e os teores de alumínio, cálcio e magnésio no solo foram obtidos por extração prévia com KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. A determinação dos teores de Ca, Mg e K foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica e o teor de Al por titulação com hidróxido de sódio 0,015 mol L<sup>-1</sup>. Na determinação de H+Al utilizou o extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> pH 7,0 e em seguida por titulação com hidróxido de sódio 0,1 mol L<sup>-1</sup> obteve-se o valor de H+Al (TEDESCO et al., 1995). Em seguida foram calculados os valores de saturação por Al (m), saturação por bases (V%), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (CTCef)

Para a avaliação dos teores de cálcio, magnésio, potássio, alumínio e enxofre no tecido foliar, primeiramente realizou-se a digestão das amostras em meio ácido utilizando a mistura nítrico-perclórica na proporção 3:1. Em seguida determinou-se os teores de K, Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O teor de Al foi determinado pelo complexo colorido formado entre o Al e o reagente orgânico eriocromo cianina R (ECR), que absorve luz na região de 535 nm, sendo este complexo estável entre 10 e 30 minutos (EMBRAPA, 1999).

O teor de S no solo, foi extraído com  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  500 mg L<sup>-1</sup> de P em HOAc 2 mol L<sup>-1</sup> e dosado por turbidimetria em espectrofotometria UV-vis. Enquanto que para o teor de S foliar, as amostras de tecido vegetal foram digeridas previamente em solução ácida ( $\text{HNO}_3$  e  $\text{HClO}_4$ ), e dosadas por turbidimetria (EMBRAPA, 1999).

Após a colheita de cada parcela foi avaliada a massa de 1000 grãos e produtividade das culturas de trigo e soja. A massa de 1000 grãos foi obtida a partir de valores médios de quatro subamostras de 100 sementes de cada parcela experimental. A produção de cada parcela teve a umidade corrigida para 13% em base úmida e os resultados expressos em kg ha<sup>-1</sup>.

#### 4.5 Análise dos dados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão utilizando o programa SAEG 8.0 (1999). Os modelos que melhor se ajustaram aos dados foram escolhidos com base na significância pelo teste F, considerando os níveis de 5 e 1% de probabilidade e no maior valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise estatística

Inicialmente submeteu-se os dados à análise de variância para cada local em separado e avaliou-se a razão entre os valores dos quadrados médios dos resíduos dos locais. Como em nenhum dos casos a razão foi superior a 7, de acordo com a recomendação de Pimentel Gomes (1987), optou-se pela análise conjunta dos experimentos.

Entre as características químicas do solo não houve efeito significativo para a interação entre local x dose de gesso. Desta forma, realizou-se a análise de regressão em função das doses de gesso. Por outro lado, no tecido foliar houve interação significativa entre doses de gesso e local para as seguintes variáveis: concentração de Ca e Mg no tecido foliar de trigo e soja e para concentração de S no tecido foliar de soja. Nestes casos foi realizado o desdobramento da análise de variância e de regressão para cada local.

A aplicação de gesso agrícola influenciou significativamente a maioria das características químicas do solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm de profundidade, como os teores de Ca, Mg e S e o teor de Al do local 1, conseqüentemente, influenciou os teores de soma de bases, CTCefetiva e saturação por Al nas três camadas avaliadas e saturação por bases na camada de 20-40 cm. No caso do tecido foliar o uso do gesso influenciou os teores de Ca, Mg e S no tecido foliar do trigo e nos teores de Ca, Mg, Al e S para a cultura da soja de acordo com os resultados apresentados nas tabelas 3A – 20A, em anexo.

As produtividades e massa de 1000 grãos de trigo e soja em diferentes doses não foram significativamente influenciadas pela aplicação de gesso na avaliação geral, com exceção para a cultura do trigo no local 1 (Tabela 17A e 19A).

## 5.2 Modificações das características químicas do solo

Em ambos os locais onde foram realizados os experimentos, primeiramente realizou-se a calagem seis meses antes aplicação do gesso, para corrigir a acidez superficial. A aplicação de calcário antes de gesso proporciona condições ideais para que o calcário possa reagir na solução do solo e aumentar o pH, e em seguida o gesso terá possibilidade de arrastar Ca e Mg adicionado na calagem pela formação de par iônico com o íon sulfato (MARKET et al., 1987).

A adição de gesso ao solo até a dose de  $5000 \text{ kg ha}^{-1}$  não influenciou os valores de pH do solo nas três profundidades avaliadas (Figura 2), com exceção aos doze meses após aplicação, no qual houve efeito significativo na camada de 10-20 cm. O valor máximo de pH encontrado na camada de 10-20 cm é de 4,88 com a aplicação de  $2250 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso (Figura 2-b). Na camada de 0-10 cm houve redução de pH em relação ao valor médio do pH inicial enquanto que nas camadas de 10-20 cm houve aumento de pH.

O pH do solo reduz com o aprofundamento nas camadas. A camada de 0-10 cm apresenta pH maior enquanto que as camadas de 10-20 e 20-40 cm possuem pH mais baixo. Na média geral o pH após seis meses da aplicação de gesso foi maior que o pH avaliado após um ano, sendo que a primeira coleta do solo foi realizada em outubro de 2006 e a segunda em abril de 2007 (Figura 2 e 10A). Não obstante, apenas na camada de 10-20 cm observou redução do pH em função da adição de doses maiores que  $2250 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso. A redução do pH pode estar relacionado ao fato de que com o deslocamento de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  pelo  $\text{Ca}^{2+}$ , após dissociação do sulfato de cálcio, ocorre liberação de acidez potencial para acidez ativa de acordo com Bissani et al. (1997). Em comparação com o valor inicial apenas na camada de 20-40 cm houve um aumento do pH. O aumento do pH com o uso do gesso pode ser explicado pela substituição de  $\text{OH}^-$  por  $\text{SO}_4^{2-}$  em solos com predomínio de cargas variáveis, como os latossolos (PAVAN, 1986).



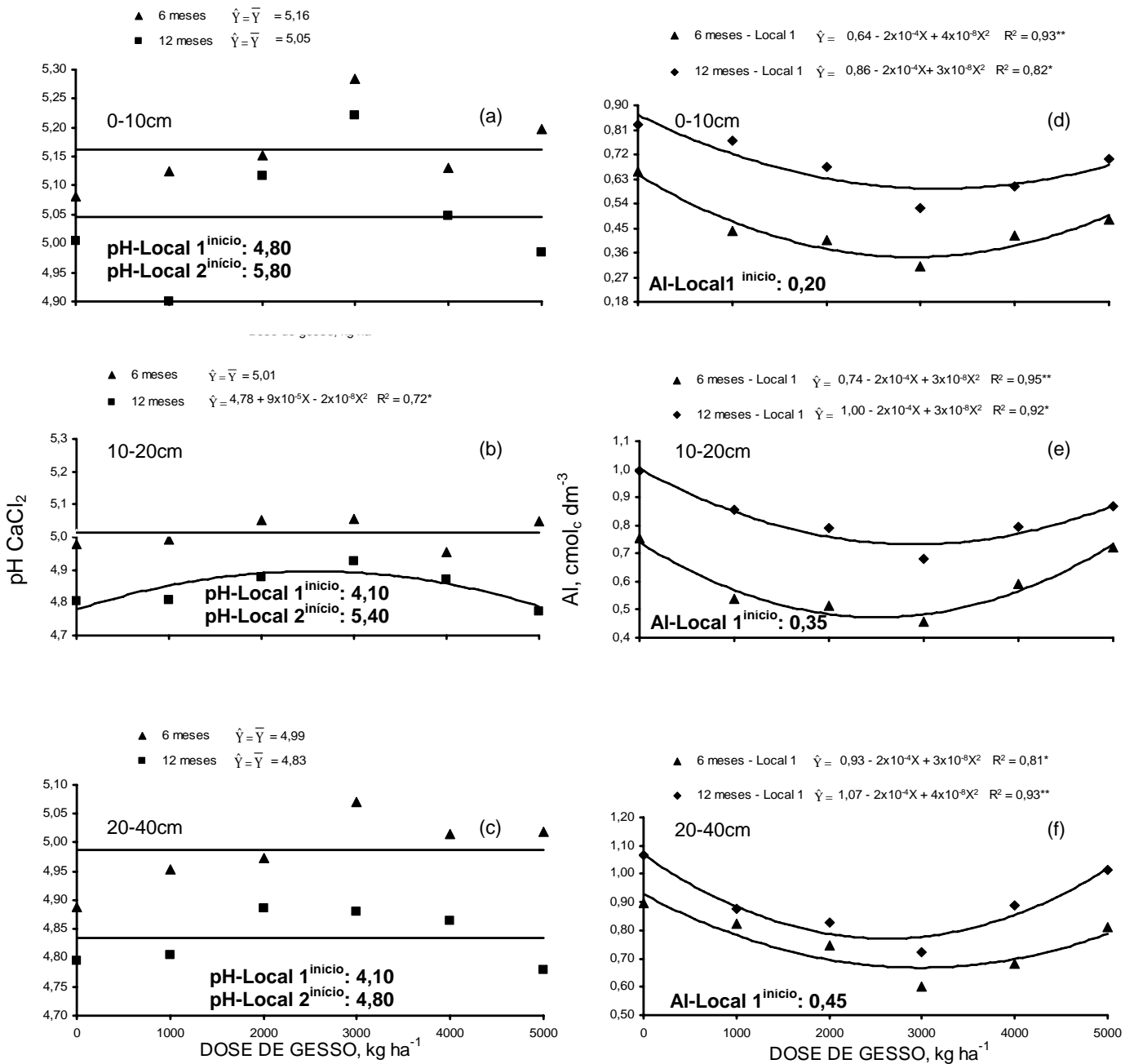


Figura 2. pH CaCl<sub>2</sub>(a,b,c) e teor de Al (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola (pH CaCl<sub>2</sub>: média de dois locais e teor de Al: apenas Local 1).

Em estudos realizados para avaliar o efeito do gesso na acidez do solo, Ramos et al. (2006), Alcarde (1992), Caíres et al. (2003), Veloso et al. (1992) também constataram que o gesso não corrige acidez do solo. Pavan et al. (1984) em experimentos realizados com solos argilosos do Paraná também obtiveram os mesmos resultados. No presente trabalho, constatou-se efeito quadrático de pH na camada de 10-20 cm de profundidade com o uso do gesso, concordando com os resultados encontrados por Raij et al. (1994), Caíres et al. (2003), em que a utilização de gesso em Latossolo roxo ácido proporcionou redução da acidez, aumentando o pH. Segundo Raij et al. (1994), a adsorção de sulfato implica em dessorção de  $\text{OH}^-$  se for admitida a troca de ligantes, ou adsorção de  $\text{H}^+$  para a formação de carga positiva e portanto redução da acidez.

No local 2 não havia Al trocável no solo e com a adição de gesso esta condição permaneceu em todas as camadas. Desta forma, apenas os teores de Al do local 1 foram submetidos à análise estatística. No local 2, as doses de gesso utilizadas não influenciaram o comportamento do Al nas camadas analisadas até um ano após a aplicação do gesso neste local.

Em comparação ao valor inicial ocorreu aumento do teor de Al trocável no solo nas três profundidades para o local 1. O teor de Al trocável no local 1 apresenta teores menores nas camadas de 0-10, depois 10-20 e em seguida a camada de 20-40 cm com os teores mais altos, e com a adição de gesso agrícola tal condição não foi alterada (Figura 2). No entanto, com a adição de gesso houve redução quadrática do teor de Al no solo no local 1, com redução tanto no teor de Al no solo quanto na saturação por Al (m) (Figura 3). Não obstante, os menores teores de Al obtido nas três camadas avaliadas foi ao redor da dose de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso agrícola. Tal resultado condiz com os experimentos realizados por Blum et al., (2007) e Jesus et al. (2007), nos quais também encontraram redução do teor de Al com a aplicação de gesso em solos ácidos, concordando com Roth et al. (1986), Borges et al. (1997), Chaves et al. (1988), Wadt & Wadt (1999), os quais afirmam que tal redução do Al, proporciona maior crescimento e aprofundamento radicular principalmente na camada subsuperficial. Tal fato melhora a exploração de volume de solo, que implica em maior disponibilidade de água e nutrientes.

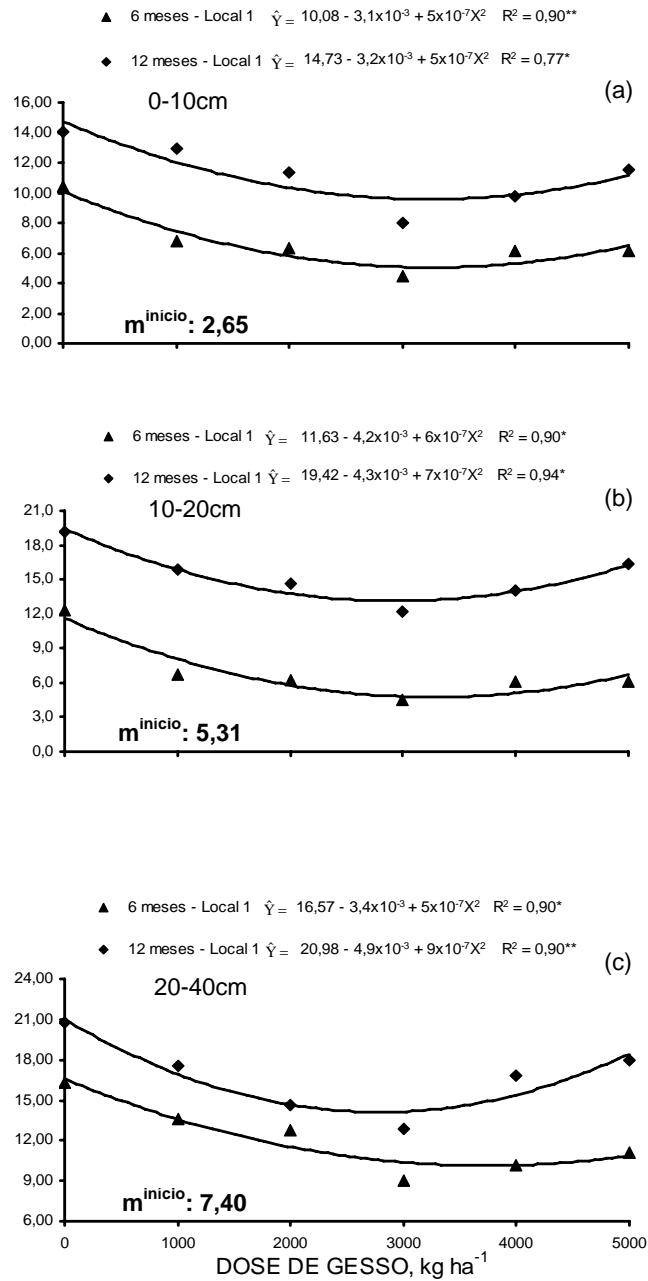


Figura 3. Saturação por alumínio no solo nas camadas de 0-10 (a), 10-20 (b) e 20-40cm (c) de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola para o Local 1.

O valor de Al encontrado nas três profundidades avaliadas sofreu interferência significativa da adição das doses de gesso (Figura 2). Nas camadas avaliadas provavelmente deve ter ocorrido adsorção química do sulfato. Wadt & Wadt (1999, 2000), também constataram aumento de Al com doses elevadas de gesso, Isto demonstra a necessidade de alta CTC efetiva nas camadas profundas para que ocorra redução de alumínio trocável. E mais ainda, o efeito significativo do gesso no acréscimo do valor de Al após a dose de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , pode ser devido a adsorção do sulfato pelas cargas positivas da argila em condições que favorecem o aparecimento destas cargas. Não obstante, quando há mais cargas negativas, reduz adsorção e proporciona condições mais adequadas a precipitação do sulfato com alumínio.

No presente trabalho observou-se redução de Al trocável e incremento de Ca, que permitiu alteração na saturação por Al. Observa-se que ambos estão interferindo na redução da saturação por Al, resultados também comprovados por Pavan et al (1984) e Summer (1992), os quais verificaram aumento de Ca e redução de Al em solos com alta saturação por Al e baixo teor de Ca. Entretanto, Caíres et al. (2007), encontrou redução na saturação por  $\text{Al}^{3+}$  tanto nas camadas superficiais quanto nas camadas subsuperficiais, ocasionada basicamente pelo aumento de  $\text{Ca}^{2+}$  trocável, em vista do teor de  $\text{Al}^{3+}$  trocável não ter sido influenciado pela aplicação de gesso.

A análise da saturação por Al nas camadas 0-10, 10-20 e 20-40 cm no solo aos seis e 12 meses permite constatar que a saturação por Al aumenta em profundidade. Nas camadas superiores a saturação por Al é menor enquanto que na camada 20-40 cm a saturação por Al é maior. Ao comparar as análises aos seis meses e 12 meses é possível notar que aos 6 meses havia menor teor de Al que aos 12 meses (Figura 3 e 11A).

A redução da saturação por alumínio ocorreu em todas as camadas (Figura 3), tanto aos seis quanto aos 12 meses até a dose de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , a partir da qual houve acréscimo da saturação por alumínio. A dose de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  é a mais indicada para solos com teores entre 70 – 80% de argila, de acordo com a recomendação de Souza et al. (1996). No entanto, o aumento do teor de Al e saturação por Al (Figura 02 e 03) a partir da dose de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$ , reforça o fato da ocorrência de trocas iônicas de  $\text{Al}^{3+}$  por  $\text{Ca}^{2+}$ , deslocando Al para a solução, aumentando a atividade de Al. Ou seja, com doses mais altas de gesso, pode ter

formação de pares iônicos com K, Ca e Mg promovendo a lixiviação dessas bases para fora do alcance das raízes e desta forma aumenta a atividade de Al e o valor de  $m(\%)$ .

O uso de gesso em solos sem problemas de acidez subsuperficial, como é o caso do local 2, pode aumentar a lixiviação de bases pela formação de pares iônicos  $\text{CaSO}_4^0$ ,  $\text{MgSO}_4^0$  e  $\text{K}_2\text{SO}_4^0$  e diminuir o seu nível de fertilidade como observado por Pavan (1986) e Matos et al. (2007). Realmente no local 2 ocorreu lixiviação de Ca, Mg nas três camadas e K em 10-20cm, principalmente devido a maior proporção destes cátions na CTC efetiva. Assim sendo, segundo Pavan (1986), os efeitos do gesso são mais pronunciados em solos com baixos teores de Ca e presença de Al em profundidade, como ocorre com o solo do local 1.

A adição de gesso ao solo proporcionou redução do teor de H+Al nas três profundidades em relação aos valores iniciais, entretanto, não houve efeito significativo da adição das doses de gesso no teor de H+Al.

A avaliação do H+Al em profundidade permite constatar que há maior concentração de acidez potencial na camada de 10-20cm tanto na avaliação aos seis meses quanto com um ano após aplicação do gesso (Figura 4).

A adição de doses crescentes de gesso reduziu linearmente a concentração de K do solo na profundidade de 0-10cm após um ano da aplicação e reduziu também a concentração na profundidade de 10-20cm, após seis meses da aplicação do gesso. Isto demonstra que o gesso agrícola arrastou K para as camadas mais profundas do solo (Figura 5). Por outro lado, o K ficou inalterado nos experimentos com gesso efetuados por Jesus et al. (2007).

O Mg assim como o K sofre interferência pela adição de gesso, a qual proporcionou mobilidade do Mg para as camadas mais profundas do solo. Em comparação aos valores de concentração de Mg antes da aplicação do gesso (Tabela 2), observa-se uma redução acentuada do teor de Mg em todas as camadas avaliadas (Figura 6). Resultados de decréscimo de Mg também foram encontrados por Jesus et al. (2007) em solo distrófico. Este decréscimo da concentração de Mg ocorreu tanto aos seis quanto aos 12 meses e nas três profundidade, com exceção apenas da camada de 20-40cm que após seis meses da adição das doses crescentes de gesso não influenciaram significativamente o teor de Mg. Mas, um ano após aplicação houve redução acentuada no teor de Mg.

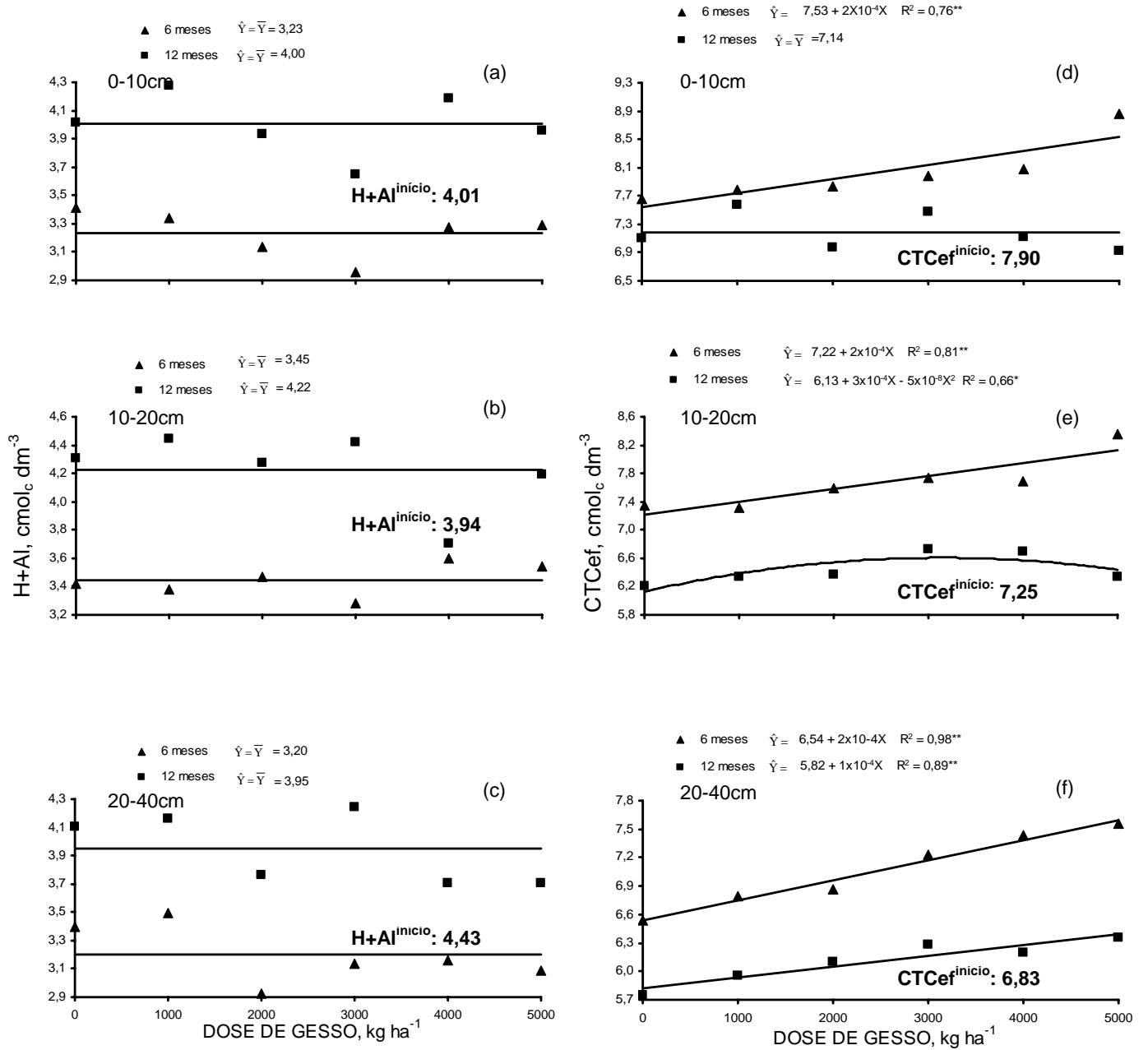


Figura 4. H+Al (a,b,c) e CTCef (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.

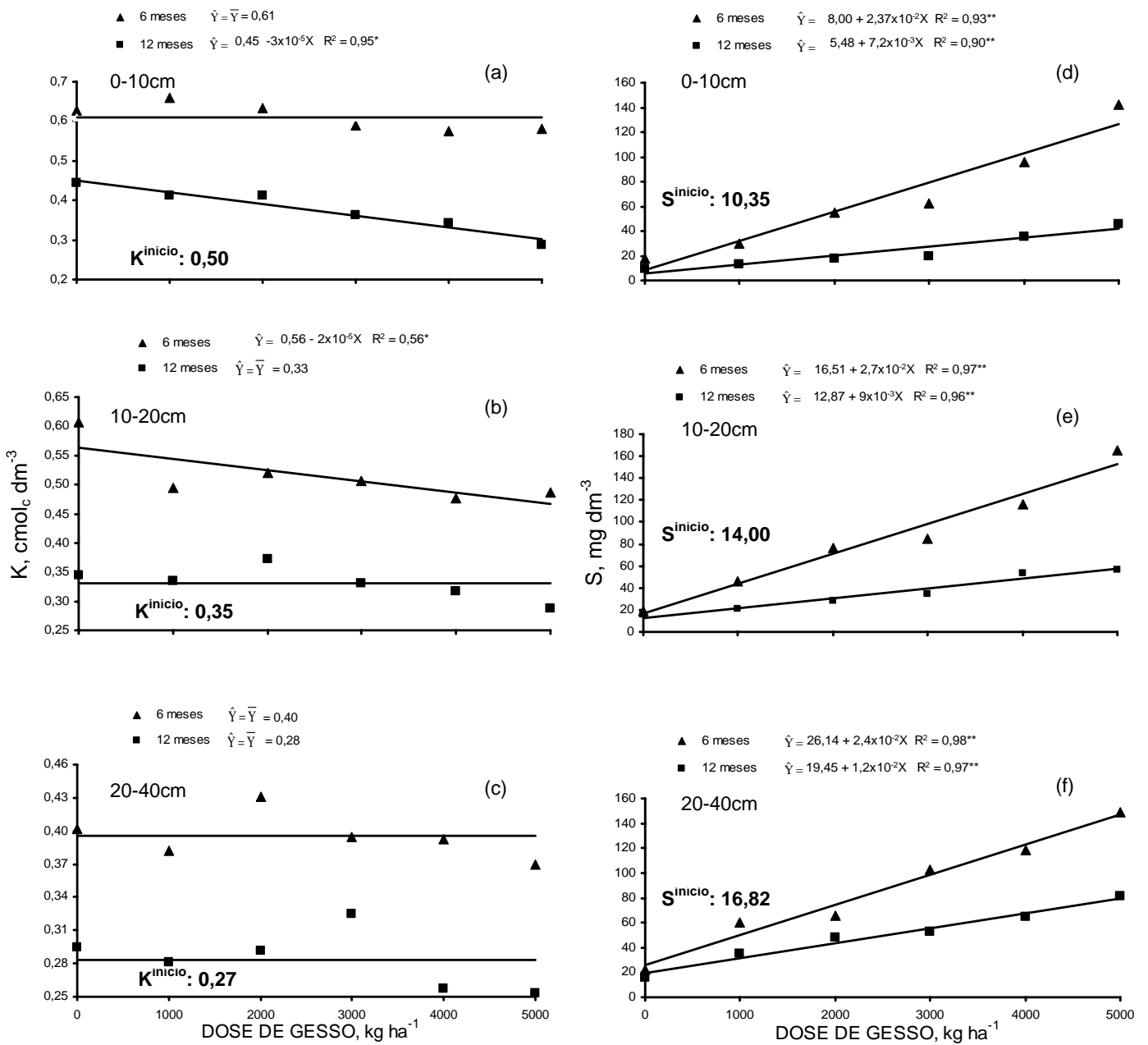


Figura 5. Teores de K (a,b,c) e S (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.

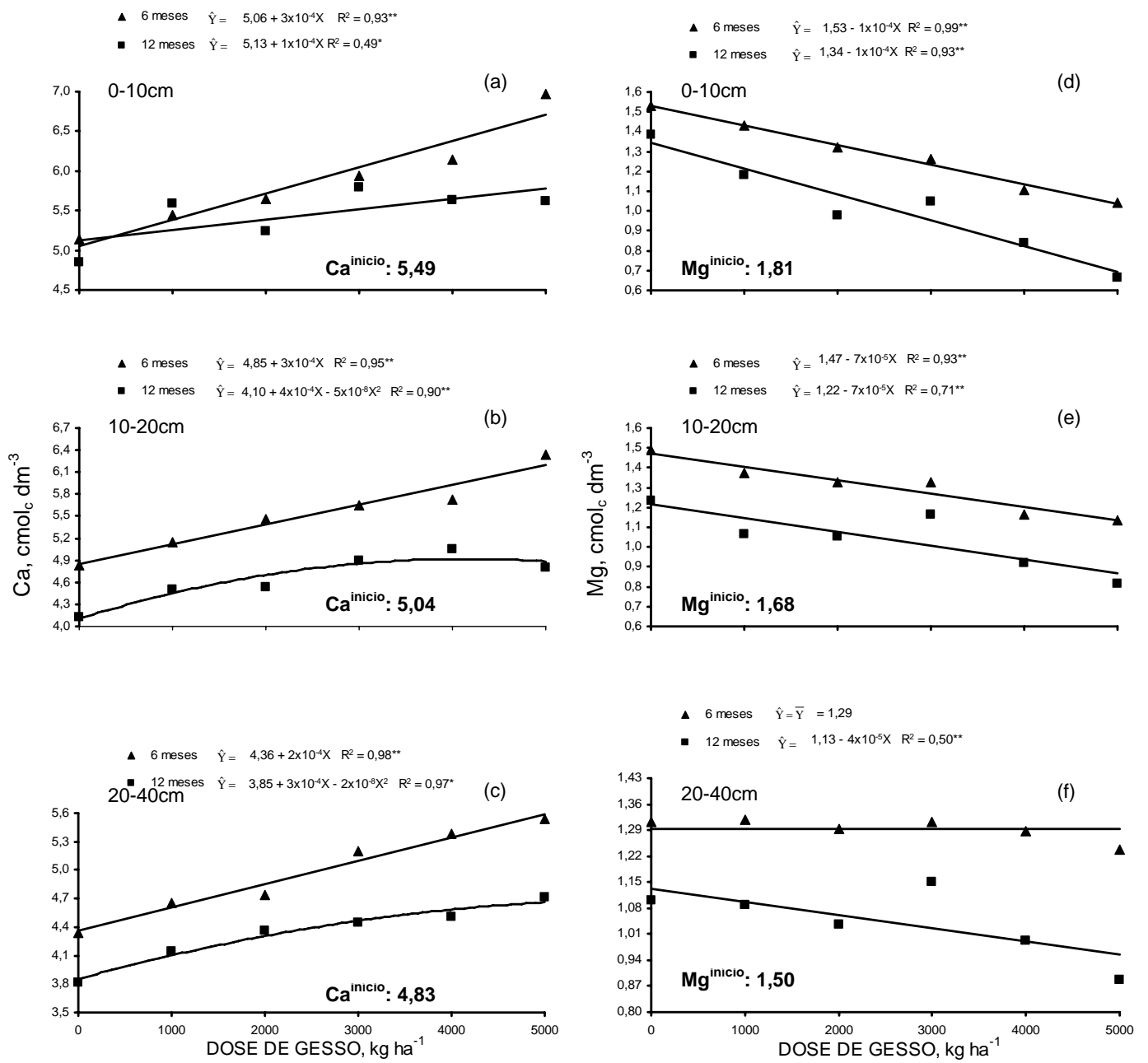


Figura 6. Teores de Ca (a,b,c) e Mg (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.



O teor de Ca trocável do solo aumentou nas três profundidades avaliadas em relação aos valores iniciais, antes da adição do gesso. O aumento ocorreu de forma linear tanto aos seis quanto um ano após a aplicação, mas na profundidade de 10-20 cm apresentou efeito do gesso foi quadrático, atingindo a concentração máxima de  $4,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  com a dose de  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso, assim como na profundidade de 20-40 cm apresentou efeito quadrático (Figura 6).

O gesso ao se deslocar para as camadas mais profundas arrasta cátions como K, Ca e Mg. O K está em maior concentração nas camadas superiores do solo como 0-10 e 10-20 cm. E justamente destas camadas é que o K é arrastado pelo  $\text{SO}_4^{2-}$  presente no gesso. Na avaliação da coleta de solo com seis meses, houve redução de K na camada de 10-20 cm e após um ano houve redução de K na camada de 0-10 cm, justamente nas camadas de maior concentração deste nutriente no solo. Assim o gesso está levando K para camadas mais profundas melhorando a condição subsuperficial do solo (Figura 5, 9A e 10A).

A mobilidade de Ca, Mg e K verificado no trabalho foi devido a formação de pares iônicos neutros com o  $\text{SO}_4^{2-}$ , devido ao deslocamento do  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  pela ação do Ca dissociado do gesso, resultado também verificado por Dias (1992).

Segundo Mesquita et al. (1997), teores mais elevados de Ca e Mg dificulta a mobilidade de K pela aplicação de gesso agrícola. Desta forma, no trabalho nota-se que a menor lixiviação do cátion K das camadas analisadas, pode estar relacionado a presença de maior saturação do solo com cátions Ca e Mg. Visto que seis meses antes da aplicação do gesso realizou-se a aplicação de calcário nos dois locais.

No presente trabalho houve efeito significativo na lixiviação de K pela aplicação de gesso, no entanto não é tão marcante, pois na camada de 20-40 cm não houve acúmulo do K lixiviado. Em trabalho efetuado por Moraes et al. (1998) observou-se acúmulo de K nesta camada, mas em um solo de textura menos argilosa.

O uso do gesso proporcionou incremento do teor de Ca no solo tanto aos seis quanto um ano após aplicação em todas as camadas avaliadas (Figura 6). Por outro lado, a aplicação de gesso no solo reduziu a concentração de Mg nas três camadas analisadas tanto aos seis meses (exceção 20-40 cm) quanto com um ano. Assim constata-se que o Mg está sendo lixiviado para camadas mais profundas e quanto maior a dose de gesso mais intensa é a lixiviação. Portanto, é fundamental

considerar que altas doses de gesso agrícola faz com que ocorra perdas principalmente de Mg e K no perfil do solo.

O gesso aplicado proporcionou incremento do teor de S nas três profundidades (Figura 5). Um ano após, embora ainda haja incremento do teor de S no solo em função das doses de gesso, este ocorreu em menor magnitude quando comparado ao incremento ocorrido após seis meses. Estes resultados demonstram que a solubilidade do gesso já ocorreu aos seis meses após a aplicação e que a calagem realizada seis meses antes da gessagem influenciou na mobilidade do  $\text{SO}_4^{2-}$  no perfil do solo. Na avaliação da figura 5 é possível constatar que as doses de gesso, aos seis meses após aplicação, proporcionaram incrementos no teor de S em profundidade, mantendo-se estes incrementos um ano após a aplicação.

A adição das doses de gesso proporcionaram aumento de Ca e S, além da redução de Al tanto nas camadas superficiais quanto nas subsuperficiais (Figura 5, 6 e 9A). Da mesma forma, Joris et al. (2007) constataram que o uso de doses de gesso nas culturas de milho, soja e trigo avaliado ao longo de 8 anos, aumentou o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  trocável no perfil do solo e  $\text{S-SO}_4^{2-}$  no subsolo e reduziu o teor de  $\text{Al}^{3+}$  trocável. Tal aumento de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{S-SO}_4^{2-}$  com o uso de gesso também foi verificado por Chaves et al. (1988), Roth et al. (1986), Pavan et al. (1984), Summer (1992), Jesus et al. (2007), Caíres et al. (2006) entre outros trabalhos realizados com o uso do gesso.

De forma geral, no presente trabalho ocorreu aumento de Ca em todas as camadas. Resultados semelhantes também foram encontrados por Alcarde (1988), Caíres et al. (2007), Churka et al. (2007), Silva et al. (2006), Wadt & Wadt (1999), Caíres et al. (2003) e Rosolem & Machado (1984), além do acréscimo de S nas três camadas, semelhante ao obtido por Caíres et al. (2007), Caíres et al. (2003), Blum et al. (2007) e Churka et al. (2007).

Quanto ao Mg ocorreu redução nas camadas superficiais, acarretando em lixiviação do cátion, fato este comprovado também por Alcarde (1988), Caíres et al. (2007), Quaggio et al. (1993), Blum et al. (2007), Churka et al. (2007), Wadt & Wadt (1999), Caíres et al. (2003) e Rosolem & Machado (1984), em experimentos com gesso.

No caso do K, a lixiviação encontrada por Alcarde (1988), Wadt & Wadt (1999), Silva et al. (2006) e Churka et al. (2007) foi verificada apenas na camada de 0-10 cm aos seis meses e 10-20 cm aos 12 meses. Por outro lado, Caíres et al.

(2007), Silva et al. (2006) e Rosolem & Machado (1984) em seus trabalhos não encontraram alteração do K no solo.

O uso de gesso agrícola leva ao aumento de Ca no solo em todas as camadas analisadas, em ambas as coletas de solo e, portanto, aumento na SB e CTCefetiva (Figura 6). Este aumento ocorreu de forma linear crescente aos seis meses em todas as profundidades. Um ano após adição do gesso verifica-se que não ocorreu alteração significativa da soma de bases até 10 cm de profundidade, mas influenciou o valor de soma de bases na camada de 10-20 cm de profundidade, onde foi obtido com a dose de  $3.300 \text{ kg ha}^{-1}$  o valor máximo de  $6,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Por outro lado, aumentou linearmente a soma de bases na profundidade de 20-40 cm tanto aos seis quanto aos 12 meses após a aplicação (Figura 10a e 11a).

O gesso aplicado em sistema plantio direto ao arrastar para as camadas mais profundas cátions e S, influencia a ciclagem de nutrientes no solo. O gesso arrasta elementos das camadas superficiais, depositando nas camadas subsuperficiais, melhorando as condições das mesmas e com isto propicia condições favoráveis ao enraizamento das plantas a profundidades maiores onde além de obter nutrientes, também, perfazem maior área radicular para se abastecer de água durante o ciclo e principalmente em situações de estresse hídrico como constatado por Roth et al. (1986), Borges et al. (1997), Chaves et al. (1988) e Jesus et al. (2007).

A melhoria das condições subsuperficiais pode ser constatada com o aumento da saturação por bases em profundidade (Figura 7 e 10A). A adição do gesso aumentou linearmente o valor da saturação por bases apenas na profundidade de 20-40 cm em função do aumento acentuado do teor de Ca em profundidade isto refletiu na saturação por bases.

Com a gessagem, após seis meses ocorreu aumento linear crescente da CTC efetiva do solo (Figura 4 e 11a), nas três camadas avaliadas, resultado também constatado por Chaves et al. (1988). No entanto, um ano após aplicação houve efeito quadrático na camada de 10-20 cm, com CTC efetiva máxima de  $6,58 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  com a dose de  $3.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso e em 20-40 cm houve incremento linear da CTC efetiva com aumento das doses.

As doses de gesso não afetaram o valor do pH do solo (Figura 2), mas pode ter ocorrido influência da cultura anterior no valor do pH do solo, uma vez que aos seis meses o pH foi maior que aos 12 meses.

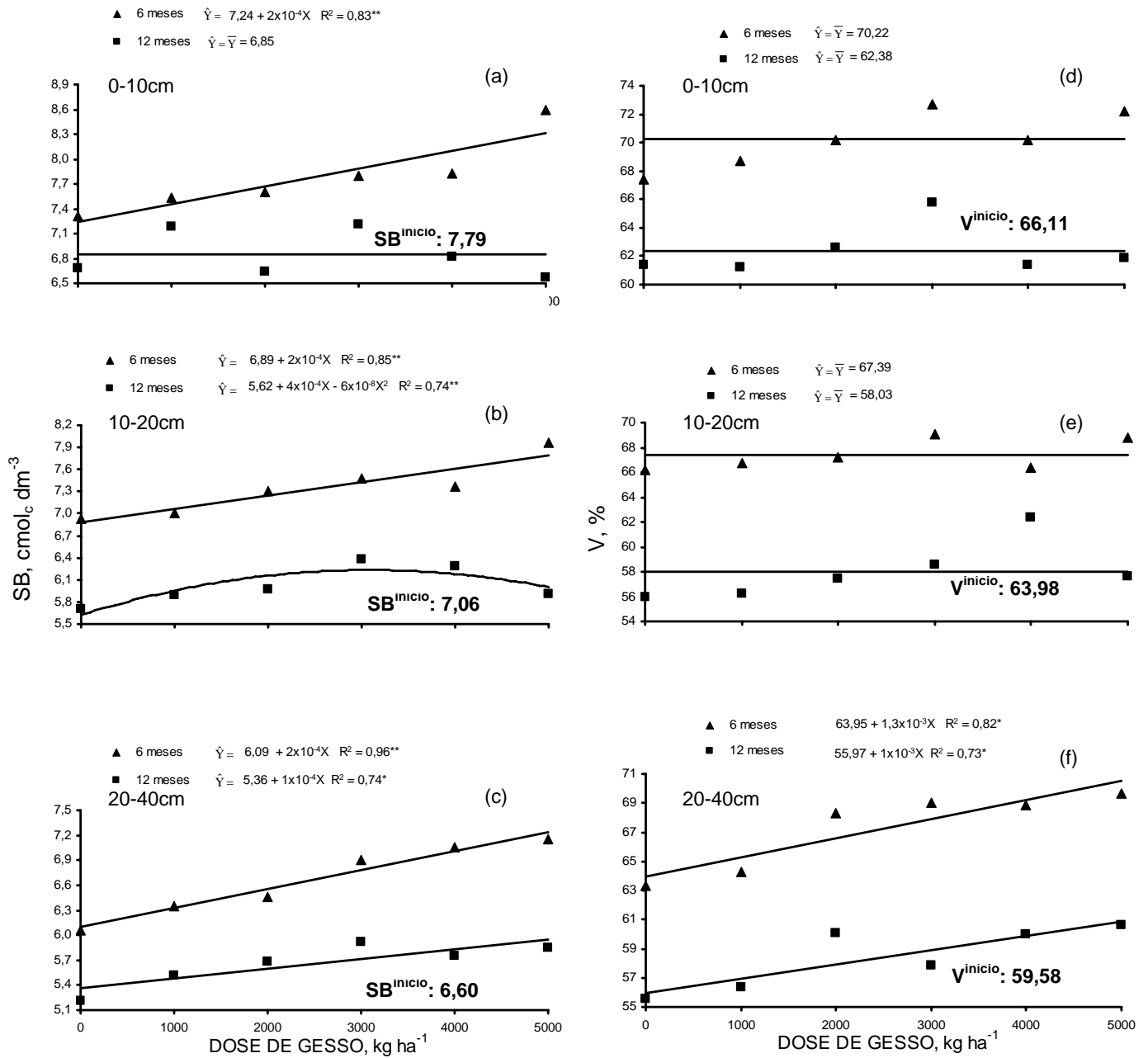


Figura 7. SB (a,b,c) e V% (d,e,f) no solo nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade após seis e 12 meses da aplicação de doses de gesso agrícola na média de dois locais.

Isto também se aplica aos teores de Ca, Mg, K, SB, CTC efetiva e V% os quais possuem valores maiores aos 6 meses que os encontrados aos 12 meses, enquanto que os teores de H+Al são menores aos 6 meses e maiores aos 12 meses. Isto pode indicar algo relacionado com a cultura instalada. Após a cultura do trigo, o aumento do pH do solo pode estar relacionado com a absorção preferencial de ânions enquanto que soja ao fixar N<sub>2</sub> deixa de absorver N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, acidificando o solo, isto acarreta redução do pH. A diferença de pH da rizosfera entre culturas foi observada por Maschner et al. (1983), o qual constatou que a cultura da soja apresenta rizosfera com pH mais baixo.

Haynes (1990) comenta que o balanço cátion-ânion existente no citoplasma proporciona acúmulo e degradação de ácidos orgânicos que são liberados pelas raízes, além da absorção de nutrientes que pode liberar H<sup>+</sup> ou OH<sup>-</sup>. Isto interfere no aumento ou redução do pH da rizosfera. No caso do trigo Haynes (1990) verificou que ocorre maior liberação de ácidos orgânicos, como ácido málico, fato que possibilita redução da acidez, pela complexação do Al.

Para que não ocorra redução acentuada dos teores de Mg e K em profundidade (Figura 5 e 6), pode-se indicar a dose de 3.000 kg ha<sup>-1</sup> de gesso em área de sistema de plantio direto em solo muito argiloso, uma vez que esta dose proporcionou maior redução do teor de Al trocável. Tal dose também é recomendada por Sousa & Ritchey (1996) para os solos de cerrado.

Segundo Tanaka et al. (2002), a reação do gesso ocorre rapidamente e assim proporciona mais lixiviação de Ca, Mg e K, constatado no presente estudo (Figura 4 e 5) e beneficia as camadas mais profundas aumentando a saturação por bases, com maior evidência para o Ca e Mg. Entretanto, o K apresentou redução nas camadas de 10-20 cm aos seis meses e em 0-10 cm aos 12 meses. O Ca lixiviado, o qual proporciona aumento dos teores nas camadas é oriundo da aplicação do gesso agrícola e calcário, já o Mg é perdido das camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm do próprio solo, fato também encontrado por Crusciol et al. (2005b). De acordo com Vieira et al. (1997) a lixiviação é mais significativa em solos com maiores teores de areia, ou seja, solos muito argilosos apresentam menor lixiviação deste elemento. Bissani et al. (1997) também verificaram lixiviação de Mg, e suporta que tal lixiviação é devido a substituição do Mg pelo Ca nas cargas negativas do solo e que a presença do sulfato fortalece a lixiviação deste cátion.

É importante observar que com seis meses após a aplicação do gesso já havia ocorrido solubilização e interferência nas características químicas do solo. Tal fato também foi constatado por Quaggio et al. (1993), em que a aplicação de gesso acelerou a lixiviação de Ca e Mg no perfil do solo, porém com efeito pouco duradouro. Dezoito meses após a aplicação do gesso, quase todo o  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  aplicados foram lixiviados para profundidades maiores do que 40-60 cm, restando, nas camadas superiores, substituição parcial de Mg por Ca. A redução de Mg nas camadas de 0-10 e 10-20 cm de profundidade (Figura 4) com a adição de gesso pode proporcionar eventuais deficiências deste elemento segundo trabalho de Shainberg et al. (1989). Tal efeito pode ser verificado na cultura de trigo, na qual houve redução nos teores foliares de Mg com o aumento das doses de gesso (Figura 8).

Os solos ácidos, como é o caso do local 1, apresentam baixas concentrações de bases, especialmente cálcio e magnésio (Tabela 1). Para as plantas, a falta de cálcio, a acidez elevada e o excesso de alumínio resultam em baixo crescimento do sistema radicular, com conseqüente exploração de pequenos volumes de solo, levando a baixa captação de nutrientes e água, tornando as culturas sujeitas a deficiências minerais e suscetíveis à déficits hídricos. Baseado no presente estudo, a utilização de doses de gesso agrícola é possível oferecer melhores condições para o crescimento de raízes nas camadas subsuperficiais, como redução do  $\text{Al}^{3+}$  tóxico, aumento de Ca trocável, aumento dos valores de SB, V% e  $\text{S-SO}_4^{2-}$ .

### 5.3 Produtividade, massa de 1000 grãos e concentração de Al, K, Ca, Mg e S no tecido foliar de trigo e soja

A aplicação de doses crescentes de gesso agrícola não influenciou a massa de 1000 grãos e produtividade das culturas de trigo e soja, com exceção apenas da cultura do trigo para o local 1 que apresentou incremento linear crescente da produtividade em função das doses de gesso e aumento da massa de 1000 grãos de 37 para 42 gramas com a dose máxima de 3.100 kg de gesso (Figura 8-f). Os resultados indicaram que a adição de gesso no local 1 contribuiu para o aumento da produtividade do trigo e massa de 1000 grãos, enquanto que no local 2 não houve efeito significativo (Figura 8-g).

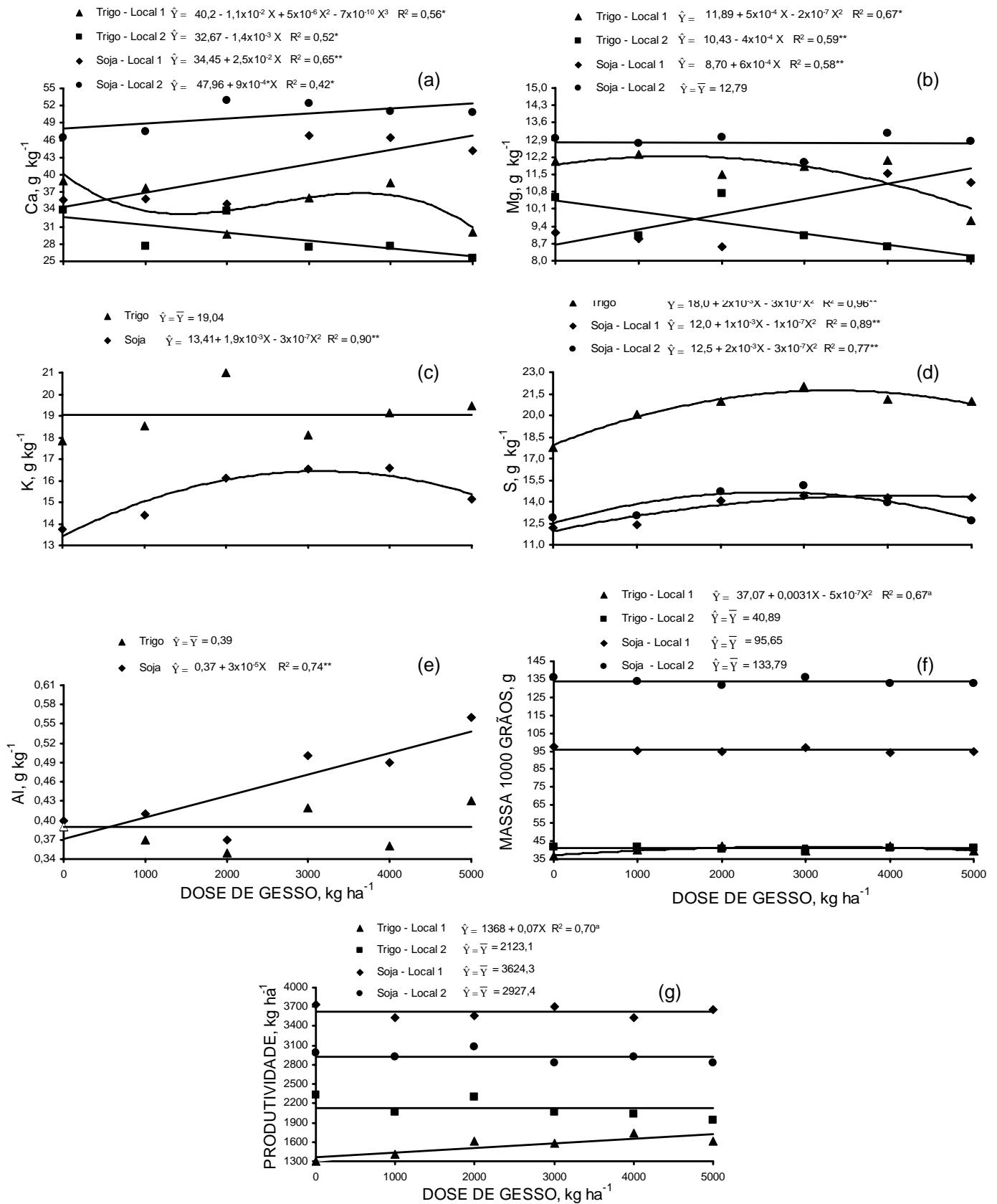


Figura 8. Teores foliares de Ca (a), Mg (b), K (c), S (d), Al (e), massa de 100 grãos (f) e produtividade (g) das culturas de trigo e soja em função das doses de gesso agrícola.

Os valores maiores de massa de 1000 grãos e produtividade de trigo e soja para o Local 2 estão relacionados às condições químicas do solo, pois neste local tem-se um solo sem presença de Al, com valores de SB e V% maiores, nas três camadas avaliadas, enquanto que o solo do Local 1 apresenta Al trocável e valores de SB e V% mais baixos (Tabela 2).

Cultivares de soja e trigo tolerantes ao Al apresentam desenvolvimento normal em presença de elevada saturação por Al no solo, enquanto que cultivares de trigo suscetíveis ao Al apresentam redução no desenvolvimento do sistema radicular (Mascarenhas & Tanaka, 1995). Desta forma, é possível supor que a menor produtividade obtida no Local 1 para a cultura do trigo, classificado como moderadamente sensível, é devido a presença de Al trocável no solo, enquanto que o solo do Local 2 não apresenta Al. Por outro lado, para a cultura da soja, a produtividade da cultura não sofreu impacto relacionado a presença de Al no solo. A diferença de produtividade obtida, ocorreu devido a maior pluviosidade no Local 1 em relação ao Local 2, isto proporcionou maior produtividade no Local 1, o que comprova que a presença de Al não interferiu no desenvolvimento desta cultura quando a distribuição de chuva é irregular (Figura 8-g).

Segundo Haynes (1990), a cultura do trigo pode ter mecanismos de tolerância ao Al, como complexação de Al no citoplasma por ácidos orgânicos, armazenamento de Al no vacúolo e exsudação de quelatos ligantes, que ao ocorrerem nas raízes, evita que o Al atinja a área foliar da planta, no entanto, prejudica o desenvolvimento radicular, que indiretamente interfere no desenvolvimento da planta como um todo.

O rendimento da cultura da soja não sofreu influência significativa da aplicação de gesso (Figura 8-g). Tal fato também foi observado por Caíres et al. (2006) e Caíres et al. (2003), mesmo havendo efeito significativo na melhoria das características químicas do subsolo. Por outro lado, Sousa & Ritchey (1996) encontrou efeito significativo para aumento de produtividade das culturas de trigo e soja, e segundo o autor o aumento de produtividade foi significativo em situações de verânicos, onde a presença de raízes profundas promovidas pela aplicação de gesso, que melhorou o ambiente radicular e o aproveitamento da água disponível, pois as raízes possuíam maior volume de solo para explorar tanto para absorção de água quanto de nutrientes.



Para a cultura do trigo não houve efeito significativo das doses de gesso no teor de Al no tecido foliar (Figura 8-e). Por outro lado, para a soja ocorreu aumento do teor de Al no tecido foliar em função das doses crescentes de gesso. O aumento de Al no tecido foliar da cultura da soja pode estar relacionado ao fato de que a aplicação de gesso ao solo proporcionou melhores condições para que as raízes da cultura da soja se desenvolvem à maiores profundidades. E desta forma, como a concentração do Al aumenta nas camadas subsuperficiais, as plantas absorveram mais Al, aumentando a concentração no tecido foliar. Por outro lado, a cultura do trigo não sofreu tal interferência, ou seja, o teor de Al no tecido foliar não sofreu variação com o aumento das doses de gesso. Isto pode estar relacionado com o fato de que a cultivar de trigo utilizada é classificada como moderadamente sensível e considerando que na presença de Al em níveis tóxicos nas camadas subsuperficiais, as raízes das plantas de trigo não se desenvolvem em profundidade devido a absorção de Al pelas células da epiderme e córtex nas raízes do trigo, situação que prejudica o crescimento, já que o Al afeta a divisão celular (DELHAIZE et al., 1993). Não obstante, o teor de Al no tecido foliar da cultura do trigo não foi afetado pelas doses de gesso. Este fato pode estar relacionado a maior concentração de Al nas raízes e menor translocação para a parte aérea.

O uso do gesso afetou o teor de K no tecido foliar da soja alcançando teor máximo de  $16 \text{ g kg}^{-1}$  com a dose de  $3.167 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso (Figura 8-c). Para a cultura do trigo não houve efeito significativo do uso do gesso no teor de K no tecido foliar, após seis meses da aplicação, com teor médio de  $19 \text{ g kg}^{-1}$ . Este valor está abaixo do considerado adequado por Malavolta et al. (1997), entretanto, no solo há teores adequados de K.

O teor de S no tecido foliar, apresentou efeito significativo para doses de gesso (Figura 8-d). Houve resposta quadrática para explicar o efeito do gesso no teor de S nas culturas de trigo e soja. O teor máximo de S no tecido foliar do trigo é de  $21,3 \text{ g kg}^{-1}$  com adição de  $3,3 \text{ t ha}^{-1}$ , a partir desta dose de gesso há redução do teor de S na cultura de trigo. A soja teve comportamento semelhante ao trigo quanto ao teor no tecido foliar em resposta às doses de gesso. No local 2 o teor máximo de  $15,8 \text{ g kg}^{-1}$  foi alcançado com adição de  $3,3 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, mas no local 1 a resposta ocorreu até a dose de  $5 \text{ t ha}^{-1}$ . No local 1 havia menor teor de S no solo em comparação com o Local 2 (Tabela 2), o que justifica o aumento da concentração de S no tecido foliar para a cultura da soja neste local. O teor de S no tecido foliar da

soja, em ambos os locais, estava acima do teor adequado que é de  $4 \text{ g kg}^{-1}$  (EMBRAPA, 2006).

Os resultados de S encontrados no tecido foliar, constituem evidências de que a cultura da soja respondeu significativamente ao acréscimo de gesso no solo, fato este também verificado por Tanaka et al. (2002). Não obstante, segundo estes autores a cultura da soja terá maiores respostas a aplicação de gesso em situações em que a camada subsuperficial apresentar deficiência de Ca e S e toxidez de Al, como ocorre no local 1.

Para a cultura do trigo, pelo fato de ter sido instalada logo após a aplicação do gesso, com o aumento das doses de gesso, há redução dos teores de Ca e Mg, enquanto que o K permanece inalterado (Figura 8). Como o teor de Ca no solo no local 2 já estava alto (Tabela 2), pode ter interferido na absorção do Mg. No local 1 como o teor de Ca estava mais baixo ocorreu aumento do teor de Mg até  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  de gesso e decréscimo a partir desta dose.

Para a cultura da soja houve efeito linear crescente da adição das doses de gesso nos teores de Ca, Mg do tecido foliar (Figura 8). Mas devido à competição entre os nutrientes Ca, Mg e K observa-se aumento do teor de K até a dose de  $3,2 \text{ t ha}^{-1}$  com teor máximo de  $16,4 \text{ g kg}^{-1}$  de K. No Local 2 há maiores teores de Ca e Mg no tecido foliar da cultura da soja. Isto se deve ao fato de maiores concentrações de Ca e Mg no solo, que pode ser verificado na Tabela 02.

O aumento dos teores foliares de S e Ca nas culturas de soja e trigo também foi verificado em trabalho realizado por Silva et al. (1997), no qual houve tanto aumento nos teores de Ca, Mg e S quanto ganhos de produtividade com a aplicação do gesso na cultura do algodoeiro. Por outro lado, em cultivos seguintes com culturas de soja e trigo, Silva et al. (1997) verificaram redução nos teores foliares de Mg.

O incremento dos teores de Ca e S encontrado no tecido foliar de soja com o uso do gesso, também foram verificados por Quaggio et al. (1993). Caíres et al. (2007), verificaram aumento do teor de Ca e redução de Mg na cultura da soja e aumento do S na cultura do trigo, semelhante aos encontrados no trabalho. Não obstante, Caíres et al. (2003) observaram que o gesso proporcionou redução no teor de  $\text{Mg}^{2+}$  no solo e no tecido foliar, visto que a lixiviação de Mg prejudicou a absorção deste nutriente pelas plantas.

A produtividade da cultura da soja não sofreu interferência da utilização das doses de gesso (Figura 8), tal resultado também foi verificado por Joris et al. (2007), Caíres et al. (2007), Caíres et al. (1988), Caíres et al. (1999), Caíres et al. (2003), Caíres et al. (2006) e Quaggio et al. (1993). A ausência de resposta com o uso do gesso também foi verificada por Joris et al. (2007) na cultura do trigo. Por outro lado, Raij et al. (1994), observou efeito significativo na produção de soja com o uso do gesso, assim como Caíres et al. (2007) encontrou resposta no aumento da produtividade para a cultura do trigo.

O fato da cultura da soja não sofrer interferência significativa da adição de gesso em sistema de plantio direto é explicado por Zambrosi et al. (2007b) a partir de experimento realizado em sistema plantio direto com a aplicação de gesso, onde observaram que as formas químicas de Al que mais aparecem na solução do solo, são complexos de Al com carbono orgânico dissolvido e em menor proporção  $AlSO_4^+$ . Não obstante, a importância do gesso agrícola em amenizar os efeitos fitotóxicos do Al parece ser de menor importância em solos sob SPD, devido à intensa complexação desse cátion por constituintes da matéria orgânica. Ou seja, a produtividade de soja não aumentou com a adição de gesso, porque o Al não chega a causar toxicidade a cultura, por ser esta cultura mais tolerante ao alumínio, como constado por Silva et al. (1984), em trabalho no qual comparou o aprofundamento do sistema radicular das culturas de soja e sorgo em solo com alta saturação por Al.

## 6 CONCLUSÕES

- O uso do gesso proporcionou mobilidade de  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  até 40 cm de profundidade.

- Doses de gesso de 1000 a 5000  $kg\ ha^{-1}$  resultaram em aumento dos teores de  $Ca^{2+}$  e  $SO_4^{2-}$  em profundidade até um ano após a aplicação.

- A dose de 3000  $kg\ ha^{-1}$  proporcionou maior redução do Al trocável e também da saturação por Al para o Latossolo Vermelho eutrófico de textura argilosa.

- No solo com presença de Al trocável o uso do gesso implicou em aumento da produtividade de trigo mas não influenciou a produtividade da soja.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, F. & LUND, Z.F. **Effect of chemical activity of soil solution aluminum on cotton root penetration of acid subsoils.** *Soil Science*, Baltimore, 101:193-198, 1986.

ALCARDE, J.A. **Corretivos da acidez dos solos: Características e interpretações técnicas.** 2 ed. São Paulo, ANDA, 1992. 26p. (Boletim Técnico, 6)

ALCARDE, J.C. **Contraditória, confusa e polêmica: É a situação do uso do gesso na agricultura.** POTAFOS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. *Informações Agronômicas* n.41, p.3, Piracicaba-SP, março de 1988.

ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.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*. Viçosa, v.29, p.923-934, 2005.

ALLEONI, L.R.F.; ZAMBROSI, F.C.B.; MOREIRA, S.G.; PROCHNOW, L.I.; PAULETTI, V. **Liming and electrochemical attributes of an Oxisol under no tillage.** *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.60, p.119-123, 2003.

ALVA, A.K. & GASCHO, G.J. **Differential leaching of cations and sulfate in gypsum amended soils.** *Communication Soil Science Plant Analyse*, New York, 22: 1195-1206, 1991.

BISSANI, C.; GIONGO, V.; MIELNICZUK, J.; SALET, R.L. **Correção da acidez pela aplicação superficial de calcário e gesso em sistema plantio direto.** In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Rio de Janeiro, 20 a 26 de julho, 1997.

BLUM, J.; FAUATE, M.; SOZIN, M.; FAUATE, A.; CAÍRES, E.F.; AYUB, R.A. **Gesso agrícola nos atributos químicos do solo e produção da videira cv. Niagara Rosada.** In: XXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto de 2007, Gramado-RS.

BORGES, E.N. **Efeito de calcário e gesso nos teores de cálcio e alumínio da camada compactada em Latossolo Vermelho-Escuro.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 32, n.12, 1997

BRACCINI, M.C.L.; M, ARTINEZ, H.E.P.; BRACCINI, A.L. **Avaliação de linhagens de cafeeiros quanto à tolerância ao alumínio pelo método do papel-solução.** *Bragantia*, Campinas, 59 (2), 221-226, 2000.

CAIRES, E.F.; CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; JORIS, H.A.W.; MASCHIETTO, E.R.G. **Gesso agrícola na melhoria de atributos químicos do solo e na produção de**

**grãos da sucessão milho-trigo-soja em plantio direto.** In:XXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto de 2007, Gramado-RS.

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 de plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 30: 87-98, 2006.

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 plantio direto.** R. Bras. Ci. Solo, 27:275-286, 2003.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. **Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Ciência do solo, v.23, p.315-327, 1999

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

CASCARDO, J.C.M.; OLIVEIRA, L.E.M.; SOARES, A.M. **Disponibilidade de água e doses de gesso agrícola nas relações hídricas da seringueira.** R. Bras. Fisiol. Veg., 5(1):31-34, 1993.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A. & MIYAZAWA, M. **Redução da acidez subsuperficial em coluna de solo.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 23:469-476, 1988.

CHURKA, S.; GARBUIO, F.J.; BREN, L. MASCHIETTO, E.H.G.; CAÍRES, E.F. **Gesso Agrícola na produção de milho cultivado em solo com alto teor de matéria orgânica e baixa acidez no sistema plantio direto.** In: XXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto de 2007, Gramado-RS.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. **Influência da aplicação de calcário e gesso em superfície na implantação do sistema de plantio direto na nutrição e produtividade da aveia-preta.** In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Recife, 17 a 22 de julho, 2005a.

CRUSCIOL, C. A. C.; SORATTO, R. P. **Modificações químicas do solo em função da aplicação de calcário e gesso em superfície.** In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Recife, 17 a 22 de julho, 2005b.

CUSTÓDIO, D.P.; OLIVEIRA, I.P.O.; COSTA, K.A.P.; SANTOS, R.S.M.; FARIA, C.D. **Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do capim-tanzânia.** *Ciência Animal Brasileira* v. 6, n. 1, p. 27-34, jan./mar. 2005.

DELHAIZE, E.; CRAIG, S. BEATON, C.D.; BENNET, E.J. JAGADISH, V.C.; RANDALL, P. **Aluminium tolerance in Wheat** (*Triticum aestivum* L.) *Plant. Physiol.*, 103: 685-693, 1993.

DIAS, L.E. **Uso de gesso como insumo agrícola**. Comunicado técnico n.7. Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Biologia – CNPBS. maio, p. 1-6, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Tecnologias de produção de soja – Paraná – 2007**. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 217p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Informações técnicas da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale para a safra de 2005**. Reunião da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 234p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos/Embrapa Informática Agropecuária/Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Centro de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

GUIMARÃES, P.C.T. **O gesso agrícola na neutralização de alumínio nas camadas subsuperficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes**. In: Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura 1., Brasília, 1985. Anais. Brasília: IBRAFOS, 1985. p.145-168.

HAYNES, R.J. **Active ion uptake and maintenance of cation-anion balance: A critical examination of their role in regulating rhizosphere pH**. *Plant and Soil*, 126, 247-264, 1990.

JESUS, M.; DUETE, W.L.C.; SACRAMENTO, R.V.O.; COSTA, J.C.A.; SOUZA, L.A.S. **Efeitos do calcário e gesso em algumas características químicas de um Latossolo Amarelo**. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto de 2007, Gramado-RS.

JORIS, H.A.W.; CAÍRES, E.F.; CHURKA, S.; PEREIRA FILHO, P.R.S.; ZARDO FILHO, R. **Alterações no solo e comportamento da sucessão milho-trigo-soja após longo período da aplicação de calcário e gesso em plantio direto**. In: XXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto de 2007, Gramado-RS.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas, princípios e aplicações**. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1997.

MALAVOLTA, E. **O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta – perguntas e respostas.** In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2ed., 1992, Uberaba. Anais...São Paulo: Ed. Nagy, 1992. p.41-66

MARKET, C.M.; PAVANA, M.A.; LANTMANN, A.F. **Considerações sobre o uso do gesso na agricultura.** POTAFOS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Informações Agronômicas n.40, p.3, Piracicaba-SP, dezembro de 1987.

MASCARENHAS, H.A.A.; TANAKA, R.T. **Crescimento em vasos, de cultivares de soja e de trigo em função da saturação de alumínio.** Scientia Agrícola, Piracicaba, 52 (2): 257-262, mai./ago. 1995.

MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V. **In vivo Measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: effect of plant species and nitrogen source.** Z. Pflanzenphysiol. Bd. 111.S. 241-251, 1983.

MATOS, T.S.; CIRQUEIRA, A.O.; DONAGEMMA, G.K.; POLIDORO, J.C. **Lixiviação de cálcio, magnésio e potássio em colunas de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso de Rio Verde-GO em resposta a doses de óxido de magnésio combinadas com gesso.** In: XXI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 5 a 10 de agosto de 2007, Gramado-RS.

MESQUITA, H.A.; SILVA, E.B.; NOGUEIRA, F.D.; PAULA, M.B. MENDES, A.N.G. **Alteração das características químicas pela aplicação de calcário e gesso em solo aluvial cultivado com arroz.** In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Rio de Janeiro, 20 a 26 de julho, 1997.

MORAES, J.F.L., BELLINGIERI, P.A., FORNASIERI FILHO, D. *et al.* **Efeito de doses de calcário e de gesso na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Carioca-80.** *Sci. agric.* [online]. 1998, vol.55, no.3, p.438-447. Disponível em: <<http://www.scielo.br>. Acesso em 12 de junho de 2006.

OLIVEIRA, H.J.; ERNANI, P.R.; AMARANTE, C.V.T. **Alteração na composição química das fases sólida e líquida de um solo ácido pela aplicação de calcário e gesso agrícola.** Journal of Agronomy and Veterinary Sciences, n.2, 2002. Disponível em: <<http://www.cav.udesc.br>. Acesso em 12 de junho de 2006.

PAVAN, M.A. **Comportamento do gesso nos solos ácidos das regiões tropicais e subtropicais.** POTAFOS – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Informações Agronômicas n.35, p.3, Piracicaba-SP, setembro de 1986.

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



PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. São Paulo, Nobel, 1987. 466p.

PITTA, G.V.E.; COELHO, A.M.; ALVES, V.M.C.; FRANÇA, G.E.; MAGALHÃES, J.V. **Cultivo de milho: calagem e gessagem do solo**. Comunicado técnico n.53. Embrapa milho e sorgo, Sete Lagoas, 2002.

QUAGGIO, J.A.; van RAIJ, B.; 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, Brasília, v.28, n.3. p. 375-383, mar. 1993.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.N.C. **Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)

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

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDORFER, G.H.; CAMARGO, M.S. **Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação**. R. Bras. Ci. Solo, 30: 849-857, 2006.

REGO, I.C.; JÚNIOR, L.F.; BOARETTO, A.E. **A calagem e gessagem na distribuição do sistema radicular de citros**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Rio de Janeiro, 20 a 26 de julho, 1997.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, B.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa/MG, 1999. 359p.

RODRIGUES, J.F.; GUEDES, G.A.A.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R. **Influência da combinação calcário-gesso agrícola na produção de matéria seca do sistema radicular e da parte aérea do capim andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth var. *bisquamulatus* cv. Planaltina)**. Ciência Animal Brasileira v. 3, n. 2, p. 1-6, jul./dez. 2002.

ROSOLEM, C.A.; MACHADO, J.R. **Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois Latossolos**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 8, p.103-109, 1984

ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D.; MEYER, B.; FREDE, H.G. **Efeito das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade e água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 10 (2), 1986.

SAEG. **Sistema para análises estatísticas**. Versão 8.0. Universidade Federal de Viçosa, 1999.

SAIGUSSA, M.; TOMA, M. **Mechanism of reduction of exchangeable aluminium by gypsum application in acid andosols**. *Soil Science and Plant Nutrition*, v.43, p.343-349, 1997.

SANTOS, L. G.; SOUZA, U. O.; PIRÔPO, A. M.; SANTOS, A.R. **Resposta do capim-braquiária à aplicação de gesso agrícola num Latossolo Amarelo**. In: XXX Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Recife, 17 a 22 de julho, 2005.

SHAINBERG, I.; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A. & FEY, M.V. **Use of gypsum on soils**. *A Review Advance Soil Science*, New York, 9:1-111, 1989.

SILVA, C.E.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, R.R.; RIBEIRO, G.O. **Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia Central**. v. 36(4), p. 503-512. 2006.

SILVA, N. M., RAIJ, B. van, CARVALHO, L. H. **Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão**. *Bragantia*. [online]. 1997, vol.56, no.2, p.389-401. Disponível em: <<http://www.scielo.br>. Acesso em 12 de junho de 2006.

SILVA, J.B.C.; NOVAIS, R.F.; SEDIYAMA, C.S. **Identificação de genótipos de sorgo tolerantes à toxicidade de alumínio**. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 8: 77-83, 1984.

SOUSA, D.M.G. & RITCHEY, K.D. **Uso de gesso no solo de cerrado**. In: Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, Brasília, 1985. *Anais*. Brasília, EMBRAPA/DDT, 1986. p.119-144.

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)

SUMMER, M.E. **Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos**. In: Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, 2., Uberaba, 1992. Uberaba: Ibrafos, 1992. p.7-40.

SUZUKI, A.; BASSO, C; WILMS, F.W.W. **O uso do gesso como fonte complementar de cálcio em macieira**. In: Seminário sobre o uso do gesso na agricultura, 2., Uberaba, 1992. Uberaba: Ibrafos, 1992. p.225-240.

TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A. **Resposta da soja à aplicação de gesso agrícola**. *O Agrônomo*, Campina, 54(2), 2002.

TEDESCO, *et al.* **Boletim técnico nº 5.** Porto Alegre. 174p. 1995.

VELOSO, C.A.C.; BORGES, A.L.; MUNIZ, A.S.; VIEGAS, I.A. de J.M. **Efeito de diferentes materiais no pH do solo.** Scientia Agrícola, Piracicaba-SP, 49(1), 123-128, 1992

VIEIRA, S.M.; ERNANI, P.R.; MIQUELUTTI, D.; ALMEIDA, J.A.; FIORELLI, E.C. **Lixiviação de cátions em solos catarinenses afetada pela aplicação de gesso agrícola.** In: XXVI Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, Rio de Janeiro, 20 a 26 de julho, 1997.

VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta.** Jaboticabal: FUNEP, 1988. 37p.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; MALAVOLTA, E. **Respostas de culturas anuais e perenes.** In: Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura, 1., Brasília, 1985. Anais. Brasília: IBRAFOS, 1985. p.17-44.

WADT, P. G. S. **Alterações eletroquímicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo tratado com carbonato e sulfato de cálcio.** *Sci. agric.* [online]. jul./set. 2000, vol.57, no.3, p.519-524. Disponível em: <<http://www.scielo.br>. Acesso em 12 de junho de 2006.

WADT, P. G. S.; WADT, L.H.O. **Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio.** Scientia Agrícola, v.56, n.4, p.1157-1164, out./dez. 1999. Suplemento.

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 sistema plantio direto.** Bragantia, Campinas, v.66, n.3, p.487-495, 2007b.

## 8 ANEXOS

Tabela 3A. Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	pH			Ca			Mg			K			Al		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----														
0	4,55	5,61	5,08	3,91	6,38	5,15	1,34	1,71	1,53	0,43	0,83	0,63	0,66	0,00	-
1000	4,58	5,67	5,12	4,34	6,55	5,44	1,23	1,63	1,43	0,51	0,82	0,66	0,44	0,00	-
2000	4,65	5,65	5,15	4,59	6,71	5,65	1,10	1,54	1,32	0,43	0,84	0,63	0,41	0,00	-
3000	4,91	5,66	5,28	5,03	6,84	5,94	1,08	1,45	1,27	0,49	0,69	0,59	0,31	0,00	-
4000	4,70	5,56	5,13	5,10	7,20	6,15	0,91	1,31	1,11	0,41	0,74	0,58	0,42	0,00	-
5000	4,72	5,67	5,20	6,20	7,74	6,97	0,73	1,35	1,04	0,44	0,72	0,58	0,48	0,00	-
Médias	4,69	5,64	5,16	4,86	6,90	5,88	1,06	1,50	1,28	0,45	0,77	0,61	0,45	0,00	-
Valores de F															
F Blocos			1,49 <sup>ns</sup>			1,28 <sup>ns</sup>			1,08 <sup>ns</sup>			0,52 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	-	-
F Local			335,81 <sup>**</sup>			241,34 <sup>**</sup>			125,14 <sup>**</sup>			93,53 <sup>**</sup>			
F Gesso			1,25 <sup>ns</sup>			15,74 <sup>**</sup>			15,34 <sup>**</sup>			0,68 <sup>ns</sup>	6,92 <sup>**</sup>	-	-
F Linear			0,83 <sup>ns</sup>			38,71 <sup>**</sup>			41,44 <sup>**</sup>			2,27 <sup>ns</sup>	7,92 <sup>**</sup>	-	-
F Quadrático			0,46 <sup>ns</sup>			1,69 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>			0,03 <sup>ns</sup>	24,11 <sup>**</sup>	-	-
F Cúbico			0,01 <sup>ns</sup>			1,04 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>			0,92 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	-	-
F Gesso * Local			0,44 <sup>ns</sup>			0,56 <sup>ns</sup>			0,54 <sup>ns</sup>			0,95 <sup>ns</sup>			-
C.V. (%)			6,4			12,67			17,54			23,74	23,773	-	-

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 4A. Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso	H+Al			S			V			SB			CTCef		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
---- kg ha <sup>-1</sup> ----	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
0	3,79	3,03	3,41	22,48	13,16	17,82	59,94	74,82	67,38	5,68	8,93	7,30	6,34	8,98	7,66
1000	3,90	2,77	3,34	44,84	15,04	29,94	60,80	76,67	68,74	6,08	8,99	7,54	6,52	9,05	7,79
2000	3,53	2,74	3,13	88,19	21,70	54,94	63,31	76,99	70,15	6,11	9,09	7,60	6,53	9,15	7,84
3000	3,03	2,88	2,96	76,21	47,54	61,88	69,32	76,00	72,66	6,60	8,98	7,79	6,91	9,04	7,98
4000	3,21	3,35	3,28	116,85	75,12	95,98	66,82	73,51	70,16	6,41	9,25	7,83	6,84	9,31	8,08
5000	3,73	2,86	3,29	185,87	99,17	142,52	66,35	78,14	72,24	7,36	9,82	8,59	7,85	9,87	8,86
Médias	3,53	2,94	3,23	89,07	45,29	67,18	64,42	76,02	70,22	6,37	9,18	7,78	7,33	9,23	8,04
Valores de F															
F Blocos			1,96 <sup>ns</sup>			0,46 <sup>ns</sup>			1,79 <sup>ns</sup>			1,29 <sup>ns</sup>			1,39 <sup>ns</sup>
F Local			8,89*			14,47*			36,76**			436,30**			580,61**
F Gesso			0,45 <sup>ns</sup>			10,57**			1,00 <sup>ns</sup>			7,24**			11,01**
F Linear			0,19 <sup>ns</sup>			49,56**			2,65 <sup>ns</sup>			11,88**			13,91**
F Quadrático			1,17 <sup>ns</sup>			2,60 <sup>ns</sup>			0,33 <sup>ns</sup>			1,12 <sup>ns</sup>			2,10 <sup>ns</sup>
F Cúbico			0,02 <sup>ns</sup>			0,50 <sup>ns</sup>			0,02 <sup>ns</sup>			1,07 <sup>ns</sup>			1,15 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local			0,84 <sup>ns</sup>			1,77 <sup>ns</sup>			0,75 <sup>ns</sup>			0,42 <sup>ns</sup>			1,39 <sup>ns</sup>
C.V. (%)			23,44			54,59			11,56			11,26			9,25

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 5A. Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	pH			Ca			Mg			K			Al		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----														
0	4,43	5,53	4,98	3,47	6,20	4,84	1,32	1,66	1,49	0,56	0,66	0,61	0,75	0,00	-
1000	4,45	5,54	4,99	4,02	6,27	5,15	1,17	1,58	1,38	0,42	0,57	0,49	0,54	0,00	-
2000	4,53	5,58	5,05	4,42	6,50	5,46	1,16	1,50	1,33	0,39	0,65	0,52	0,51	0,00	-
3000	4,58	5,53	5,06	4,67	6,62	5,65	1,17	1,49	1,33	0,43	0,58	0,51	0,46	0,00	-
4000	4,44	5,47	4,96	4,31	7,13	5,72	0,95	1,39	1,17	0,35	0,61	0,48	0,59	0,00	-
5000	4,48	5,62	5,05	5,45	7,23	6,34	0,91	1,36	1,14	0,40	0,57	0,49	0,72	0,00	-
Médias	4,48	5,54	5,01	4,39	6,66	5,52	1,11	1,50	1,30	0,42	0,61	0,52	0,60	0,00	-
Valores de F															
F Blocos			1,24 <sup>ns</sup>			1,90 <sup>ns</sup>			1,10 <sup>ns</sup>			1,60 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	-	-
F Local			1501 <sup>**</sup>			172,87 <sup>**</sup>			254,01 <sup>**</sup>			44,95 <sup>**</sup>			
F Gesso			1,64 <sup>ns</sup>			5,97 <sup>ns</sup>			19,87 <sup>**</sup>			1,62 <sup>ns</sup>	2,42 <sup>ns</sup>	-	-
F Linear			0,19 <sup>ns</sup>			30,31 <sup>**</sup>			19,71 <sup>**</sup>			4,58 <sup>*</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-	-
F Quadrático			0,16 <sup>ns</sup>			0,10 <sup>ns</sup>			0,10 <sup>ns</sup>			1,30 <sup>ns</sup>	11,50 <sup>**</sup>	-	-
F Cúbico			0,47 <sup>ns</sup>			1,02 <sup>ns</sup>			0,12 <sup>ns</sup>			0,75 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	-	-
F Gesso * Local			0,28 <sup>ns</sup>			1,19 <sup>ns</sup>			0,21 <sup>ns</sup>			0,82 <sup>ns</sup>			-
C.V. (%)			4,37			12,18			17,06			24,45	31,28	-	-

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 6A. Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso	H+Al			S			V			SB			CTCef		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
---- kg ha <sup>-1</sup> ----	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----		
0	4,08	2,77	3,42	23,43	13,64	18,53	56,54	75,90	66,22	5,34	8,52	6,93	6,10	8,57	7,34
1000	3,99	2,77	3,38	62,84	30,06	46,45	58,13	75,36	66,74	5,60	8,43	7,01	6,15	8,49	7,32
2000	3,85	3,09	3,47	107,22	44,62	75,92	60,69	73,73	67,21	5,97	8,65	7,31	6,48	8,70	7,59
3000	3,76	2,80	3,28	98,36	72,00	85,18	62,41	75,77	69,09	6,27	8,69	7,48	6,73	8,74	7,74
4000	3,64	3,55	3,60	137,67	95,40	116,53	60,41	72,25	66,33	5,60	9,12	7,36	6,20	9,18	7,69
5000	3,99	3,09	3,54	193,64	137,49	165,56	62,89	74,68	68,78	6,76	9,16	7,96	7,48	9,21	8,35
Médias	3,89	3,01	3,45	103,86	65,53	84,70	60,18	74,61	67,39	5,92	8,76	7,34	6,52	8,82	7,67
Valores de F															
F Blocos			2,52*			0,52 <sup>ns</sup>			1,9 <sup>ns</sup>			1,84 <sup>ns</sup>			2,20*
F Local			24,01**			23,07**			127,76**			248,56**			228,61**
F Gesso			0,27 <sup>ns</sup>			28,21**			0,64 <sup>ns</sup>			2,78*			3,58*
F Linear			0,44 <sup>ns</sup>			136,28**			0,92 <sup>ns</sup>			8,62**			10,71**
F Quadrático			0,25 <sup>ns</sup>			1,60 <sup>ns</sup>			0,04 <sup>ns</sup>			0,15 <sup>ns</sup>			0,33 <sup>ns</sup>
F Cúbico			0,01 <sup>ns</sup>			2,50 <sup>ns</sup>			0,13 <sup>ns</sup>			0,34 <sup>ns</sup>			0,24 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local			1,33 <sup>ns</sup>			0,87 <sup>ns</sup>			0,81 <sup>ns</sup>			0,81 <sup>ns</sup>			0,80 <sup>ns</sup>
C.V. (%)			19,05			42,88			8,93			11,57			9,59

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.



Tabela 7A. Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	pH			Ca			Mg			K			Al		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----														
0	4,25	5,53	4,89	3,11	5,57	4,34	1,19	1,44	1,31	0,32	0,48	0,40	0,90	0,00	-
1000	4,36	5,54	4,95	3,66	5,65	4,65	1,21	1,43	1,32	0,34	0,42	0,38	0,82	0,00	-
2000	4,36	5,59	4,97	3,61	5,87	4,74	1,18	1,41	1,29	0,32	0,55	0,43	0,75	0,00	-
3000	4,60	5,54	5,07	4,44	5,95	5,20	1,21	1,41	1,31	0,37	0,42	0,39	0,60	0,00	-
4000	4,49	5,54	5,01	4,43	6,33	5,38	1,21	1,36	1,29	0,35	0,43	0,39	0,68	0,00	-
5000	4,39	5,65	5,02	4,63	6,45	5,54	1,11	1,36	1,24	0,34	0,40	0,37	0,76	0,00	-
Médias	4,41	5,56	4,99	3,98	5,97	4,98	1,19	1,40	1,29	0,34	0,45	0,40	0,76	0,00	-

Valores de F

F Blocos		1,97 <sup>ns</sup>		2,46*		0,78 <sup>ns</sup>		1,19 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	-	-
F Local		438,10**		215,94**		168,20**		14,03*		-	-
F Gesso		0,87 <sup>ns</sup>		7,84**		0,21 <sup>ns</sup>		0,34 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	-	-
F Linear		2,05 <sup>ns</sup>		29,25**		1,07 <sup>ns</sup>		0,32 <sup>ns</sup>	2,17 <sup>ns</sup>	-	-
F Quadrático		0,71 <sup>ns</sup>		0,04 <sup>ns</sup>		0,32 <sup>ns</sup>		0,45 <sup>ns</sup>	5,07*	-	-
F Cúbico		0,02 <sup>ns</sup>		0,13 <sup>ns</sup>		0,12 <sup>ns</sup>		0,04 <sup>ns</sup>	1,19 <sup>ns</sup>	-	-
F Gesso * Local		0,81 <sup>ns</sup>		0,86 <sup>ns</sup>		0,16 <sup>ns</sup>		1,09 <sup>ns</sup>		-	-
C.V. (%)		5,22		12,55		14,00		29,85	25,68	-	-

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 8A. Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após seis meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso	H+Al			S			V			SB			CTCef		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
---- kg ha <sup>-1</sup> ----	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
0	3,93	2,86	3,39	30,64	13,72	22,18	54,29	72,31	63,30	4,62	7,49	6,06	5,52	7,55	6,54
1000	3,82	3,18	3,50	69,65	51,31	60,48	57,84	70,74	64,29	5,21	7,50	6,35	6,03	7,55	6,79
2000	3,41	2,45	2,93	88,65	43,00	65,82	59,93	76,75	68,34	5,11	7,82	6,47	5,86	7,88	6,87
3000	3,58	2,68	3,13	117,00	88,42	102,71	62,58	75,40	68,99	6,02	7,78	6,90	6,62	7,84	7,23
4000	3,76	2,56	3,16	131,77	104,91	118,34	61,53	76,14	68,84	6,00	8,12	7,06	6,67	8,18	7,43
5000	3,58	2,59	3,09	172,79	124,71	148,75	62,72	76,55	69,64	6,09	8,21	7,15	6,84	8,27	7,56
Médias	3,68	2,72	3,20	101,75	71,01	86,38	59,81	74,65	67,23	5,51	7,82	6,67	6,26	7,88	7,07
Valores de F															
F Blocos			1,45 <sup>ns</sup>			0,84 <sup>ns</sup>			1,23 <sup>ns</sup>			2,12*			2,35*
F Local			158,63**			14,93*			62,58**			189,82**			117,63**
F Gesso			4,98*			46,88**			6,41**			4,50*			4,71**
F Linear			1,23 <sup>ns</sup>			229,20**			6,00*			15,52**			17,96**
F Quadrático			0,43 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>			0,75 <sup>ns</sup>			0,14 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>
F Cúbico			0,01 <sup>ns</sup>			0,30 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>			0,15 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local			0,13 <sup>ns</sup>			0,48 <sup>ns</sup>			0,22 <sup>ns</sup>			0,80 <sup>ns</sup>			0,89 <sup>ns</sup>
C.V. (%)			27,76			38,66			11,83			11,98			9,54

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 9A. Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	pH			Ca			Mg			K			Al		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----														
0	4,54	5,47	5,01	3,64	6,07	4,85	1,19	1,58	1,39	0,26	0,63	0,44	0,83	0,00	-
1000	4,36	5,44	4,90	3,85	7,31	5,58	1,02	1,35	1,18	0,30	0,52	0,41	0,77	0,00	-
2000	4,70	5,53	5,12	4,25	6,24	5,25	0,79	1,17	0,98	0,25	0,57	0,41	0,68	0,00	-
3000	4,85	5,60	5,22	5,06	6,53	5,79	0,73	1,36	1,05	0,23	0,50	0,36	0,52	0,00	-
4000	4,63	5,47	5,05	4,64	6,62	5,63	0,69	0,99	0,84	0,21	0,48	0,34	0,60	0,00	-
5000	4,47	5,50	4,98	4,67	6,57	5,62	0,50	0,83	0,67	0,19	0,38	0,29	0,70	0,00	-
Médias	4,59	5,50	5,05	4,35	6,56	5,46	0,82	1,22	1,02	0,24	0,51	0,38	0,68	0,00	-
Valores de F															
F Blocos			1,25 <sup>ns</sup>			2,39*			0,79 <sup>ns</sup>			0,65 <sup>ns</sup>	1,73 <sup>ns</sup>	-	-
F Local			310,10**			62,00**			63,86**			102,30**			
F Gesso			1,06 <sup>ns</sup>			1,65 <sup>ns</sup>			17,50**			3,00 <sup>ns</sup>	2,33 <sup>ns</sup>	-	-
F Linear			0,24 <sup>ns</sup>			4,06*			80,91**			13,85*	4,51*	-	-
F Quadrático			1,85 <sup>ns</sup>			1,50 <sup>ns</sup>			0,03 <sup>ns</sup>			0,42 <sup>ns</sup>	5,01*	-	-
F Cúbico			1,14 <sup>ns</sup>			0,13 <sup>ns</sup>			1,32 <sup>ns</sup>			0,07 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	-	-
F Gesso * Local			0,37 <sup>ns</sup>			1,66 <sup>ns</sup>			0,39 <sup>ns</sup>			1,59 <sup>ns</sup>			-
C.V. (%)			7,48			17,05			32,55			24,74	25,88	-	-

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 10A. Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 0-10cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso kg ha <sup>-1</sup>	H+Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			S mg dm <sup>-3</sup>			V %			SB cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			CTCef cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
0	4,50	3,53	4,02	10,84	7,96	9,40	52,43	70,34	61,39	5,08	8,28	6,68	5,92	8,28	7,10
1000	4,50	4,05	4,27	14,51	11,71	13,11	53,26	69,19	61,22	5,17	9,19	7,18	5,94	9,19	7,57
2000	4,33	3,53	3,93	22,56	12,10	17,33	55,71	69,51	62,61	5,30	7,98	6,64	5,97	7,98	6,98
3000	3,70	3,59	3,65	25,87	13,83	19,85	61,22	70,42	65,82	6,02	8,39	7,21	6,54	8,39	7,47
4000	4,79	3,59	4,19	30,23	41,11	35,67	53,32	69,40	61,36	5,54	8,09	6,82	6,14	8,09	7,12
5000	4,22	3,70	3,96	59,37	32,62	45,99	56,04	67,76	61,90	5,36	7,78	6,57	6,06	7,78	6,92
Médias	4,34	3,67	4,00	27,23	16,85	22,04	52,54	69,40	60,97	5,41	8,28	6,85	6,10	8,29	7,19

Valores de F

F Blocos	2,70*	1,56 <sup>ns</sup>	2,53**	2,29 <sup>ns</sup>	2,29 <sup>ns</sup>
F Local	17,80**	2,04 <sup>ns</sup>	115,52**	121,31**	94,60**
F Gesso	1,26 <sup>ns</sup>	5,20*	1,20 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>
F Linear	0,24 <sup>ns</sup>	23,53**	0,21 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
F Quadrático	0,38 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>	1,87 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>
F Cúbico	0,31 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local	0,56 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	24,91	94,96	13,68	16,29	13,34

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 11A. Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	pH			Ca			Mg			K			Al		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----														
0	4,25	5,36	4,81	2,96	5,28	4,12	1,00	1,47	1,23	0,20	0,49	0,34	0,99	0,00	-
1000	4,29	5,32	4,81	3,30	5,70	4,50	1,00	1,12	1,06	0,24	0,43	0,33	0,86	0,00	-
2000	4,35	5,41	4,88	3,56	5,52	4,54	0,82	1,30	1,06	0,23	0,51	0,37	0,79	0,00	-
3000	4,42	5,44	4,93	3,69	6,09	4,89	0,97	1,36	1,16	0,23	0,44	0,33	0,68	0,00	-
4000	4,41	5,33	4,87	3,93	6,17	5,05	0,77	1,08	0,92	0,21	0,43	0,32	0,80	0,00	-
5000	4,22	5,33	4,77	3,65	5,96	4,81	0,59	1,04	0,81	0,19	0,38	0,29	0,87	0,00	-
Médias	4,32	5,36	4,84	3,52	5,79	4,65	0,86	1,23	1,04	0,21	0,45	0,33	0,90	0,00	-
Valores de F															
F Blocos			1,07 <sup>ns</sup>			2,95 <sup>ns</sup>			1,15 <sup>ns</sup>			0,70 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	-	-
F Local			1269**			1120**			44,54**			138,57**			
F Gesso			2,59 <sup>ns</sup>			16,34**			5,09*			1,30 <sup>ns</sup>	1,80 <sup>ns</sup>	-	-
F Linear			0,06 <sup>ns</sup>			61,44**			18,18**			3,39 <sup>ns</sup>	2,00 <sup>ns</sup>	-	-
F Quadrático			9,33*			12,20**			1,00 <sup>ns</sup>			1,83 <sup>ns</sup>	6,25*	-	-
F Cúbico			2,83 <sup>ns</sup>			2,68 <sup>ns</sup>			0,29 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	-	-
F Gesso * Local			0,24 <sup>ns</sup>			0,21 <sup>ns</sup>			0,54 <sup>ns</sup>			1,01 <sup>ns</sup>			-
C.V. (%)			5,25			13,37			30,56			25,28	22,88	-	-

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 12A. Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 10-20cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	H+Al			S			V			SB			CTCef		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			mg dm <sup>-3</sup>			%			cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					
0	4,79	3,82	4,30	21,77	9,10	15,43	46,34	65,56	55,95	4,16	7,24	5,70	5,15	7,24	6,20
1000	4,62	4,27	4,45	28,21	14,69	21,45	49,61	62,85	56,23	4,54	7,25	5,90	5,40	7,25	6,33
2000	4,56	3,99	4,27	39,95	16,34	28,14	50,04	64,82	57,43	4,61	7,33	5,97	5,40	7,33	6,37
3000	4,79	4,05	4,42	49,06	20,47	34,76	50,79	66,41	58,60	4,89	7,88	6,38	5,57	7,88	6,73
4000	3,76	3,65	3,70	57,01	49,38	53,19	56,93	67,84	62,38	4,91	7,68	6,29	5,71	7,68	6,70
5000	4,56	3,82	4,19	78,11	35,94	57,03	49,34	65,89	57,62	4,43	7,38	5,91	5,30	7,38	6,34
Médias	4,51	3,93	4,22	45,68	24,32	35,00	50,51	65,56	58,03	4,59	7,46	6,02	5,42	7,46	6,45
Valores de F															
F Blocos			2,47*			1,15 <sup>ns</sup>			2,84 <sup>ns</sup>			2,85*			4,23**
F Local			21,11**			16,80**			167,81**			1973**			752**
F Gesso			1,27 <sup>ns</sup>			7,02*			1,16 <sup>ns</sup>			10,93**			4,86*
F Linear			1,73 <sup>ns</sup>			33,65**			2,38 <sup>ns</sup>			15,85*			6,80*
F Quadrático			0,04 <sup>ns</sup>			0,38 <sup>ns</sup>			0,57 <sup>ns</sup>			24,17**			11,20*
F Cúbico			1,57 <sup>ns</sup>			0,22 <sup>ns</sup>			1,83 <sup>ns</sup>			6,09 <sup>ns</sup>			4,30 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local			0,43 <sup>ns</sup>			0,90 <sup>ns</sup>			0,43 <sup>ns</sup>			0,13 <sup>ns</sup>			0,29 <sup>ns</sup>
C.V. (%)			19,72			65,32			12,95			12,86			9,2

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 13A. Resumo da análise de variância para pH, Ca, Mg, K e Al no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso --- kg ha <sup>-1</sup> ----	pH			Ca			Mg			K			Al		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----														
0	4,17	5,42	4,79	2,98	4,65	3,82	0,90	1,30	1,10	0,20	0,39	0,29	1,07	0,00	-
1000	4,23	5,38	4,81	2,97	5,31	4,14	0,97	1,21	1,09	0,21	0,35	0,28	0,88	0,00	-
2000	4,33	5,44	4,89	3,75	4,97	4,36	0,90	1,17	1,04	0,20	0,38	0,29	0,83	0,00	-
3000	4,37	5,39	4,88	3,63	5,25	4,44	1,02	1,28	1,15	0,22	0,43	0,32	0,72	0,00	-
4000	4,30	5,43	4,87	3,38	5,63	4,51	0,84	1,15	0,99	0,18	0,33	0,26	0,89	0,00	-
5000	4,18	5,38	4,78	3,74	5,68	4,71	0,70	1,08	0,89	0,17	0,34	0,25	1,01	0,00	-
Médias	4,26	5,41	4,83	3,41	5,25	4,33	0,89	1,20	1,04	0,20	0,37	0,28	0,90	0,00	-
Valores de F															
F Blocos			1,88 <sup>ns</sup>			0,62 <sup>ns</sup>			1,14 <sup>ns</sup>			1,97 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	-	-
F Local			130 <sup>**</sup>			115 <sup>**</sup>			123 <sup>**</sup>			263 <sup>**</sup>			
F Gesso			0,74 <sup>ns</sup>			2,20 <sup>ns</sup>			7,68 <sup>**</sup>			1,00 <sup>ns</sup>	5,20 <sup>**</sup>	-	-
F Linear			0,05 <sup>ns</sup>			10,20 <sup>*</sup>			19,20 <sup>**</sup>			1,29 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	-	-
F Quadrático			3,00 <sup>ns</sup>			0,40 <sup>ns</sup>			6,50 <sup>ns</sup>			1,24 <sup>ns</sup>	23,51 <sup>**</sup>	-	-
F Cúbico			0,41 <sup>ns</sup>			0,31 <sup>ns</sup>			3,33 <sup>ns</sup>			0,21 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	-	-
F Gesso * Local			0,51 <sup>ns</sup>			1,57 <sup>ns</sup>			0,92 <sup>ns</sup>			0,26 <sup>ns</sup>			-
C.V. (%)			3,90			13,45			25,30			29,37	14,97	-	-

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 14A. Resumo da análise de variância para H+Al, S, V%, SB e CTCef no solo na camada de 20-40cm de profundidade na coleta após 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso ---- kg ha <sup>-1</sup> ----	H+Al			S			V			SB			CTCef		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					
0	4,73	3,48	4,10	20,33	10,94	15,63	46,33	64,82	55,57	4,08	6,35	5,21	5,15	6,35	5,75
1000	4,79	3,53	4,16	47,78	22,41	35,10	46,43	66,21	56,32	4,16	6,86	5,51	5,03	6,86	5,95
2000	4,27	3,25	3,76	66,13	30,41	48,27	53,21	66,85	60,03	4,85	6,52	5,69	5,68	6,52	6,10
3000	4,44	4,05	4,24	73,90	31,37	52,63	52,18	63,54	57,86	4,87	6,96	5,92	5,59	6,96	6,28
4000	4,39	3,02	3,71	75,63	54,39	65,01	49,68	70,32	60,00	4,40	7,11	5,76	5,29	7,11	6,20
5000	4,16	3,25	3,70	110,51	52,45	81,48	52,26	68,98	60,62	4,61	7,09	5,85	5,62	7,09	6,36
Médias	4,46	3,42	3,94	66,23	30,49	48,36	45,49	66,77	56,13	4,50	6,82	5,66	5,39	6,83	6,11
Valores de F															
F Blocos			3,91**			1,26 <sup>ns</sup>			2,36 <sup>ns</sup>			0,82 <sup>ns</sup>			0,75 <sup>ns</sup>
F Local			32,37**			20,92**			128,08**			202,08**			80,38**
F Gesso			1,81 <sup>ns</sup>			7,13*			1,51 <sup>ns</sup>			1,67 <sup>ns</sup>			1,75 <sup>ns</sup>
F Linear			3,45 <sup>ns</sup>			34,75**			5,54*			6,61*			7,31**
F Quadrático			0,25 <sup>ns</sup>			0,05 <sup>ns</sup>			0,19 <sup>ns</sup>			1,69 <sup>ns</sup>			0,52 <sup>ns</sup>
F Cúbico			0,09 <sup>ns</sup>			0,78 <sup>ns</sup>			0,12 <sup>ns</sup>			0,04 <sup>ns</sup>			0,11 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local			0,25 <sup>ns</sup>			1,77 <sup>ns</sup>			0,53 <sup>ns</sup>			0,94 <sup>ns</sup>			1,47 <sup>ns</sup>
C.V. (%)			16,27			45,04			12,62			12,63			8,82

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.



Tabela 15A. Resumo da análise de variância para saturação por alumínio no solo na camada de 0-10, 10-20 e 20-40cm de profundidade na coleta após seis e 12 meses da adição de doses de gesso agrícola aplicado à lanço apenas no local 1

Doses gesso	Saturação por Al					
	6 meses			12 meses		
	0-10cm	10-20cm	20-40cm	0-10cm	10-20cm	20-40cm
----- kg ha <sup>-1</sup> -----	----- % -----					
0	10,41	12,30	16,30	14,02	19,22	20,78
1000	6,75	8,78	13,60	12,96	15,93	17,50
2000	6,28	7,87	12,80	11,39	14,63	14,61
3000	4,49	6,84	9,06	7,99	12,21	12,88
4000	6,14	9,50	10,19	9,78	14,01	16,82
5000	6,11	9,62	11,11	11,55	16,42	17,97
Médias	6,70	9,15	12,18	12,28	15,40	16,76
Valores de F						
F Blocos	0,19 <sup>ns</sup>	1,01 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	2,39*	0,33 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>
F Gesso	6,02**	2,03 <sup>ns</sup>	2,69*	1,80 <sup>ns</sup>	1,66 <sup>ns</sup>	3,22*
F Linear	13,56**	1,33 <sup>ns</sup>	7,73*	4,68*	2,02 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>
F Quadrático	13,82**	7,23*	4,06*	4,94*	5,84*	13,26**
F Cúbico	0,90 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	31,17	38,17	29,91	35,02	28,84	21,02

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 16A. Saturação de Ca, Mg e K em relação a CTC efetiva nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40 cm na média de dois locais aos seis e doze meses após a aplicação do gesso agrícola

Dose	6 meses			12 meses		
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K
<b>0-10cm</b>						
-----kg $ha^{-1}$ -----	----- % -----					
Teor inicial	69,49	22,91	6,33	69,49	22,91	6,33
0	67,23	19,97	8,22	68,31	19,58	6,20
1000	69,83	18,36	8,47	73,71	15,59	5,42
2000	72,07	16,84	8,04	75,21	14,04	5,87
3000	74,44	15,91	7,39	77,51	14,06	4,82
4000	76,11	13,74	7,18	79,07	11,80	4,78
5000	78,67	11,74	6,55	81,21	9,68	4,19
<b>10-20cm</b>						
-----kg $ha^{-1}$ -----	----- % -----					
Teor inicial	69,52	23,17	4,83	69,52	23,17	4,83
0	65,94	20,30	8,31	66,45	19,84	5,48
1000	70,36	18,85	6,69	71,09	16,75	5,21
2000	71,81	17,52	6,85	71,27	16,64	5,81
3000	73,00	17,18	6,59	72,66	17,24	4,90
4000	74,38	15,21	6,24	75,37	13,73	4,78
5000	75,93	13,65	5,87	75,87	12,78	4,57
<b>20-40cm</b>						
-----kg $ha^{-1}$ -----	----- % -----					
Teor inicial	70,72	21,96	3,95	70,72	21,96	3,95
0	66,36	20,03	6,12	66,43	19,13	5,04
1000	68,48	19,44	5,60	69,58	18,32	4,71
2000	69,00	18,78	6,26	71,48	17,05	4,75
3000	71,92	18,12	5,39	70,70	18,31	5,10
4000	72,41	17,36	5,25	72,74	15,97	4,19
5000	73,28	16,40	4,89	74,06	13,99	3,93

Tabela 17A. Resumo da análise de variância para produtividade, massa de 1000 grãos e Ca no tecido foliar na cultura do trigo em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso kg ha <sup>-1</sup>	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>			Massa de 1000 grãos g			Ca g kg <sup>-1</sup>		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
0	1303,73	2332,40	1818,06	36,75	41,83	39,29	38,98	33,83	36,40
1000	1416,26	2062,90	1739,06	40,00	41,50	40,75	37,81	27,56	32,69
2000	1615,86	2296,47	1956,16	42,42	40,33	41,38	29,77	33,64	31,71
3000	1579,76	2062,90	1821,33	39,67	39,50	39,58	35,98	27,50	31,74
4000	1743,26	2036,77	1890,01	42,50	41,00	41,75	38,58	27,56	33,07
5000	1609,49	1946,93	1778,21	39,67	41,17	40,42	30,02	25,54	27,78
Médias	1544,73	2123,06	1833,89	40,17	40,89	40,53	35,19	29,27	32,23
Valores de F									
F Blocos	1,72 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	1,34 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	2,72 <sup>ns</sup>	1,18 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
F Local			42,31 <sup>**</sup>			0,70 <sup>ns</sup>			18,90 <sup>**</sup>
F Gesso	1,04 <sup>ns</sup>	1,02 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	2,61 <sup>*</sup>	2,96 <sup>*</sup>	1,03 <sup>ns</sup>
F Linear	3,65 <sup>a</sup>	3,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	2,74 <sup>ns</sup>	7,63 <sup>*</sup>	
F Quadrático	0,94 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	3,72 <sup>a</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	
F Cúbico	0,10 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	4,55 <sup>*</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	
F Gesso * Local			1,54 <sup>ns</sup>			1,50 <sup>ns</sup>			2,70 <sup>*</sup>
C.V. (%)	24,54	17,68	20,56	9,92	8,15	9,06	18,24	17,24	17,92

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F;

<sup>a</sup> significativo em nível de 6,5% pelo teste F.

Tabela 18A. Resumo da análise de variância para os teores de Mg, K, Al e S no tecido foliar na cultura do trigo em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso kg ha <sup>-1</sup>	Mg			K			Al			S		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
0	12,04	10,58	11,31	16,46	19,25	17,85	0,30	0,48	0,39	16,2	19,5	17,8
1000	12,30	9,00	10,59	17,75	19,29	18,52	0,31	0,42	0,37	19,2	20,9	20,1
2000	11,50	10,71	11,10	22,38	19,53	21,00	0,34	0,39	0,35	19,7	22,3	21,0
3000	11,83	9,00	10,42	17,58	18,56	18,12	0,29	0,54	0,42	21,2	22,9	22,0
4000	12,08	8,58	10,33	17,96	20,53	19,13	0,33	0,39	0,36	19,6	22,5	21,1
5000	9,63	8,08	8,85	18,04	20,88	19,45	0,36	0,49	0,43	19,6	22,3	21,0
Médias	11,56	9,33	10,44	18,36	19,72	19,04	0,32	0,45	0,39	19,3	21,7	20,5
Valores de F												
F Blocos	0,12 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>			3,02*			0,96 <sup>ns</sup>			0,36 <sup>ns</sup>
F Local			57,30**			2,55 <sup>ns</sup>			41,23**			41,89**
F Gesso	4,63**	3,70**	2,41 <sup>ns</sup>			1,15 <sup>ns</sup>			0,62 <sup>ns</sup>			19,00**
F Linear	10,41**	10,89**				0,77 <sup>ns</sup>			1,14 <sup>ns</sup>			27,18**
F Quadrático	4,98*	0,36 <sup>ns</sup>				0,70 <sup>ns</sup>			1,30 <sup>ns</sup>			22,28**
F Cúbico	3,78 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>				1,08 <sup>ns</sup>			0,01 <sup>ns</sup>			0,54 <sup>ns</sup>
F Gesso * Local			2,38*			1,05 <sup>ns</sup>			2,24 <sup>ns</sup>			0,51 <sup>ns</sup>
C.V. (%)	9,71	14,71	12,00			19,00			21,57			7,6

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 19A. Resumo da análise de variância para produtividade, massa de 1000 grãos e Ca no tecido foliar na cultura da soja em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso	Produtividade			Massa de 1000 grãos			Ca		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
----- kg ha <sup>-1</sup> -----	----- kg ha <sup>-1</sup> -----			----- g -----			----- g kg <sup>-1</sup> -----		
0	3740,70	2991,45	3355,08	97,42	136,16	116,8	35,63	46,50	41,06
1000	3535,35	2927,32	3231,33	95,50	133,70	114,6	35,81	47,56	41,69
2000	3568,65	3073,46	3321,06	95,00	131,70	113,4	34,94	52,94	43,94
3000	3706,78	2825,57	3266,18	97,00	135,80	116,4	46,88	52,38	49,63
4000	3537,20	2924,85	3231,02	94,17	132,60	113,4	46,38	50,96	48,66
5000	3656,83	2821,86	3239,35	94,83	132,77	113,8	44,23	50,85	47,54
Médias	3624,25	2927,42	3275,84	95,65	133,79	114,72	40,65	50,20	45,42
Valores de F									
F Blocos			3,37 <sup>ns</sup>			1,01 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	1,36 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
F Local			114,81 <sup>**</sup>			1134,18 <sup>**</sup>			133,58 <sup>**</sup>
F Gesso			0,56 <sup>ns</sup>			15,45 <sup>*</sup>	14,67 <sup>*</sup>	3,67 <sup>ns</sup>	2,13 <sup>ns</sup>
F Linear			0,96 <sup>ns</sup>			1,95 <sup>ns</sup>	47,49 <sup>**</sup>	7,64 <sup>*</sup>	
F Quadrático			0,08 <sup>ns</sup>			0,24 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	7,03 <sup>*</sup>	
F Cúbico			0,13 <sup>ns</sup>			1,10 <sup>ns</sup>	1,22 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	
F Gesso * Local			1,11 <sup>ns</sup>			0,08 <sup>ns</sup>			6,22 <sup>**</sup>
C.V. (%)			7,50			4,19	9,1	6,63	7,72

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

Tabela 20A. Resumo da análise de variância para os teores de Mg, K, Al e S no tecido foliar na cultura da soja em função das doses de gesso agrícola aplicado à lanço em dois locais

Doses gesso	Mg			K			Al			S		
	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média	Local 1	Local 2	Média
----- kg ha <sup>-1</sup> -----	----- g kg <sup>-1</sup> -----											
0	9,13	12,96	11,04	10,13	17,38	13,75	0,39	0,42	0,40	12,2	12,9	12,5
1000	8,88	12,75	10,81	10,32	18,50	14,41	0,40	0,43	0,41	12,4	13,0	12,7
2000	8,56	13,00	10,83	13,08	19,17	16,13	0,34	0,40	0,37	14,1	14,7	14,4
3000	12,00	12,00	12,00	13,79	19,25	16,52	0,48	0,51	0,50	14,4	15,1	14,7
4000	11,54	13,17	12,35	13,71	19,42	16,56	0,50	0,49	0,49	14,3	13,9	14,1
5000	11,17	12,83	12,00	13,29	16,96	15,13	0,54	0,57	0,56	14,3	12,7	13,5
Médias	10,21	12,79	11,51	12,39	18,45	15,41	0,44	0,47	0,46	13,6	13,7	13,7
Valores de F												
F Blocos	0,84 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>			0,78 <sup>ns</sup>			0,76 <sup>ns</sup>	3,40*	0,12 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
F Local			138,51**			102,29**			2,72 <sup>ns</sup>			0,20 <sup>ns</sup>
F Gesso	19,40**	1,01 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>			2,28 <sup>ns</sup>			41,17**	16,55**	3,77*	3,92 <sup>ns</sup>
F Linear	57,25**	0,01 <sup>ns</sup>				4,91 <sup>ns</sup>			39,16**	61,21**	0,28 <sup>ns</sup>	
F Quadrático	0,27 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>				6,62**			4,84 <sup>ns</sup>	13,52**	14,19**	
F Cúbico	1,78 <sup>ns</sup>	0,1 <sup>ns</sup>				1,00 <sup>ns</sup>			1,0 <sup>ns</sup>	1,14 <sup>ns</sup>	1,65 <sup>ns</sup>	
F Gesso * Local			10,41**			1,13 <sup>ns</sup>			0,25 <sup>ns</sup>			2,54*
C.V. (%)	8,15	7,83	8,00			16,48			16,70	4,57	9,23	7,30

\* e \*\* significativo em nível de 5% e 1%, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo em nível de 5% pelo teste F.

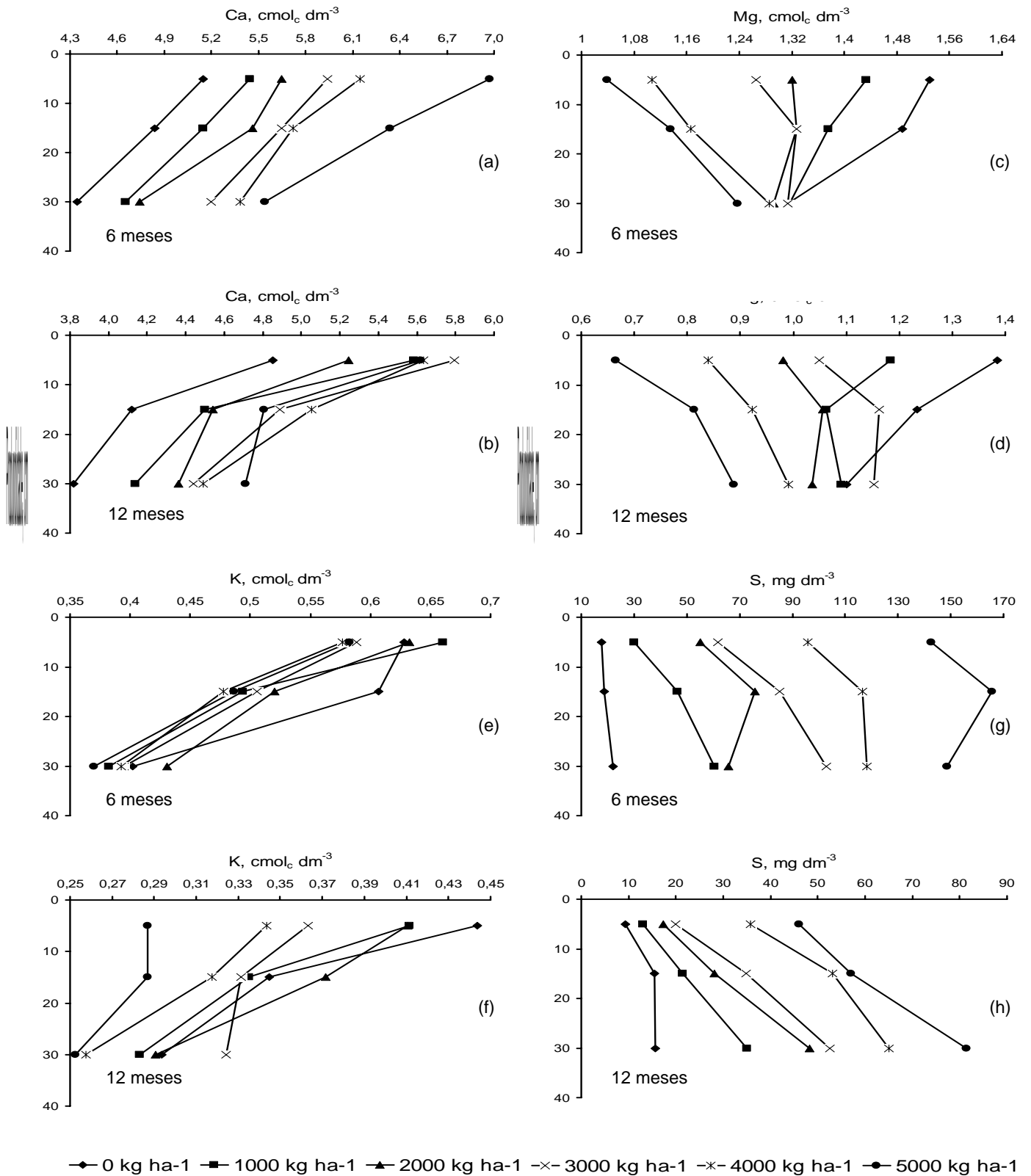


Figura 9A. Teor de Ca (a,b), Mg (c,d), K (e,f) e S (g,h) no solo aos seis e 12 meses após a aplicação das doses de gesso agrícola.

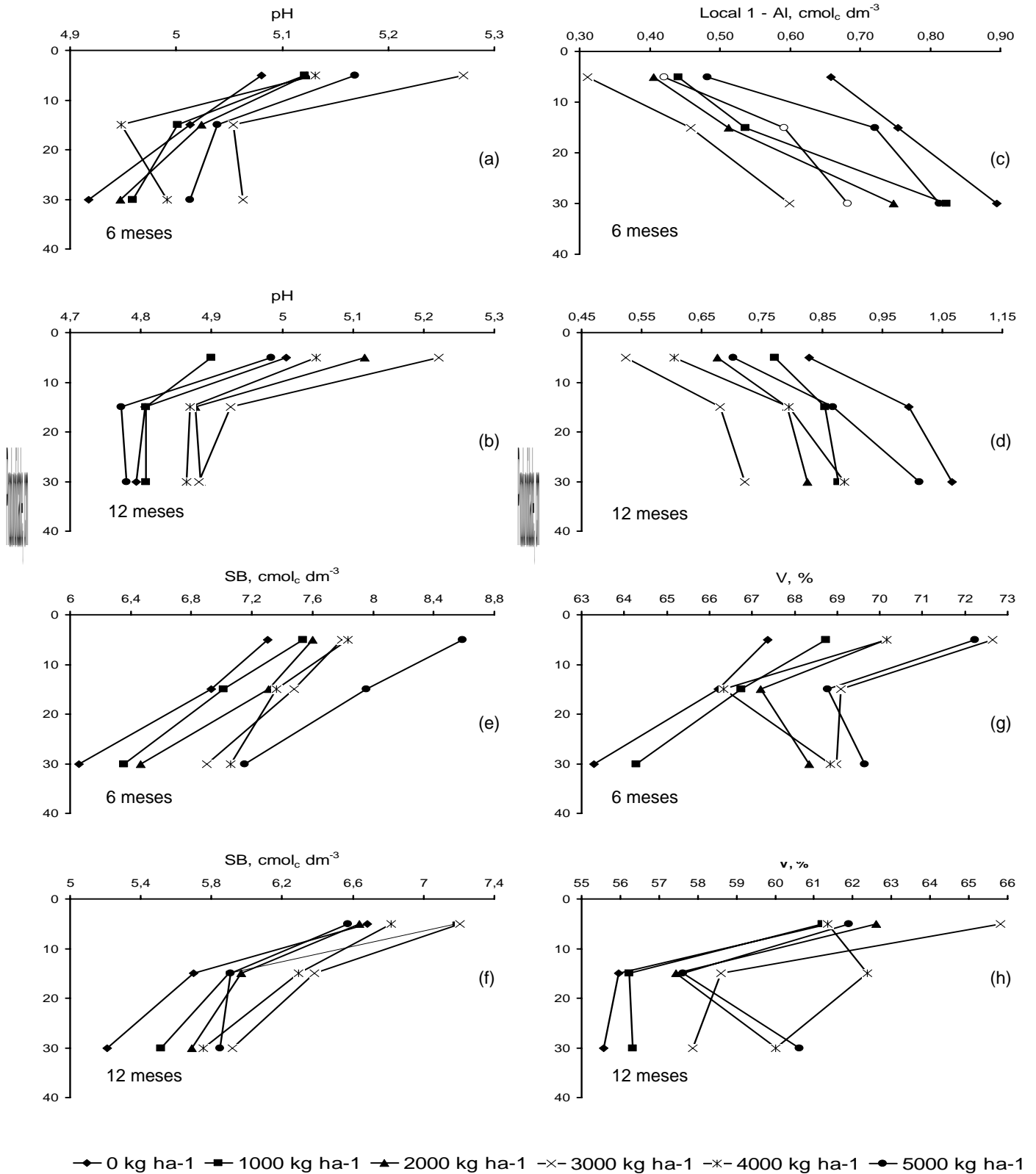


Figura 10A. pH (a,b), teor de Al – Local 1 (c,d), SB (e,f) e V% (g,h) no solo aos seis e 12 meses após a aplicação das doses de gesso agrícola.



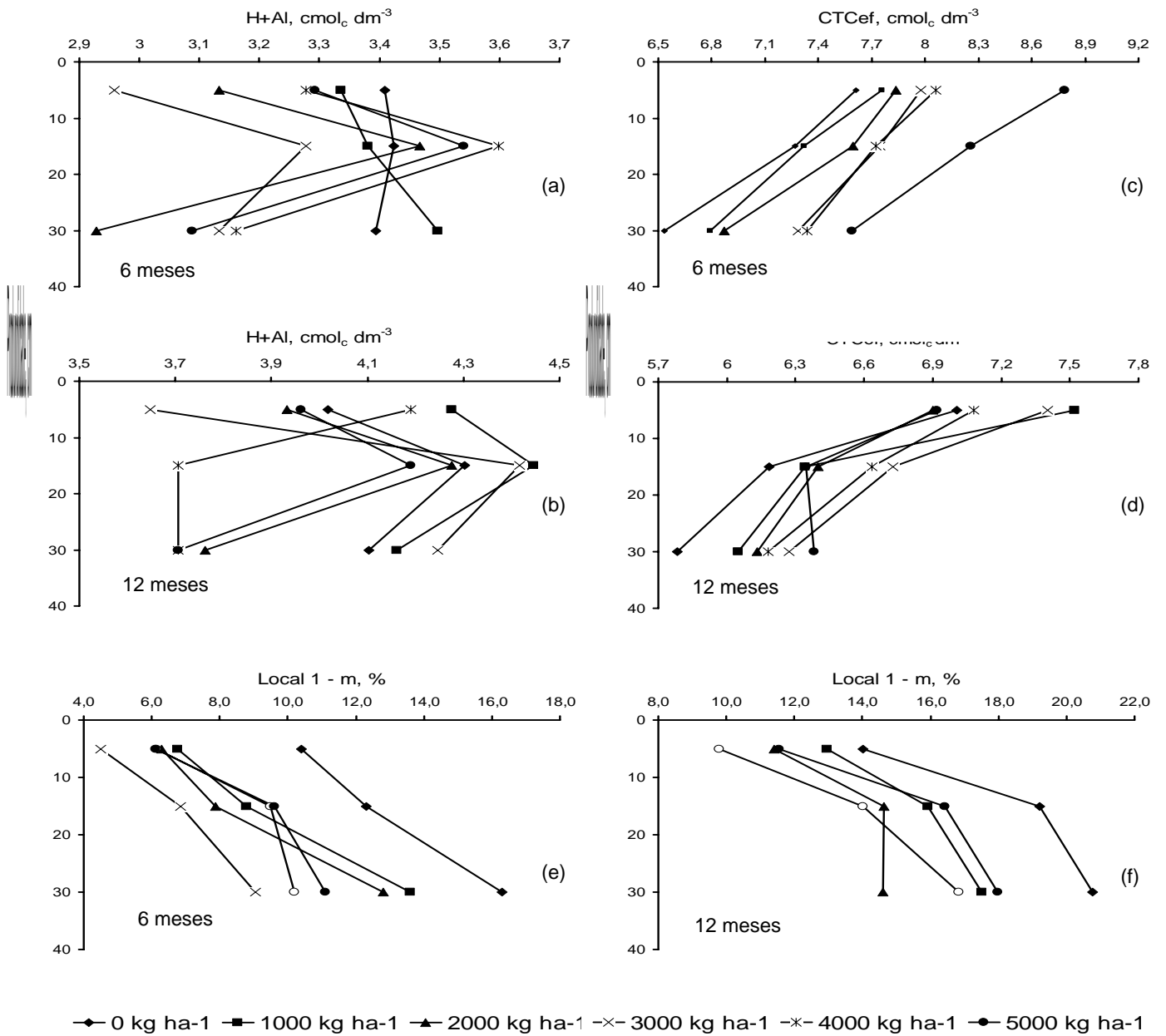


Figura 11A. H+Al (a,b), CTCef (c,d), m (e,f) no solo aos seis e 12 meses após a aplicação das doses de gesso agrícola.