

ISMAEL FERREIRA

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA
DE MILHO (*Zea mays* L.) E FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
CULTIVADOS SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CAL-
CÁRIO E GESSO

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração:
Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção
do grau de "Mestre".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

PLANT. FERREIRA

PRODUÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA
DE MILHO E FEIJÃO
CULTIVADOS SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES DE CAL
CARO E GESSO

Esta pesquisa foi realizada na Escola Superior
de Agricultura de Lavras, com o intuito de
estudar os efeitos da aplicação de cal e gesso
na produção de milho e feijão, sob diferentes
combinações de doses.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1961

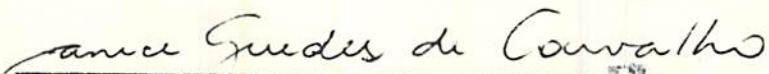
ISMAEL FERREIRA

NUTRIÇÃO MINERAL E PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA DE MILHO
(Zea mays L.) E FEIJÃO (Phaseolus vulgaris L.)
CULTIVADOS SOB DIFERENTES COMBINAÇÕES
DE CALCÁRIO E GESSO

APROVADA:



Prof^a Dr. Geraldo Aparecido de Aquino Guedes
- orientador -



Prof^a Dra. Janice Guedes de Carvalho



Prof^a Dr. Mozart Martins Ferreira

NOTA: O MINERAL É PRODUZIDO DE MATERIA BRUTA DE RILHO

DE RILHO (L.) É PRODUZIDO (L.)

CULTIVADOS DE (L.)

DE RILHO (L.)

PROF. DR. (L.)

PROF. DR. (L.)

PROF. DR. (L.)

Aos:

Meus pais (João Pequeno e Margarida),

Sogros (José Abílio e Maria),

irmãos, e

cunhados...

OFEREÇO

A minha esposa Ivone,

e meus filhos Ricardo,

Mariana e Andressa...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Fundação Educacional de Ituiutaba e à Escola Superior de Agricultura de Lavras, em especial ao Departamento de Ciência do solo, pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Geraldo Aparecido de Aquino Guedes, Mozart Martins Ferreira e Janice Guedes de Carvalho, e ao pesquisador da EPAMIG, Paulo Tácito Gontijo Guimarães pela orientação, apoio e amizade no decorrer do curso.

Aos Professores Nilton Curi, José Maria, Alfredo Scheid Lopes, Fabiano Ribeiro do Vale, Valdemar Faquin pelas valiosas colaborações e ensinamentos.

Ao Engo Agro João Batista (chefe laboratório), João, Delane, Carlinhos, Ana, Humberto, Elaise, Jairo, Vera, Cida, Pezão, Zé Arcanjo, Aclindo, Rogério e Bosco pelos serviços e amizade.

Aos colegas de curso pela amizade e convivência, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

PAGINA

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Calagem e gessagem: considerações gerais.....	03
2.2. Calagem e gessagem: alterações químicas e físicas no solo.....	05
2.3. Dinâmica de cátions no solo.....	11
2.4. Alumínio, cálcio, sulfato e nutrição vegetal.....	20
2.5. Perspectivas do uso de gesso agrícola.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS	
3.1. Coleta e preparo do solo.....	29
3.2. Adubação básica de plantio.....	31
3.2.1. Milho.....	31
3.2.2. Feijão.....	32
3.3. Irrigação.....	33
3.4. Desbaste e adubação em cobertura.....	34
3.4.1. Milho.....	34
3.4.2. Feijão.....	34
3.5. Colheita das plantas.....	34
3.6. Delineamento experimental e análise estatística.....	35
3.7. Análises químicas.....	35
3.7.1. Solo.....	35
3.7.2. Plantas.....	36

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise química do solo antes(AC) e depois dos cultivos do milho(DM) e do feijoeiro(DF).....	37
4.1.1. pH em água.....	37
4.1.2. Fósforo disponível.....	40
4.1.3. Sulfato disponível no solo ($S-SO_4^{-2}$).....	43
4.1.4. Cátions básicos no solo (K, Ca e Mg).....	45
4.1.4.1. K trocável.....	45
4.1.4.2. Ca trocável.....	49
4.1.4.3. Mg trocável.....	51
4.1.5. Alumínio trocável, saturação por alumínio(m%) e manganês disponível no solo.....	53
4.1.5.1. Al trocável e saturação por Al(m%)..	53
4.1.5.2. Mn disponível no solo.....	58
4.1.6. Relações catiônicas no solo.....	61
4.1.6.1. Relação Ca/K no solo.....	61
4.1.6.2. Relação Mg/K no solo.....	64
4.1.6.3. Relação Ca/Mg no solo.....	67
4.2. Matéria seca, teores e quantidades acumuladas de nutrientes na parte aérea das plantas.....	69
4.2.1. Produção de matéria seca.....	69
4.2.2. Teores e quantidades acumuladas de P na parte aérea das plantas.....	76
4.2.3. Teores e quantidades acumuladas de K, Ca e Mg na parte aérea das plantas.....	79
4.2.4. Teores e quantidades acumuladas de S na parte aérea das plantas.....	90

4.2.5. Teores e quantidades acumuladas de Mn na parte aérea das plantas.....	94
4.2.6. Relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg na parte aérea das plantas.....	97
4.2.6.1. Relação K/Ca em milho e feijoeiro...	97
4.2.6.2. Relação K/Mg em milho e feijoeiro..	102
4.2.6.3. Relação Ca/Mg em milho e feijoeiro.	103
5. CONCLUSÕES.....	105
6. RESUMO.....	106
7. SUMMARY.....	108
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	110
9. APENDICE.....	127

LISTA DE QUADROS

QUADRO	PAGINA
QUADRO 1 - Análises química e física do Latossolo Roxo utilizado no experimento, realizadas antes da calagem e gessagem (camada 0-20 cm).....	30
QUADRO 2 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para pH, P e $S-SO_4^{2-}$ no solo em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).....	38
QUADRO 3 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para K, Ca e Mg no solo em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).....	46
QUADRO 4 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para alumínio trocável, saturação por alumínio (m%) e Mn disponível em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	54
QUADRO 5 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para as relações Ca/K, Mg/K e Ca/Mg no solo em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	62
QUADRO 6 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para matéria seca (M.S.) de feijoeiro e resultados da análise química da parte aérea em função da calagem (C) e gessagem (G).....	70
QUADRO 7 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para matéria seca (M.S.) do milho e resultados da análise química da parte aérea em função da calagem (C) e gessagem (G).....	71

- QUADRO 8 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para as relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg estabelecidas na parte aérea das plantas de milho (M) e feijoeiro (F), em função da calagem (C) e gessagem (G).....98
- QUADRO 1A - Resumo das análises de variância dos parâmetros, pH, P, $S-SO_4^{2-}$, Al, saturação por alumínio (m%) e Mn, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).....128
- QUADRO 2A - Resumo das análises de variância para K, Ca, Mg e as relações entre ambos no solo (Ca/K, Mg/K, Ca/Mg) obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).....129
- QUADRO 3A - Resumo das análises de variância para matéria seca (g), P, K, Ca, Mg e S (mg) e Mn (ug), acumulados na parte aérea de plantas de milho (M) e feijoeiro (F).....130
- QUADRO 4A - Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes (%), Mn (ppm) e relações entre cátions básicos na parte aérea de plantas de milho (M) e feijoeiro (F).....131
- QUADRO 5A - Resultados analíticos das amostras de solo referentes a pH em água, P e $S-SO_4^{2-}$, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF), em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....132
- QUADRO 6A - Resultados analíticos das amostras de solo referentes a potássio, cálcio e magnésio trocáveis, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....133
- QUADRO 7A - Resultados analíticos das amostras de solo referentes a alumínio trocável, saturação por alumínio (m%) e manganês disponível, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....134

- QUADRO 8A - Relações de cátions básicos estabelecidas a partir dos resultados analíticos das amostras de solo obtidas antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....135
- QUADRO 9A - Produção de matéria seca (MS) e quantidade acumulada de macronutrientes (mg) e Mn (μg) na parte aérea de plantas de milho, em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....136
- QUADRO 10A- Produção de matéria seca (MS) e quantidade acumulada de macronutrientes (mg) e Mn (μg) na parte aérea de plantas de feijoeiro, em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....137
- QUADRO 11A- Teores de macronutrientes (%) e Mn (ppm) encontrados na parte aérea de plantas de milho em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....138
- QUADRO 12A- Teores de macronutrientes (%) e Mn (ppm) encontrados na parte aérea de plantas de feijoeiro em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....139
- QUADRO 13A- Relações entre cátions (K/Ca, K/Mg, Ca/Mg) estabelecidas na parte aérea de plantas de milho (M) e feijoeiro (F) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.....140

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
FIGURA 1 - Valores de pH em água em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	39
FIGURA 2 - Valores de P disponível no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	42
FIGURA 3 - Valores de $S-SO_4^{2-}$ no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo de milho (DM) e feijoeiro (DF).....	44
FIGURA 4 - Valores de K trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do feijoeiro (DF).....	47
FIGURA 5 - Valores de Ca trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	50
FIGURA 6 - Valores de Mg trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	52
FIGURA 7 - Valores de Al trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	56
FIGURA 8 - Valores de saturação por Al (m%) em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	57
FIGURA 9 - Valores de Mn no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	59
FIGURA 10 - Relações Ca/K no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....	63

- FIGURA 11 - Relações Mg/K no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....66
- FIGURA 12 - Relações Ca/Mg no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).....68
- FIGURA 13 - Produção de matéria seca por plantas de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....73
- FIGURA 14 - Teor e quantidade de P acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....78
- FIGURA 15 - Teor e quantidade de K acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....80
- FIGURA 16 - Teor e quantidade de Ca acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....84
- FIGURA 17 - Teor e quantidade de Mg acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....87
- FIGURA 18 - Teor e quantidade de S acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....91
- FIGURA 19 - Teor e quantidade de Mn acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.....95
- FIGURA 20 - Relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg em plantas de milho em função da calagem e gessagem.....99
- FIGURA 21 - Relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg em plantas de feijoeiro em função da calagem e gessagem.....100

1. INTRODUÇÃO

O uso do gesso agrícola em solos altamente intemperizados surge como bastante promissor pela sua atuação no crescimento radicular ao fornecer cálcio e reduzir a atividade do alumínio em solução. Deve-se ressaltar, entretanto, que muitos estudos têm mostrado que a aplicação isolada de gesso promove também a lixiviação do potássio e do magnésio, o que pode ser agravado quando os solos são muito pobres em cátions básicos (REEVE & SUMNER, 1972 e RITCHEY *et alii*, 1980). Neste caso, a combinação de calcário e gesso agrícola, em proporções adequadas tem sido sugerida para minimizar perdas além da área explorada pelas raízes. O calcário promove elevação na CTC pela liberação de cargas dependentes de pH predominantes em solos tropicais, precipita alumínio, e, maior quantidade de potássio e magnésio será retida nas cargas negativas disponíveis. Com a aplicação de gesso na camada de 0-20cm, cálcio e sulfato seriam potencialmente mais móveis no perfil do solo pela formação de pares iônicos de carga neutra; com isso, ocorreria maior

concentração do cátion básico e tornaria menos ativo o alumínio tóxico a maiores profundidades, facilitando a penetração das raízes.

Deve-se salientar, entretanto, que a concentração de um nutriente na solução do solo, é função, principalmente, da sua quantidade adsorvida e da forma de retenção exercida pelo material coloidal, além da presença de outros cátions no complexo sortivo. É importante ressaltar, portanto, que quando se adiciona muito um cátion no sistema, cálcio por exemplo, através de doses excessivas de calcário ou gesso, poderá haver um desbalanço em relação aos outros. No solo, as interações e as relações entre os cátions K, Ca, Mg são de grande importância para um fornecimento equilibrado e eficiente destes nutrientes às plantas. De modo geral, existe uma concordância entre os pesquisadores de que se deve dar valor tanto à quantidade absoluta quanto à quantidade relativa de um nutriente no solo, para que a produção não seja limitada por aquele de menor disponibilidade, ratificando a "Lei do Mínimo" ou de Liebig.

Com base nessas premissas, propôs-se a realização do presente trabalho objetivando avaliar o efeito da calagem e gessagem na dinâmica dos cátions básicos no solo, na camada de 0-20 cm, na nutrição e crescimento de plantas de milho e feijoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Calagem e gessagem: considerações gerais

O gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um subproduto da obtenção do ácido fosfórico, contém de 25-28% de CaO e 14-17% de enxofre (S), com uma produção anual estimada em 3,6 milhões de toneladas, portanto, com grande potencialidade de uso (PAOLINELLI *et alii*, 1986). O conceito de "subproduto incômodo" para a indústria passa a ser alterado configurando-o como um insumo agrícola nobre.

A acidificação do solo é resultante da remoção de cátions básicos do seu complexo de troca. Neste aspecto, pode-se dizer que, de maneira geral, a energia de ligação do cátion ao colóide aumenta com a valência e diminui com o grau de hidratação, dentre outros fatores, assim, a série preferencial em ordem decrescente é: $\text{H}^+ > \text{Al}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+$, sendo o hidrogênio (H^+) exceção à regra por apresentar ligação covalente (RAIJ, 1988 e LOPES & GUIDOLIN, 1989). Em suma, os cátions

básicos são lixiviados em quantidades apreciáveis, permanecendo residualmente alumínio trivalente ocupando grande parte da CTC do solo. Uma vez que a eletroneutralidade do solo tende a ser mantida, pois cátions não lixiviam isoladamente, a origem dos ânions responsáveis pela lixiviação dessas bases está na mineralização da matéria orgânica, dissociação do CO_2^{2-} ou transformação de fertilizantes acidificantes do solo (RAIJ, 1987). Entretanto, RESENDE *et alii* (1988), alertam para o fato de que perdas por lixiviação ou percolação tendem a ser bem menos expressivas do que aquelas por erosão. Justificam, citando que mesmo em Latossolos muito permeáveis, corrigidos durante muitos anos com calagem e adubação, ainda persiste o problema de acidez por alumínio em subsuperfície. Neste aspecto, a acidificação do solo parece ser um processo inevitável, exigindo, portanto, correções periódicas da mesma pela aplicação de materiais corretivos visando manter um nível adequado de produtividade das culturas.

A correção da acidez dos solos tropicais representa uma das mais importantes técnicas de manejo visando colocá-los eficientemente no processo produtivo. Entretanto, apesar da calagem ter comportamento bem definido e conhecido (LOPES, 1984; THOMAS & HARGROVE, 1984 e RAIJ, 1988), nota-se que a situação brasileira é de subutilização deste insumo na maioria dos solos e culturas, o que confere baixa eficiência aos fertilizantes, e, conseqüentemente, baixas produtividades.

2.2. Calagem e gessagem: alterações químicas e físicas no solo

A ação da calagem é representada pela somatória de efeitos interativos, beneficiando algumas características físicas, químicas e microbiológicas do solo. Essa melhoria parece ser complexa em função de vários fatores atuarem conjuntamente. De acordo com Munson (1982) citado por LOPES (1984) dentre os vários efeitos da calagem, mencionam-se os seguintes: a) adiciona cálcio e algumas vezes magnésio ao solo e eleva o pH; b) diminui a toxidez de alumínio, ferro e manganês; c) diminui a lixiviação de potássio; d) diminui a adsorção ou "fixação" de fósforo; e) diminui a disponibilidade de boro, manganês e zinco; f) aumenta a disponibilidade de molibdênio; g) aumenta a atividade microbiana e a liberação de nutrientes (N, P, S) pela decomposição da matéria orgânica; h) favorece as bactérias fixadoras de nitrogênio; i) aumenta as produções das culturas. LOPES (1984) acrescenta ainda outros dois fatores considerados de grande importância, que são: a) aumento nas cargas dependentes de pH e, conseqüentemente, a capacidade de troca catiônica; b) induz, dependendo da dose de calcário aplicada, à considerável lixiviação de cálcio e magnésio, diminuindo a toxidez de alumínio, ferro e manganês, abaixo da camada de incorporação.

É importante enfatizar que para os solos tropicais, basicamente são dois os principais componentes da acidez do solo: os íons hidrogênio em solução representam o fator intensidade, comumente interpretado como pH. Esse tipo de acidez seria muito fácil de ser neutralizado, se não fossem outras formas de acidez,

notadamente a acidez trocável (fator quantidade).

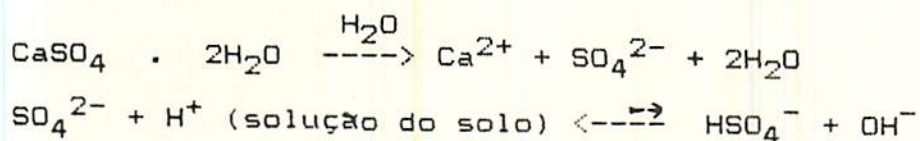
Em solos com carga dependente de pH, o hidrogênio associado à carga negativa variável de colóides tais como, húmus, caulinita, oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, está retido por ligação covalente e, portanto, não é um cátion trocável, mas pode se dissociar com a elevação do pH do meio. Este tipo de acidez não é detrimental ao crescimento das plantas, entretanto, doses mais elevadas de calcário, que a neutralize total ou parcialmente, promoverá maior liberação de cargas negativas (KINJO, 1983; THOMAS & HARGROVE, 1984 e LOPES & GUIDOLIN, 1989). A quantidade de íons hidrogênio trocável em solos minerais é inexpressiva, e a quantidade de acidez extraída com uma solução de sal neutro é praticamente constituída pelo alumínio trocável, a não ser raras exceções (KINJO, 1983 e THOMAS & HARGROVE, 1984.)

O alumínio é que passa a ser o elemento problema por ser tóxico às plantas, prejudicando o desenvolvimento das raízes. O alumínio é um cátion de caráter ácido, pois, em solução ele se hidrata e se hidrolisa resultando na liberação de acidez (THOMAS & HARGROVE, 1984).

O alumínio em solos ácidos torna-se solúvel por dissolução de minerais contendo o elemento. Sua dissociação da estrutura dos minerais inicia-se somente após a liberação e subsequente lixiviação dos cátions básicos, o que promove um consequente aumento dos íons hidrogênio trocáveis. Assim, quando a concentração de hidrogênio atinge $\text{pH} \leq 4,0$ os íons hidrônio (OH_3^+) são trocadas por H^+ , o qual passa a ocupar a posição do alumínio no cristal. A elevação do pH promove a dissociação dos íons hidrogênio de cada um dos seis grupos de OH_2 (McLEAN 1976;

PAVAN 1983). O fato concreto é que, em solos ácidos o alumínio passa a compor grande parte da solução do solo, bem como ocupar muitos pontos de troca na CTC do solo. Para reverter tal situação, a calagem é prática indispensável. Os corretivos da acidez do solo são produtos capazes de neutralizar (diminuir ou eliminar) essa acidez e ainda fornecer nutrientes, principalmente cálcio e magnésio. Dentre os vários produtos utilizados com esta finalidade tem-se os seguintes: calcários, cal (virgem e hidratada), escórias básicas de siderurgia e carbonato de cálcio (margas). Convém ressaltar que a neutralização é feita por receptores de prótons. Para todos os corretivos mencionados acima a ação neutralizante é função de uma das bases: HCO_3^- , OH^- , HSiO_3^- .

Ressalta-se que o gesso não possui efeito corretivo da acidez, isto porque embora o sulfato seja considerado uma base química, sua força é extremamente pequena ($K_b = 8,3 \times 10^{-13}$) e de nenhuma efetividade prática na recepção de prótons H^+ da solução do solo (ALCARDE, 1990):



Um dos aspectos mais relevantes da calagem ao elevar o pH, refere-se ao efeito indireto que este parâmetro exerce no status da fertilidade do solo, uma vez que variações no grau de acidez implicarão em modificações na composição da solução do solo, influenciando sobremaneira na solubilidade e disponibilidade de muitos nutrientes. MALAVOLTA *et alii* (1989) caracterizou bem a influência do pH sobre os nutrientes. A disponibilidade dos

macronutrientes e boro cresce com aumento do pH, atingindo valores máximos próximo de pH 7,0. A disponibilidade de cloro e molibdênio aumenta linearmente com elevação do pH. Inversamente, ferro, cobre, manganês e zinco decresce. LOPES & GUILHERME (1990) enfatizam a necessidade de se buscar um meio termo de máxima eficiência geral, o que parece estar entre um pH 6,0 a 6,5. O aumento no percentual de assimilação dos principais nutrientes pelas plantas é também dependente de um pH adequado do solo.

Muitas das propriedades dos Latossolos, segundo CURI (1983) podem ser explicadas à luz de sua composição mineralógica. Assim, cargas eletroquímicas são desenvolvidas nas superfícies dos colóides de carga variável, através da adsorção dos íons H^+ ou OH^- . Portanto, com a calagem e a consequente elevação do pH do solo, ocorrerá o aparecimento de carga líquida negativa, o mesmo pode acontecer pela desobstrução de cargas da matéria orgânica ocupadas por alumínio, ferro e manganês. Isto resulta numa maior capacidade do solo em reter cátions, advindo daí todos os benefícios já conhecidos (RAIJ, 1986; LOPES & GUIDOLIN, 1989).

A interpretação dos efeitos da calagem nas propriedades físicas dos solos não parece ser muito concordante. Sabe-se que o cálcio é o cátion básico mais fortemente retido aos colóides neutralizando as cargas negativas, isto pode resultar, sob certas condições, na dispersão de argilas, afetando a estabilidade de agregados do solo e reduzindo sua permeabilidade (GHANI *et alii*, 1955). Entretanto, BUCKMANN & BRADY (1967) mencionam que solos saturados com cálcio e magnésio tem tendência para floculação das argilas, favorecendo sua agregação.

Observações feitas por MORELLI & FERREIRA (1987) mostram que se for baixo o teor de matéria orgânica prevalece o efeito direto do calcário sobre as cargas eletronegativas, havendo repulsão entre partículas, prejudicando a estrutura do solo. Entretanto, se o teor de matéria orgânica for elevado a calagem promove maior atividade microbiana, o que leva a uma melhoria na agregação e estrutura do solo, evidenciando o efeito indireto deste corretivo. ROSA JUNIOR (1984) observou aumentos na densidade do solo ocasionados pela calagem excessiva.

Com relação ao gesso, as pesquisas tem mostrado que trata-se de um bom agente floculador. A percolação de amostras de solo tratados com gesso permite obter extratos límpidos (RAIJ, 1988). RADCLIFFE *et alii* (1986), trabalhando em solos americanos com problemas físicos e químicos notaram que, após decorridos três anos da aplicação de 10 toneladas de gesso por hectare, havia maiores agregados estáveis em água e maior condutividade hidráulica, mas atribuíram esta melhoria ao maior enraizamento das culturas, influenciado indiretamente pelo gesso. A combinação da calagem e gessagem em um Latossolo Roxo distrófico cultivado com café apresentou efeitos positivos na agregação do solo, proporcionando maiores índices de infiltração de água (ROTH *et alii*, 1986).

A recomendação da calagem está embasada em alguns princípios com respaldo teórico (SHOEMAKER *et alii*, 1961 e QUAGGIO, 1983), enquanto que a gessagem, apenas em alguns dados experimentais. Sais neutros, como gesso, de maior mobilidade no perfil do solo, tem sido sugeridos para aumentar os níveis de cálcio e reduzir a saturação por alumínio nas camadas

subsuperficiais. Quando se utiliza calcário na camada de 0-20cm, a movimentação do cálcio é lenta e incerta, podendo alcançar camadas mais profundas somente após longo período de tempo. Tal problema pode ser contornado de várias maneiras, como: a) aplicação de doses elevadas de calcário (MORELLI *et alii*, 1971 e GONZALEZ-ÉRICO *et alii*, 1979); b) incorporação profunda (GONZALEZ-ÉRICO *et alii*, 1979; FARINA & CHANNON, 1988a); c) uso de calcário micropulverizado (ALVES & LOPES, 1983); d) utilização do calcário combinado com o gesso (REEVE & SUMNER, 1972 e RITCHEY *et alii*, 1980). Riscos de desbalanços nutricionais; dificuldades de incorporação e exposição do subsolo ácido; disponibilidade do produto no mercado, ocorrência associada de toxidez de alumínio e deficiência de cálcio; segundo os autores (RITCHEY *et alii*, 1980 e 1982; CANAL & MIELNICZUCK, 1983; LOPES, 1984; PAVAN *et alii*, 1984) seriam os fatores indesejáveis para as alternativas a, b e c, respectivamente. A melhor opção que resta, e que parece mais viável até o momento, seria a combinação do gesso com calcário.

O cálcio e o sulfato liberados pela solubilização do gesso podem ser absorvidos pelas raízes das plantas como íons livres, ou participar de várias reações de trocas iônicas, complexações e precipitações. PAVAN & VOLKWEISS (1986), consideram que a movimentação do gesso no perfil do solo é facilitada pela formação do par iônico CaSO_4^0 , forma não dissociada, solúvel e neutra, que não interage com nenhuma carga do solo, e que é responsável por 40% do cálcio solúvel do solo. Já DAL BO (1985) observou valores maiores para o par iônico solúvel MgSO_4^0 .

Muitos trabalhos mostram que além da descida de cálcio, a aplicação de gesso pode ocasionar também lixiviação de potássio e magnésio nas formas de $K_2SO_4^0$ e $MgSO_4^0$ (REEVE & SUMNER, 1972; RITCHEY *et alii*, 1980 e QUAGGIO *et alii*, 1982a). Se essas bases lixiviadas atingirem regiões além do alcance das raízes, poderá ocorrer desequilíbrios entre o cálcio, magnésio e potássio (ROSOLEM & MACHADO, 1984).

2.3. Dinâmica de cátions no solo

O comportamento individual dos cátions potássio, cálcio e magnésio em função das práticas de calagem e gessagem, pode afetar igualmente as relações K/Ca/Mg no solo e na planta. Deste modo, a eficiência das plantas em obter quantidades suficientes de um nutriente não depende somente da concentração deste nutriente na solução do solo, mas também de fatores ligados ao ambiente e à fisiologia da própria planta, que afeta a sua absorção, destacando-se, o tipo, a concentração do nutriente em relação aos demais, e também a presença de outros nutrientes. Se os teores de um ou mais nutrientes na solução dos solos são muito baixos e não suficientes para atenderem as necessidades das plantas, o crescimento e rendimento delas serão prejudicados (VOLKWEISS, 1986).

As reações que se desencadeiam na solução do solo pela adição de calcário ou gesso, induzirão a alterações no complexo sortivo, com reflexos nos processos de substituição e troca de

cátions adsorvidos às argilas. A magnitude de tais transformações esta relacionada com a preferência do material em reter um ou outro cátion e depende também dos valores absolutos e do balanço de cátions na solução, bem como do pH e outros fatores secundários. Os cátions de maior densidade de carga (relação carga/raio hidratado) são mais fortemente retidos no solo.

Com adição de calcário, pode-se esperar modificações significativas em vários parâmetros do solo, como já mencionado anteriormente. Devido ao caráter anfótero do complexo sortivo de muitos solos tropicais de clima úmido, deve-se ressaltar que as cargas negativas aumentam com o pH, enquanto que as positivas diminuem com a elevação do pH (FASSBENDER, 1986 e RAIJ, 1988). A ação do gesso agrícola resume basicamente em processos de troca, complexação e formação de pares iônicos sem contudo alterar consistentemente o pH, entretanto, tem-se alguns relatos sobre a sua influência no aumento de cargas negativas (COUTO *et alii*, 1979 e Souza *et alii* (*), citados por PAVAN & VOLKWEISS, 1986). Trabalhos recentes desenvolvidos por ALVA *et alii*, (1990) relatam que melhorias nas condições de fertilidade dos solos ácidos com a aplicação de gesso ou fosfogesso devem-se ao sulfato combinado induzindo o desenvolvimento de carga superficial, aumento na retenção de cátions e redução no Al trocável. Estudos sobre a calagem realizados por GOEDERT *et alii* (1975) em alguns solos ácidos indicaram um aumento na CTC de 2 meq/100g de solo com o aumento do pH. RITCHEY (1979), também encontrou que a soma

* - (Dados não publicados)

de cations nos solos sem calagem, foi aproximadamente 2 meq/100g de solo, e que, quando foi feita uma calagem para elevar o pH a 5,5 de forma a eliminar os efeitos nocivos da acidez, a soma de cations extraída por KCl aumentou aproximadamente 4 ou 5 meq/100g de solo. Assim as perdas de K por lixiviação poderão ser reduzidas melhorando potencialmente a sua disponibilidade.

Uma vez que o gesso não é considerado corretivo da acidez do solo, alterações no valor de pH do solo parecem estar relacionadas com a reação predominante entre as hidroxilas provenientes da troca com sulfato e hidrogenios oriundos da hidrólise do alumínio (RAJAN, 1978; PARFITT & SMART, 1978). Conforme constatações de COUTO *et alii* (1979) e RITCHEY *et alii* (1980), para os solos da região de cerrado, de baixa acidez potencial e com menor teor de alumínio trocável, o aumento de pH foi devido ao predomínio da reação de troca do sulfato com hidroxila da superfície dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

Com relação ao enxofre tem-se observado que sua adsorção nos sistemas oxidicos, é maior em valores menores de pH, já que com valores altos de pH os íons OH^- tendem a substituir os íons SO_4^{2-} (COUTO *et alii*, 1979). Um aumento na disponibilidade de S-SO_4^{2-} foi notado em solos ácidos do sul dos Estados Unidos quando doses crescentes de calcário foram utilizadas (ELKINS & ENSMINGER, 1971). A adsorção do sulfato ocupa uma posição intermediária em relação a outros ânions. PARFITT (1978) indica a seguinte afinidade de ânions, em ordem decrescente, com a superfície de óxidos de ferro ou alumínio hidratados: fosfato > molibidato > fluoreto > sulfato > cloreto > nitrato.

Apesar de contraditorias as opiniões de alguns pesquisadores a respeito do pH na fixação (adsorção) e liberação de potássio no solo, é consensual que esta prática é de fundamental valor no manejo de solos. A idéia principal é que, a calagem ao aumentar o pH dos solos, aumenta o excesso de cargas negativas (RAIJ & PEECH, 1972 e LOPES, 1984) e diminui a lixiviação dos cátions básicos pela água das chuvas. FASSBENDER (1986) admite que mesmo que a caulinita retenha cálcio, preferencialmente ao potássio, com a adubação potássica bem manejada haverá um aumento da concentração do mesmo na solução do solo, e com a elevação da CTC do solo pela calagem, manterá melhor o potássio na solução. Por outro lado, GOEDERT *et alii* (1975), constataram uma menor atividade de K na solução do solo nas amostras que receberam calagem, sendo que Ca + Mg apresentaram maiores atividades. Na interpretação de THOMAS & HIPPEL (1968), em solos ácidos com elevado teor de alumínio trocável ao se adicionar carbonato de cálcio ocorre remoção de íons trivalentes em competição com potássio, deixando livres os sítios bloqueados, de forma que o cálcio e o potássio possam competir por eles. A expectativa é que aumente o teor de potássio adsorvido e diminua o seu teor na solução. Neste contexto, a importância de uma calagem bem feita associada com o manejo das adubações potássicas, pode representar melhoria no balanço de nutrientes no solo e economia para um produto muito dependente de importações. Na concepção de TISDALE *et alii* (1984) perdas de potássio por lixiviação ocasionadas pelo efeito da calagem só poderá ocorrer se o solo estiver saturado com o mesmo.

YORK JUNIOR *et alii* (1953) trabalharam com solo denominado barro siltoso (Mardin Silt Loam), observaram que aplicações de calcário induziram à fixação de potássio. Em outro experimento, os mesmos autores testaram a influência do carbonato de cálcio e sulfato de cálcio (gesso) sobre níveis de potássio trocável e solúvel em água. Aumentos nas doses de CaCO_3 promoveram redução no K - solúvel e pequenas variações no K-trocável, enquanto que a adição de gesso aumentou consideravelmente o K - solúvel sem afetar de maneira apreciável o K - trocável, sendo provável o deslocamento de algum K fixado.

Os cuidados que se deve ter com a adubação potássica ficaram evidenciados no trabalho de ALVARENGA (1983) em um Latossolo Roxo distrófico que recebeu 2,5t de calcário/ha. De maneira geral, à medida em que se aumentou a dose de K_2O , notou-se uma elevação no teor de potássio disponível, cálcio trocável e diminuição no teor de alumínio trocável. Maior movimentação de potássio foi observada para as doses de 240 e 480kg/ha de K_2O na camada de solos de 40 a 120cm de profundidade. Os dados sugerem que a aplicação de KCl em doses muito pesadas favorecem perdas por lixiviação e um desbalanço de cátions, sendo que uma maior eficiência da adubação será obtida quando da aplicação de doses médias de K_2O (60 e 120kg/ha).

É de suma importância considerar a relação Ca:Mg do corretivo, talvez de maior significância que a quantidade total a ser utilizada. A associação dos valores de relação Ca:Mg do corretivo com aqueles encontrados no solo é essencial para se ter um fornecimento equilibrado e eficiente dos cátions básicos às plantas. Uma relação comumente recomendada situa-se na faixa de 3

a 5 de Ca:1 de Mg, Entretanto, ela pode sofrer alterações de acordo com o solo e as culturas, sendo algumas espécies mais exigentes em relações estreitas e outras tolerando o corretivo com mais cálcio do que magnésio, conforme evidenciado em vários trabalhos (MUCHOVEJ, 1980; SILVA, 1980 e LOPES, 1984).

Muitos pesquisadores tem tentado demonstrar que as respostas à adubação potássica são dependentes das diversas relações como: K/Ca, Ca/K, (Ca+Mg)/K e Mg/K, do que de valores absolutos desses cátions básicos (MIRANDA, 1966; SFREDO, 1976; ARANTES, 1983; ROSOLEM *et alii*, 1984; MASCARENHAS *et alii*, 1988).

SFREDO (1976) trabalhando com sorgo indicou que para não haver prejuízos à produção, o equilíbrio Ca/Mg do material corretivo deve ser maior que 1/1, e no solo deve ser superior a 0,5/1. Se o solo for deficiente em magnésio e não houver suprimento do mesmo via calagem, adubações potássicas "pesadas" comprometerão o equilíbrio. A exemplificação de muitos casos de desbalanços entre os cátions pode ser encontrada, dentre outros, no "azul" da bananeira, "vermelhão" do algodoeiro, "haste verde e retenção foliar" na soja. USHERWOOD (1982) com base nos dados de alguns experimentos, calculou a relação Mg/K para alguns solos de cerrado, estratificados em campo limpo, campo cerrado e cerradão, os valores obtidos foram: 0,8/1; 1,3/1 e 2,0/1, respectivamente. Confrontando tais resultados com aqueles interpretados como críticos pela Comissão de Análise do Solo de Minas Gerais, ficam aquém do estipulado (3,3:1).

Uma vez que o cálcio e o magnésio podem ser supridos facilmente via calagem, o cátion básico que passa a representar

maior preocupação é o potássio. Mielniczuk & Castilhos (*), citados por MIELNICZUK (1978) trabalharam com um solo LEd do CPAC de baixo poder de adsorção de K e, conseqüentemente, baixo PTK, ressaltam os cuidados que se deve ter no manejo de adubações potássicas em sistemas de utilização intensiva para tal tipo de solo, uma vez que grande parte do K aplicado fica em solução. Neste caso, as perdas por percolação e o consumo de luxo pelas plantas serão bem maiores. Notou-se com a prática da calagem que, para um teor inalterado de K adsorvido, a quantidade de K da solução reduziu de 0,75 para 0,24 (mMoles/l)^{1/2}, enquanto o PTK aumentou de 0,08 para 0,24 meq/100g/(mMoles)^{1/2}. Este aumento no PTK pela calagem, representa um significativo acréscimo na capacidade de adsorção de K pelos solos e conseqüentemente redução das perdas de K por lixiviação. Entretanto, os solos sob cerrado podem apresentar baixa CTC e baixo PTK mesmo com a acidez corrigida (SOUZA *et alii*, 1977). Neste referido estudo foi utilizado 3,6t/ha de calcário e 0; 75; 150; 399 e 600kg/ha de K₂O, sendo que na dose mais elevada o K atingiu 60-75cm de profundidade, evidenciando quantidade apreciável de K deslocado para além do alcance do sistema radicular do milho.

Verifica-se que não há um consenso entre os pesquisadores na abordagem dos temas balanço, relação, disponibilidade, etc., de cátions nos solos. Talvez, muitas das divergências estejam ligadas às peculiaridades metodológicas. Um exemplo típico é a imprevisibilidade das respostas à adubação

* - (Dados não publicados)

potássica. Alguns solos com teores baixos de K trocável não respondem ao potássio aplicado como adubo, e outros, com teores de potássio trocável considerados suficientes, respondem à adubação potássica (CASTRO & MENEGHELLI, 1989). Assim, RAIJ & CAMARGO (1973) utilizando amostras de 10 solos do Estado de São Paulo aplicaram 235kg K_2O /ha e observaram o que era lixiviado com água destilada. O K lixiviado era mais dependente dos teores de Ca e Mg trocáveis dos solos do que do próprio K dos mesmos. Concluem mencionando que o aumento nos teores de Ca e Mg diminuem as perdas de K por lixiviação. Não há coincidência de tais dados com aqueles obtidos por BRAUNER & GARCEZ (1982), que trabalhando em três solos da Região Sul notaram que os níveis de $CaCO_3$ (0; 2; 4; 6 e 8 meq/100g solo) influenciaram nas perdas de K e Ca. As perdas de K em comparação às de Mg foram muito menores. O experimento constou apenas de uma dose de K (120kg de K_2O /ha). QUAGUIO *et alii* (1982b) utilizaram doses crescentes de calcário (0; 2; 4; 6; 8; 10 e 12t/ha), observaram que doses elevadas de calcário promoveram movimentação de Ca e Mg para camadas mais profundas (até 40cm). RAIJ *et alii* (1982) observaram perdas de Ca e Mg em termos de $CaCO_3$ equivalente por hectare a 20cm de profundidade, ou em meq/100cm³ de terra, que corresponderam a 0,2; 0,5; 0,9 e 1,2, respectivamente, para aplicações de 0, 3, 6 e 9t/ha. A neutralização da acidez do solo abaixo da camada arável foi insignificante (20-40cm). Houve pequeno efeito da calagem em profundidade, relativamente, aparece mais Mg do que Ca. Também na camada de 40-60cm constatou-se pequena influência da calagem.

Nos últimos anos tem-se constatado o problema de

deficiência de K em soja em algumas regiões produtoras. As pesquisas realizadas para investigar tais desordens nutricionais, levaram às seguintes conclusões (MASCARENHAS *et alii*, 1988): a) uso de fórmulas de adubo com baixo teor de K; b) calagem para elevar a saturação por bases a 70%, induzindo desequilíbrios entre cátions básicos; e) possíveis perdas de K por lixiviação, especialmente em solos arenosos. É importante mencionar que mesmo estando o nível de K acima do crítico poderá haver desbalanços caso os níveis de Ca e Mg estejam muito elevados, conforme ressaltado pelos autores acima.

Outro fator relevante da dinâmica dos cátions básicos no solo refere-se à proporção que cada um deles deve ocupar no complexo de troca, ainda que se considerem os valores absolutos como bons parâmetros da fertilidade do solo. Dessa forma, doses excessivas de calcário e/ou gesso poderão resultar em desequilíbrios no solo, refletindo num menor desenvolvimento das plantas.

Na interpretação de análises de solo para os nutrientes disponíveis, McLEAN (1977) apresentou dois conceitos básicos:

- a) Níveis suficientes dos nutrientes disponíveis, e,
- b) Relação de saturação de cátions básicos.

No primeiro caso ignora, em grande parte, os níveis dos outros nutrientes, o que representa um risco elevado num programa abrangente de fertilidade do solo. Para o segundo conceito, duas implicações podem ser estabelecidas:

- 1) as interações que ocorrem entre cátions, influenciando qual a proporção de um cátion em particular estará

presente na solução do solo, e qual a proporção estará no complexo de troca, e,

2) os resultados das interações entre cátions na solução do solo e seus efeitos na absorção de nutrientes pelas raízes. Na visão do autor acima, o conceito de relação de cátions básicos parece funcionar melhor em solos altamente intemperizados, ácidos e que necessitam passar por um processo corretivo da baixa fertilidade, e cita a seguinte saturação ideal dada por Graham (1959): 65-85% Ca; 6-12% Mg e 2-5% K. Para solos brasileiros as evidências apontam para os seguintes valores: 60-70% da CTC a pH 7,0 esteja saturada por cálcio e 10-20% por magnésio, sendo que para o potássio valores próximos a 3-5% tem sido sugeridos (LOPES, 1984; LOPES & GUIDOLIN, 1989). Ressalta-se que no tocante à disponibilidade do potássio, para as nossas condições sua "fixação" não é comum em Latossolos (MIELNICZUK, 1978 e FASSBENDER, 1986).

2.4. Alumínio, cálcio, sulfato e nutrição vegetal

Sabe-se que a presença de quantidades excessivas de alumínio na solução do solo representa o principal fator de natureza química responsável pela inibição do crescimento de raízes em solos ácidos (OLMOS & CAMARGO, 1976 e ADAMS & MOORE, 1983). O alumínio absorvido pelas plantas interfere nos processos de divisão celular, síntese do DNA e fosforilação dos açúcares, diminuindo a taxa de absorção de muitos nutrientes. A ação maléfica do alumínio se reflete principalmente sobre o sistema

radicular; ele torna-se grosso, curto, quebradiço e com aspecto coraloide (FOY, 1974; ROY *et alii*, 1988).

Outros trabalhos evidenciam que além da presença do alumínio, o aprofundamento do sistema radicular pode ser impedido por baixos níveis de cálcio (HOWARD & ADAMS, 1965). A resposta das plantas à concentração de cálcio no solo é bastante variável. Com relação ao efeito do cálcio solúvel no crescimento radicular, WALLACE *et alii* (1966) observaram que 2mg/l foi o mínimo necessário para a planta de milho. Para solos brasileiros (RITCHEY *et alii*, 1982 e 1988) mostraram que uma quantidade de cálcio entre 0,10 e 0,15 meq/100g do solo na forma de cloreto, fosfato ou carbonato normalizavam o crescimento das raízes de plântulas de trigo e sorgo, enquanto que teores muito baixos, entre 0,02 e 0,05 meq/100g de solo (4 a 10ppm) causavam sérias restrições ao crescimento.

A importância do cálcio, de estar em quantidades adequadas na solução do solo e em contato íntimo com as raízes, é consubstanciada pela baixa mobilidade do nutriente no floema, que não transloca da parte aérea para as porções novas das raízes em desenvolvimento (HOWARD & ADAMS, 1965 e MENGEL & KIRKBY, 1987). CANAL & MIELNICZUK (1983) constataram que a ausência externa de cálcio na porção terminal das raízes de milho provocava completa paralização do seu crescimento. Ainda que a parte basal estivesse adequadamente suprida com este nutriente, com o decorrer do tempo, ocorria menor absorção de cálcio influenciada pela suberização da endoderme. De forma similar, este fenômeno já tinha sido observado por AL-ANI & KOONTZ (1969) em raízes de feijoeiro.

O papel que o cálcio exerce na planta é de fundamental importância para as seguintes funções: a) estrutural (formação de pectato de cálcio); b) formação e funcionamento da membrana celular (integridade); c) ativação de enzimas (amilases, fosfatase, redutase de nitrato; d) germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico; e) estimula a nodulação e a fixação do nitrogênio em leguminosas (MALAVOLTA, 1980 e MENGEL & KIRKBY, 1987).

Além dos problemas de toxidez de alumínio e baixos teores de cálcio, a deficiência de enxofre acomete grande parte dos solos da América Tropical. Tal fato é agravado pelas seguintes situações, além de outras: 1) os fertilizantes nitrogenados e fosfatados, que antes ocupavam lugar de destaque no mercado, estão desaparecendo gradativamente e sendo substituídos por outros produtos mais concentrados como a uréia e o superfosfato triplo, que são praticamente desprovidos de enxofre (VITTI *et alii*, 1986); 2) queima frequente dessas áreas (McCLUNG *et alii*, 1959; 3) cultivo intensivo por vários anos, esgotando sua reserva natural (LOPES, 1984). O enxofre é um dos nutrientes que as plantas necessitam para ter o crescimento e desenvolvimento normal, entretanto, ele é sumariamente relegado das adubações básicas de plantio. O enxofre é mais conhecido pelo seu papel na formação dos aminoácidos metionina (21% de S) e cistina (27% de S), síntese protéica, clorofila, conteúdo de óleo de sementes oleaginosos e qualidade nutritiva das pastagens. Pode estar associado com a síntese de certas vitaminas (B₁, biotina e tiamina), metabolismo de carboidratos, proteínas e

óleos. É ainda importante na nodulação de leguminosas. Neste aspecto, a relação N/S pode servir como base para se verificar suficiência ou deficiência desse macronutriente secundário, e uma relação próxima a 15:1 tem sido a mais sugerida. Plantas deficientes em enxofre exibem muitos sintomas que se assemelham àqueles de deficiência de nitrogênio, tais como: folhas desde verde-claras até a amareladas, plantas pequenas, crescimento retardado e fraca brotação, diferindo do N por aparecer primeiro nas folhas mais jovens, devido à sua menor mobilidade (TANDON, 1984; VITTI *et alii*, 1986 e VITTI, 1989). Com base em tais aspectos, deficiência de Ca e $S-SO_4^{2-}$ e toxidez de Al, o gesso assume particular importância ao prover o solo com os referidos nutrientes e reduzir a atividade do elemento tóxico em solução.

Existem muitos trabalhos visando estimar o efeito do gesso sobre as culturas, isoladamente ou em combinação com o calcário. RAIJ (1988) revisando o efeito da gessagem e/ou calagem em culturas menciona quase duas dezenas de trabalhos sobre o tema. Em alguns deles é dado maior ênfase às alterações químicas no solo, não apresentando os dados relativos à produção. O referido autor menciona também que não houve preocupação de muitos pesquisadores em isolar o possível efeito do gesso, como melhorador do ambiente radicular do subsolo, do efeito do enxofre como nutriente.

A utilização de gesso visando o fornecimento de enxofre tem evidenciado que doses entre 30-50kg de S/ha são suficientes para alcançar produções máximas nas maiorias das culturas (VITTI *et alii*, 1986). Com relação ao emprego do gesso como melhorador do ambiente radicular do subsolo, certamente, doses bastante

elevadas deste insumo deverão ser utilizadas para alcançar tais objetivos, conforme proposto por RAIJ (1988) e exemplificados nos experimentos de HAMMEL *et alii* (1985); ERNANI (1986) e FARINA & CHANNON (1988b).

Em muitos casos o gesso tem mostrado sua potencialidade ao promover aumentos nas produções das culturas. No trabalho de OLIVEIRA *et alii* (1986) com a cultura do feijoeiro, foi constatado um aumento na matéria seca ao incrementar as doses de gesso até 4t/ha; o objetivo era verificar apenas a influência do gesso, tanto é que não foi utilizada adubação básica complementar. Para a mesma cultura, VITTI *et alii* (1982) observaram que sob o aspecto nutricional e produtivo, uma dose de gesso próxima a 250kg/ha foi a mais viável economicamente. No experimento de MASCARENHAS *et alii* (1976) a utilização de gesso (100kg/ha) levou a um aumento na produção de 320kg/ha na cultura do feijoeiro.

Um consenso alcançado a partir das pesquisas desenvolvidas em várias situações de solo e clima, refere-se à necessidade da combinação de gesso com o calcário, principalmente quando se pensa em utilizar doses muito elevadas do primeiro insumo (REEVE & SUMNER, 1972; RITCHEY *et alii*, 1980 e GUIMARÃES, 1986), para evitar possíveis distúrbios nutricionais nas plantas. Os resultados de GUILHERME (1986) obtidos a partir de experimentos com milho conduzidos sob condições de casa de vegetação e campo, mostram que a mistura calcário dolomítico calcinado + gesso agrícola proporcionaram maior produção de matéria seca ou grãos, quando comparadas com cada um dos insumos

utilizados isoladamente, e o aumento médio no campo (grãos de milho) foi da ordem de 1.000kg/ha nos dois solos utilizados. Nos trabalhos de FARINA & CHANNON (1988a,b) o rendimento médio acumulado de grãos de milho em três cultivos foi da ordem de 3.428kg/ha, com o gesso, superando inclusive aquele onde o calcário foi incorporado até 90cm de profundidade.

Outro aspecto importante do efeito do gesso foi mostrado por Carvalho (*), citado por CARVALHO *et alii* (1986) trabalhando com déficit hídrico na cultura do milho. A utilização de 6t/ha de gesso conseguia inverter consideravelmente os danos causados na produção por um estresse hídrico de até 33 dias, notadamente na fase de enchimento de grãos, obtendo nestas circunstâncias uma produção de grãos de até 4.633kg/ha. Na Geórgia (EUA) HAMMEL *et alii* (1985) conseguiram aumentar a produção de milho silagem utilizando 35t/ha de gesso, em quase 10t/ha, comparativamente ao tratamento controle. ALVES & LOPES (1983), conduziram sob condições de casa de vegetação um experimento envolvendo vários níveis de calagem e gessagem. Os resultados relativos à produção de matéria seca da parte aérea revelaram não haver diferenças entre quaisquer tratamentos que receberam os corretivos, mas no Latossolo Roxo, estes resultados foram muito superiores à testemunha.

CRAVO *et alii* (1988) trabalharam em um Latossolo Amarelo utilizando as culturas de milho, soja e capim. Notaram

(*) Dados não Publicados

que a associação de 2t/ha de calcário com 1t/ha de gesso aumentou a produtividade de grãos, diminuiu a saturação por Al e aumentou o Ca trocável até 60cm de profundidade, em relação ao calcário ou o gesso aplicados isoladamente. BIANCHI *et alii* (1990) utilizaram doses crescentes de gesso (0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0 e 8,0 t/ha) em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo que não tinha recebido calagem. A produção média de grãos foi de 7,3t/ha e a resposta ao gesso foi quadrática (9, 10, 11, 23 e 13% de aumentos) conforme se crescia as doses.

O uso de gesso em doses relativamente pequenas pode suprir adequadamente as plantas com cálcio e enxofre; nessas circunstâncias não há riscos de desbalanços catiônicos no solo. Entretanto, quando o objetivo é a sua ação em profundidade, os riscos aumentam. Muitos trabalhos têm evidenciado uma maior absorção de cálcio e enxofre quando o gesso é utilizado, isto é óbvio, uma vez que tais nutrientes fazem parte de sua composição. A utilização isolada do gesso em doses elevadas tem levado a menores absorções de magnésio, visto que é comum este nutriente não participar das adubações básicas de plantio, a aumentos na disponibilidade de manganês, e por vezes absorção excessiva de sulfato (FRANCO & DÖBEREINER 1968; DAL BO, 1985; GUILHERME, 1986; FARINA & CHANNON, 1988b e SILVA, 1990).

Há relatos de deficiência generalizada de nitrogênio em soja quando apenas gesso foi empregado (COSTA *et alii*, 1990a). É possível que a formação de nódulos, e conseqüentemente, a fixação e absorção de N tenham sido prejudicadas se os níveis de Mn fossem elevados (FRANCO & DÖBEREINER, 1968) embora PAVAN (1986) admita como pouco provável a influência do gesso na formação de

pares iônicos com Mn, mas isto é aceito por OLSEN & WATANABE (1979) como fator de aumento na solubilidade deste micronutriente.

2.5. Perspectivas do uso de gesso agrícola

As pesquisas desenvolvidas até aqui tem mostrado que existe um grande potencial do uso do gesso agrícola objetivando uma melhoria no ambiente radicular em subsuperfície, especialmente no que tange ao fornecimento de cálcio, nutriente essencial para o crescimento das raízes. Igualmente eficiente, é sua utilização para fins nutricionais, tanto para o fornecimento de sulfato ou de cálcio.

Há evidências também de que, a gessagem isoladamente, em substituição à prática de calagem tem levado a resultados desastrosos, principalmente por promover a lixiviação conjunta de magnésio e potássio. Neste aspecto, a associação com a calagem parece indispensável para se conseguir resultados satisfatórios com o gesso, pois, na maioria dos casos a acidez do solo precisa ser corrigida, e o gesso não atua como neutralizador efetivo desta acidez. Dentro de um programa abrangente de manejo do solo, a utilização de gesso, certamente implicará no uso mais racional de calcário. Opcionalmente, vislumbra ainda, a possibilidade de que criteriosos parcelamentos das adubações com potássio e magnésio no decorrer do ciclo das culturas possam aumentar a eficiência da gessagem.

A avaliação de doses e proporções calcário/gesso mais adequadas para as principais culturas é outro fator que precisa ser implementado, visto que, há um comportamento diferencial das espécies quanto à acidez, e na relação solo-planta existe muitas particularidades.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta e preparo do solo

Utilizou-se de um experimento regional sobre níveis de calagem e gessagem em cafeeiros, que já havia recebido os seguintes tratamentos conforme especificado a seguir:

Calcário (t/ha)	Gesso (t/ha)			
	G ₀ (0,0)	G ₁ (2,5)	G ₂ (5,0)	G ₃ (10,0)
C ₀ (0,00)	C ₀ G ₀	C ₀ G ₁	C ₀ G ₂	C ₀ G ₃
C ₁ (3,65)	C ₁ G ₀	C ₁ G ₁	C ₁ G ₂	C ₁ G ₃
C ₂ (7,30)	C ₂ G ₀	C ₂ G ₁	C ₂ G ₂	C ₂ G ₃

O solo utilizado pertence à unidade de mapeamento Latossolo Roxo distrófico, A moderado, textura muito argilosa, fase cerradão em transição para floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado, que segundo WAMBEKE (1981), enquadra-se nos regimes térmico e hídrico, caracterizados como isotérmico e údico, respectivamente, e localizado na região Sul Mineira, cujas características químicas e físicas encontram-se no QUADRO 1.

QUADRO 1 -Análises química e física do Latossolo Roxo utilizado no experimento, realizadas antes da calagem e gessagem (camada 0-20 cm)

meq/100cc de Solos							
K	Ca	Mg	Al	H+Al	S ^{1/}	t ^{2/}	T ^{2/}
0,06	0,78	0,10	0,41	6,30	0,94	1,35	7,65
=====							
PPM		pH		%			
P	S-SO ₄	H ₂ O	CaCl ₂	M.O.	v ^{1/}	m ^{3/}	
2,0	8,1	4,8	4,1	3,70	12,3	30,4	
=====							
PPM							
B	Cu	Fe		Mn	Zn		
0,22	3,20	76,60		4,60	0,77		
=====							
%				g/cc de solo			
Areia	Silte	Argila	VTP ^{4/}	Fe ₂ O ₃ ^{5/}	ds ^{6/}	dp ^{6/}	
20	16	64	63,3	19,8	1,02	2,78	

1/ - S e V - Soma é saturação por bases, respectivamente

2/ - t e T - CTC efetiva e potencial, respectivamente

3/ - m% - Saturação por alumínio

4/ - VTP - Volume total de poros

5/ - Oxido de Ferro

6/ - ds e dp - Densidade do solo e de partícula, respectivamente.

Os materiais utilizados constaram de calcário dolomítico e gesso agrícola cujas características* principais são apresentadas a seguir:

Produto	CaO	MgO	S	PN	PRNT
	----- % -----				
Calcário dolomítico	35,3	17,7	-	101,5	70,4
Gesso agrícola	28,0	-	17,0	-	-

* Análises realizadas no Laboratório de Química da ESAL.

As doses de calcário foram estabelecidas para se obter: C₀ (saturação natural por bases); C₁ (elevar a saturação por bases a 40%) e C₂ (elevar a 80% a saturação por bases).

Um ano após aplicação destes tratamentos, as amostras foram coletadas na camada de 0-20cm de cada subparcela, e retirou-se nov amostras simples que bem misturadas resultaram numa composta, que então foi utilizada para enchimento dos vasos, onde foram plantados milho e feijão em cultivos sucessivos.

3.2. Adubação básica de plantio

3.2.1. Milho

As amostras do solo correspondente a cada tratamento foram transferidas para bandeja na quantidade de 3dm³; procedeu-se à adubação tendo como referência MALAVOLTA (1980), conforme

especificado a seguir:

Nutriente	ppm	Fonte	época de aplicação
Nitrogênio (N)	241	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	41ppm-plantio
		NH_4NO_3	2 x 100ppm-cobertura
Fósforo (P)	257	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	90ppm-plantio
		KH_2PO_4	167ppm-plantio
Potássio (K)	210	KH_2PO_4	Plantio
Boro (B)	0,5	H_3BO_3	Plantio
Cobre (Cu)	1,5	CuCl	Plantio
Zinco (Zn)	5,0	ZnCl_2	Plantio

Os macronutrientes, a exceção de N (NH_4NO_3), foram pesados e colocados diretamente no solo. Os micronutrientes foram adicionados em forma de solução.

Quando todos os nutrientes tinham sido adicionados, as amostras foram bem misturadas e homogeneizadas, retornando em seguida aos vasos. Cada vaso foi umedecido de modo a se obter 60% do volume total de poros, conforme metodologia proposta por FREIRE *et alii* (1980). Após um repouso de três dias, foi feita a semeadura do milho colocando-se oito sementes/vaso na profundidade de 2cm.

3.2.2. Feijão

Depois do corte do milho, o solo de cada vaso foi colocado numa bandeja e as raízes cuidadosamente retiradas. Fez-se a amostragem para se obter a análise química do solo depois do

cultivo do milho, que passou a ser denominada de (DM). O procedimento para adubação seguiu aquele descrito para o milho, com algumas alterações, conforme mostrado a seguir:

Nutriente	ppm	Fonte	época de aplicação
Nitrogênio (N)	200	NH_4NO_3	50ppm-plantio 3 x 50ppm-cobertura
Fósforo (P)	150	KH_2PO_4	plantio
Potássio (K)	190	KH_2PO_4	Plantio
Boro (B)	0,25	H_3BO_3	Plantio
Zinco (Zn)	2,5	ZnCl_2	Plantio

Após tais procedimentos o solo foi recolocado nos vasos. Ressalta-se, entretanto, que a quantidade utilizada passou a ser $2,62\text{dm}^3/\text{vaso}$. O período de repouso e o teor de umidade foram os mesmos propostos para o milho. Foram semeadas 7 sementes/vaso na profundidade de 2cm.

3.3. Irrigação

Diariamente as plantas recebiam uma quantidade de água deionizada equivalente àquela evapotranspirada de cada vaso, a reposição era controlada por pesagens diárias dos mesmos.

3.4. Desbaste e adubação em cobertura

3.4.1. Milho

Aos 10 dias após o plantio procedeu-se ao desbaste deixando-se quatro plantas/vaso. Aos 23 e 36 dias após o plantio foi feita a adubação nitrogenada em cobertura utilizando-se nitrato de amônio (NH_4NO_3) à base de 100ppm para cada aplicação.

3.4.2. Feijão

Aos 10 dias após o plantio, fez-se o desbaste deixando-se quatro plantas/vaso. As adubações com nitrogênio em cobertura (Nitrato de amônio - NH_4NO_3) foram realizadas aos 13, 26 e 36 dias após o plantio, à base de 50 ppm para cada aplicação.

3.5. Colheita das plantas

1^o - Cultivo (milho) - O milho foi cultivado por 45 dias. Findo este prazo, fez-se a colheita da parte aérea das plantas, cortando-as rente ao solo. Em seguida as plantas foram lavadas em água destilada e postas a secar em estufa (70°C) até que atingissem peso constante. A parte aérea seca de cada tratamento foi pesada e em seguida moída (moinho tipo Willey) para se fazer a análise mineral. Amostras de solo foram retiradas para fazer a análise química.

2o - Cultivo (feijão) - Em sucessão ao milho, utilizou-se o feijoeiro. O tempo para a colheita e todos os outros procedimentos foram similares àqueles realizados para o milho. Uma vez retiradas as raízes do feijoeiro, tomou-se uma amostra de solo de cada tratamento para a realização da análise química, que passou a ser denominada (DF).

3.6. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado no esquema fatorial 3×4 , com três níveis de calagem (C_0 , C_1 e C_2) e quatro de gessagem (G_0 , G_1 , G_2 e G_3), dando um total de 12 tratamentos que com as quatro repetições totalizaram 48 vasos. A unidade experimental consistiu de um vaso com 3dm^3 de solo no caso do milho, e $2,62\text{dm}^3$ de solo para o feijoeiro, em ambos existiam quatro plantas/vaso.

Quando constatava-se efeito significativo pelo teste F para determinada causa de variação, efetuava-se o desdobramento para regressão linear e quadrática, e com base nos valores de F e coeficiente de variação, escolhia-se a regressão que melhor explicava a variação dos resultados, conforme (GOMES, 1985).

3.7. Análises químicas

3.7.1. Solo

As amostras correspondentes às épocas: antes dos

cultivos (AC), depois do cultivo do milho (DM) e depois do cultivo do feijoeiro (DF), foram submetidas às seguintes análises químicas, segundo metodologia preconizada pela EMBRAPA (1979):

- pH em H_2O : determinado por potenciometria na relação solo:solução de 1:2,5;

- Cálcio, magnésio e alumínio trocáveis: extraídos com KCl 1N, relação solo:solução de 1:10, cálcio e magnésio dosados por espectrofotometria de absorção atômica e alumínio por volumetria de neutralização (NaOH 0,025N);

- Potássio, fósforo e manganês extraídos com Melich I (H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05N) e dosados respectivamente, por fotometria de chama, fotocolorimetria e espectrofotometria de absorção atômica;

- Enxofre - sulfato ($S-SO_4^{2-}$): determinado por turbidimetria (RAIJ *et alii*, 1987)

3.7.2. Plantas

A matéria seca moída, correspondente a cada tratamento foi submetida à digestão nitroperclórica, no extrato obtido foram dosados os teores totais de P por fotocolorimetria; de Ca, Mg e Mn por espectrofotometria de absorção atômica; de K por fotometria de chama, de S-total por turbidimetria (MALAVOLTA *et alii*, 1989). O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método semimicro Kjeldahl e a destilação e titulação segundo BREMNER & EDWARDS (1965).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise química do solo antes (AC) e depois dos cultivos do milho (DM) e do feijoeiro (DF)

No QUADRO 5A são apresentados os valores relativos a pH em água, P e $S-SO_4^{-2}$ disponíveis no solo. As respectivas equações de regressão aparecem no QUADRO 2.

4.1.1. pH em água

No QUADRO 5A, são apresentados os resultados para pH em H_2O , nas três épocas amostradas (AC, DM e DF). Pela análise de variância, nota-se efeito significativo para calcário, gesso e suas interações (QUADRO 1A). Observa-se que houve um acréscimo nos valores de pH quando os níveis de calcário foram aumentados. Com relação ao gesso, a elevação de suas doses, causou uma ligeira depressão neste parâmetro. O efeito interativo se caracterizou de maneira tal que, aumentando as doses de gesso dentro de cada nível de calagem, ocorria uma diminuição nos valores de pH (FIGURA 1). A ação da calagem promovendo aumentos no pH é bem conhecida (LOPES, 1984; THOMAS & HARGROVE, 1984 e

QUADRO 2 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para pH, P e S-SO_4^{2-} no solo em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).

Variável	Equação de regressão	r^2	Máximo/ mínimo
pH	AC pH (C_0) = $4,845 - 0,03743^{**}G$	0,909	-
	AC pH (C_1) = $5,360 - 0,03371^{**}G$	0,676	-
	AC pH (C_2) = $5,995 - 0,05742^{**}G$	0,947	-
	DM pH (C_0) = $5,197 - 0,20241^{**}G + 0,01336^{**}G^2$	0,970	7,58
	DM pH (C_1) = $5,495 - 0,05457^{**}G$	0,688	-
	DM pH (C_2) = $6,305 - 0,10091^{**}G + 0,00436^{**}G^2$	0,831	11,57
	DF pH (C_0) = $5,287 - 0,22036^{**}G + 0,01454^{**}G^2$	0,954	7,58
	DF pH (C_1) = $5,614 - 0,11273^{**}G + 0,00509^{**}G^2$	0,820	11,07
	DF pH (C_2) = $6,290 - 0,05486^{**}G$	0,997	-
	AC P (C_0) = $2,800 + 0,40286^{**}G$	0,981	-
	AC P (C_1) = $4,566 + 0,92682^{**}G - 0,06273^{**}G^2$	0,936	7,39
	AC P (C_2) = $2,700 + 0,61143^{**}G$	0,988	-
P	DM P (C) = $28,313 + 1,62671^{*}C - 0,18765^{**}C^2$	1,000	4,33
	DM P (G) = $27,033 + 0,69714^{**}G$	0,953	-
	DF P (C_0) = $40,688 - 0,65773^{**}G + 0,13909^{**}G^2$	0,881	2,36
	DF P (C_1) = NS	-	-
	DF P (C_2) = $29,400 + 1,20857^{**}G$	0,998	-
SO_4^{2-}	AC SO_4^{2-} (C_0) = $31,055 + 21,70103^{**}G$	0,901	-
	AC SO_4^{2-} (C_1) = $43,261 + 21,79465^{**}G$	0,963	-
	AC SO_4^{2-} (C_2) = $35,918 + 26,88731^{**}G$	0,923	-
	DM SO_4^{2-} (C_0) = $19,252 + 23,00599^{**}G$	0,962	-
	DM SO_4^{2-} (C_1) = $40,028 + 21,33005^{**}G$	0,950	-
	DM SO_4^{2-} (C_2) = $36,675 + 28,37085^{**}G$	0,922	-
	DF SO_4^{2-} (C_0) = $14,490 + 18,15599^{**}G$	0,955	-
	DF SO_4^{2-} (C_1) = $20,807 + 16,67840^{**}G$	0,954	-
	DF SO_4^{2-} (C_2) = $19,968 + 19,70002^{**}G$	0,956	-

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

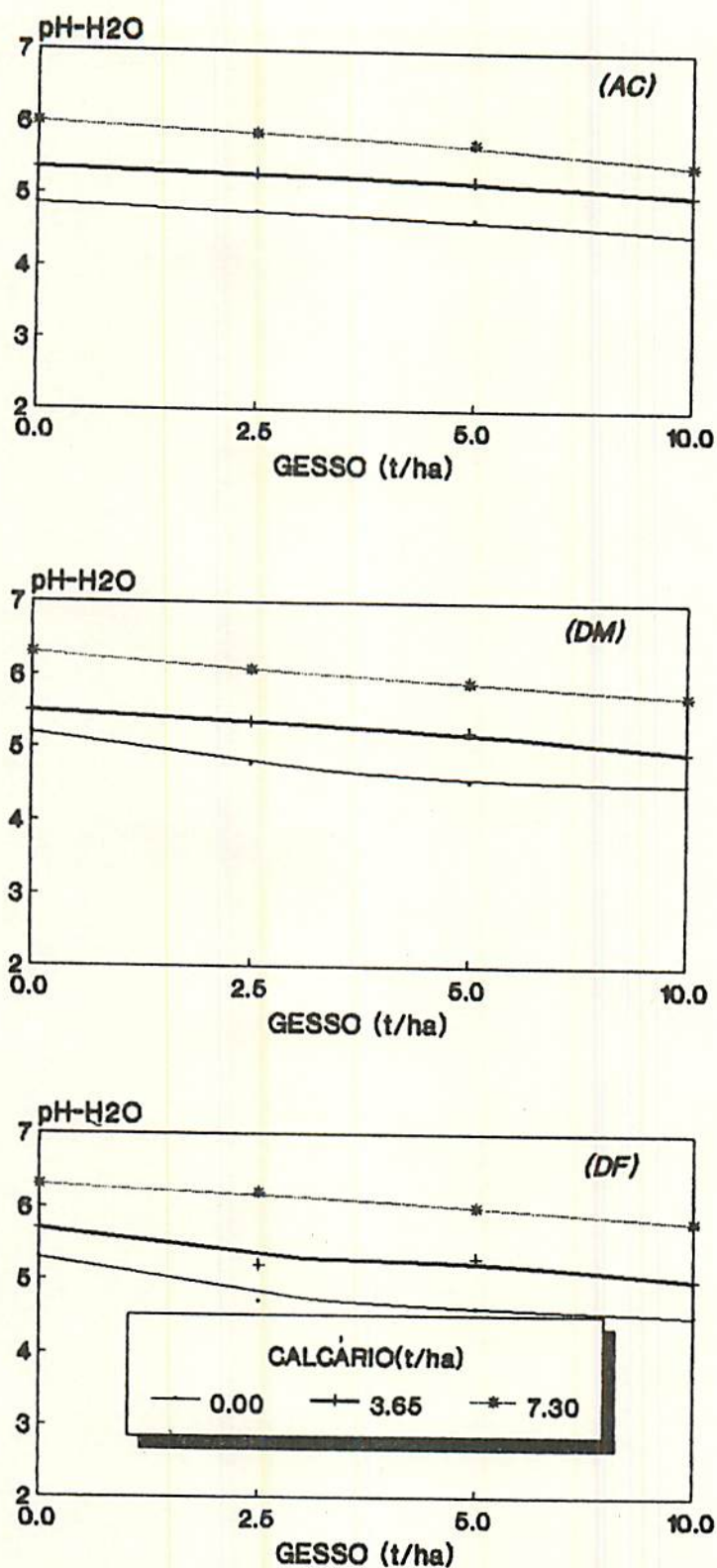


FIGURA 1 - Valores de pH em água em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

MORAES, 1988), entretanto, experimentos utilizando o gesso tem sido divergentes nos resultados. De maneira geral, muitos trabalhos tem mostrado ligeiras alterações nos valores de pH com a adição do gesso, para maior ou menor. Diminuição no pH na camada superficial do solo pela utilização do gesso foi também registrada por PAVAN *et alii* (1984); SOPRANO (1986); SILVA (1990) e ALVA *et alii* (1990). Os últimos autores justificam como provável causa de redução, o efeito salino ou a hidrólise do alumínio.

Comparando as médias gerais do pH obtidas nas três épocas amostradas (AC, DM e DF), verifica-se que as mudanças nos valores são de pouca magnitude com a sucessão dos cultivos, ressaltando-se apenas uma ligeira tendência de acréscimo, talvez, devido a uma maior reação do calcário, com o tempo.

4.1.2. Fósforo disponível

Os valores de P disponível das amostras de solo nas três épocas de amostragens, são apresentados no QUADRO 5A. Pelo resumo da análise de variância, nota-se que não houve efeito significativo apenas para a interação calcário x gesso após o cultivo do milho (QUADRO 1A). Considerando-se apenas os níveis de calcário, nota-se que o efeito quadrático se ajustou melhor aos teores de P disponível, tanto antes dos cultivos (AC), como após o cultivo do milho (DM). A tendência dos valores de P disponível após o cultivo do feijão (DF) foi sempre decrescente quando se incrementaram os níveis deste corretivo.

A elevação do pH e concomitante aumento nos teores de

Ca no nível mais alto de calcário, ou ainda, maior extração de P pelas plantas mais desenvolvidas, parecem ter contribuído para a redução nos teores deste nutriente, principalmente quanto aos níveis C₁ e C₃ de calcário (FIGURA 2). Com relação aos níveis de gesso, os teores de P disponível, de maneira geral, foram crescentes (QUADRO 2 e FIGURA 2), o que coincide com aqueles observados por OLIVEIRA *et alii* (1986); SOPRANO (1986) e SUMNER *et alii* (1986). Depreende-se de tal fato, que não pode ser descartado o valor dos resíduos no gesso agrícola, sendo que o fósforo representa importante impureza contida nele (RAIJ, 1988). A aplicação de doses elevadas deste produto pode contribuir de maneira considerável no aumento dos teores de P disponível. Assim, PAOLINELLI *et alii* (1986) apresentam valores de 0,67% de P₂O₅ na composição do gesso agrícola. A utilização de doses elevadas, por exemplo 10t/ha, pode beneficiar o solo com mais de 50kg de P₂O₅/ha. Tais efeitos favoráveis do fósforo como impureza do gesso foram verificados na cultura de milho por SUMNER *et alii* (1986). Pode-se admitir ainda que a presença de teores elevados de sulfato tenha ocupado as posições preferencialmente ocupadas por fosfato, contribuindo para deslocar e aumentar a quantidade de P disponível na solução do solo. Cabe ressaltar também que houve um aumento nos valores médios de P disponível com os cultivos sequenciais.

De acordo com os níveis estipulados pela CFSEMG (1989), apenas os valores de P disponível antes dos cultivos (AC) estariam compreendidos nas faixas de "baixos e médios" enquanto todos os outros são considerados altos.

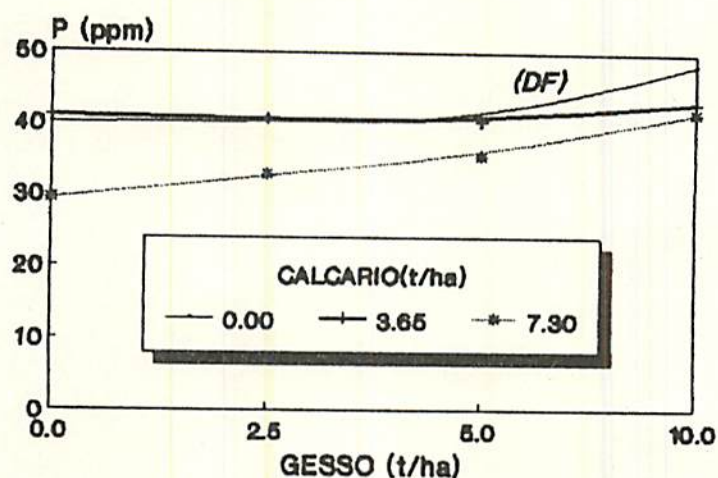
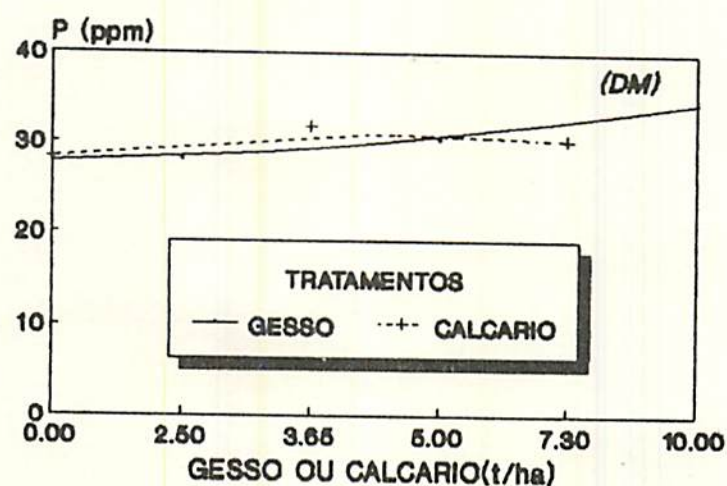
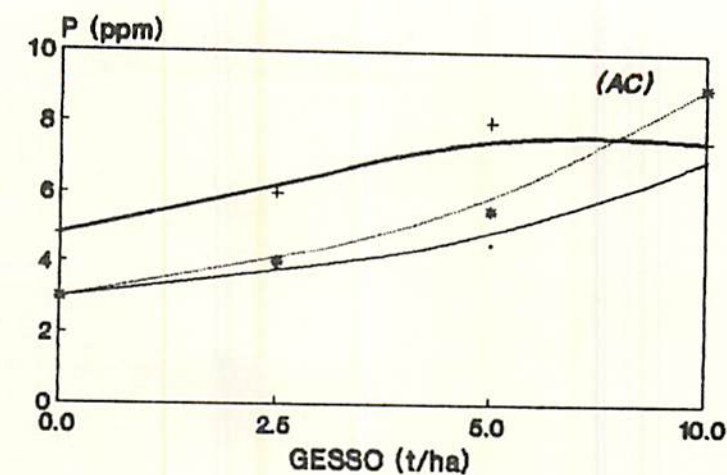


FIGURA 2 - Valores de P disponível no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

4.1.3. Sulfato disponível no solo ($S-SO_4^{2-}$)

Pelos resultados do QUADRO 1A, verifica-se que houve efeito significativo do calcário, gesso e da interação calcário x gesso sobre o parâmetro $S-SO_4^{2-}$. Os valores médios dos efeitos dos tratamentos sobre $S-SO_4^{2-}$ são mostrados no QUADRO 5A. Nota-se que com o aumento da quantidade de gesso aplicada, ocorreram expressivos acréscimos nos teores de sulfato no solo. No nível mais elevado de calcário, de modo geral, a tendência observada foi de aumentos na disponibilidade de $S-SO_4^{2-}$ (FIGURA 3).

As condições ótimas de umidade nos cultivos em vasos podem facilitar as reações de solubilização do gesso e do calcário. Em condições de campo, PINTO (1989) observou que após dois anos da aplicação de gesso, a camada arável era a que tinha maior quantidade de $S-SO_4^{2-}$, a justificativa embasava-se na influência do maior pH do solo corrigido com calcário sobre as cargas negativas, e isto contribuía para reduzir a adsorção de sulfato. Tais constatações tinham sido confirmadas por KAMPRATH *et alii* (1956) e COUTO *et alii* (1979). SILVA (1990) observou que na relação $CaSO_4:CaCO_3$ de 3:1 havia maior quantidade de $S-SO_4^{2-}$ na camada superficial. Após o cultivo do feijão, os valores médios deste nutriente decresceram, mas ainda continuaram em níveis considerados elevados para todos aqueles tratamentos que receberam gesso se confrontados com aqueles propostos por VITTI (1989). Atualmente, a utilização de fórmulas mais concentradas de adubos e a expansão da fronteira agrícola para áreas de baixa fertilidade natural, levaram muitos pesquisadores a dar maior importância na avaliação do enxofre-sulfato no solo. Neste

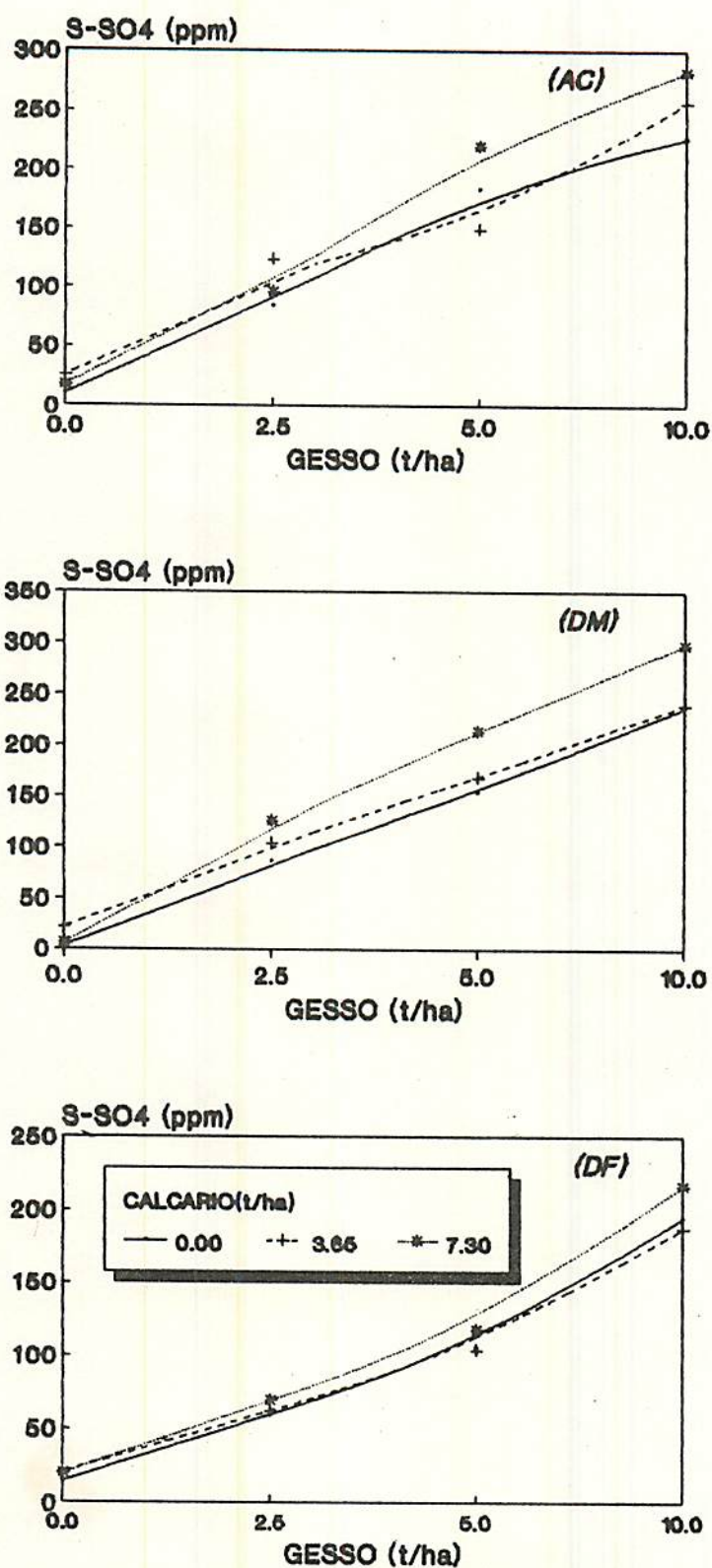


FIGURA 3 - Valores de $S-SO_4^{-2}$ no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo de milho (DM) e feijoeiro (DF).

contexto, KLIEMANN (1987), trabalhando com milho em casa de vegetação, propôs um nível crítico de 11ppm de S utilizando o extrator $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. HOAc -500 ppm de P, nível que também é superado por todos tratamentos, a exceção daqueles que não receberam gesso, no solo amostrado depois do cultivo do feijão (DF).

4.1.4. Cátions básicos no solo (K, Ca e Mg)

Pela análise de variância nota-se que não houve significância para calcário, gesso e calcário x gesso no solo depois do cultivo do milho (DM), e para calcário antes dos cultivos (AC) em relação ao parâmetro K trocável. Entretanto, Ca e Mg trocáveis sofreram influência significativa (QUADRO 2A). Os valores médios de K, Ca e Mg trocáveis em função dos tratamentos são mostrados no QUADRO 6A. As respectivas equações de regressão aparecem no QUADRO 3.

4.1.4.1. K trocável

Comparando as médias de K trocável de todos os tratamentos apresentados no QUADRO 6A e FIGURA 4, nota-se que, de maneira generalizada, os teores são muito baixos, tanto antes dos cultivos (AC) como depois do cultivo do milho (DM). A CFSEMG (1989) estabelece como limite superior da classe baixa um valor de 45ppm para o K trocável (0,115 meq/100cc de solo); daí infere-se que os resultados apresentados estão muito aquém dos considerados suficientes. As adições de K foram de 632 e

QUADRO 3 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para K, Ca e Mg no solo em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).

Variável	Equação de regressão	r^2	Máximo/ mínimo
K-AC	$K (C_0) = 0,089 - 0,00314^{**}G + 0,00022^{**}G^2$	0,986	7,14
	$K (C_1) = 0,073 + 0,01053^{**}G - 0,00109^{**}G^2$	0,860	4,83
	$K (C_2) = 0,079 - 0,00343^{**}G + 0,00025^{**}G^2$	0,891	6,86
K-DF	$K (C_0) = 0,183 - 0,00594^{**}G$	0,560	-
	$K (C_1) = \text{NS}$	-	-
	$K (C_2) = 0,202 - 0,01914^{*}G + 0,00155^{**}G^2$	0,726	6,19
Ca-AC	$Ca (C_0) = 1,646 + 0,39820^{**}G$	0,960	-
	$Ca (C_1) = 2,558 + 0,43977^{**}G$	0,991	-
	$Ca (C_2) = 3,213 + 0,80877^{**}G$	0,989	-
Ca-DM	$Ca (C_0) = 1,278 + 0,43434^{**}G$	0,982	-
	$Ca (C_1) = 2,851 + 0,48363^{**}G$	0,995	-
	$Ca (C_2) = 4,099 + 0,76908^{**}G$	0,957	-
Ca-DF	$Ca (C_0) = 0,790 + 0,35100^{**}G$	0,971	-
	$Ca (C_1) = 1,875 + 0,35517^{**}G$	0,958	-
	$Ca (C_2) = 3,465 + 0,70914^{**}G$	0,979	-
Mg-AC	$Mg (C_0) = 0,243 - 0,01568^{**}G$	0,893	-
	$Mg (C_1) = 1,011 - 0,02994^{**}G$	0,940	-
	$Mg (C_2) = 1,957 - 0,07926^{**}G$	0,984	-
Mg-DM	$Mg (C_0) = \text{NS}$	-	-
	$Mg (C_1) = 1,012 - 0,03174^{**}G$	0,676	-
	$Mg (C_2) = 2,418 - 0,09532^{**}G + 0,00321^{*}G^2$	0,913	14,85
Mg-DF	$Mg (C_0) = \text{NS}$	-	-
	$Mg (C_1) = 0,728 + 0,02186^{**}G - 0,00434^{*}G^2$	0,616	2,52
	$Mg (C_2) = 2,534 - 0,08374^{**}G$	0,727	-

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

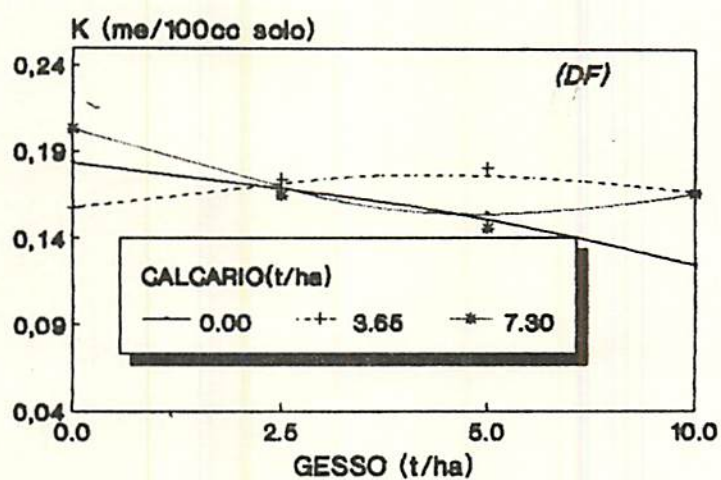
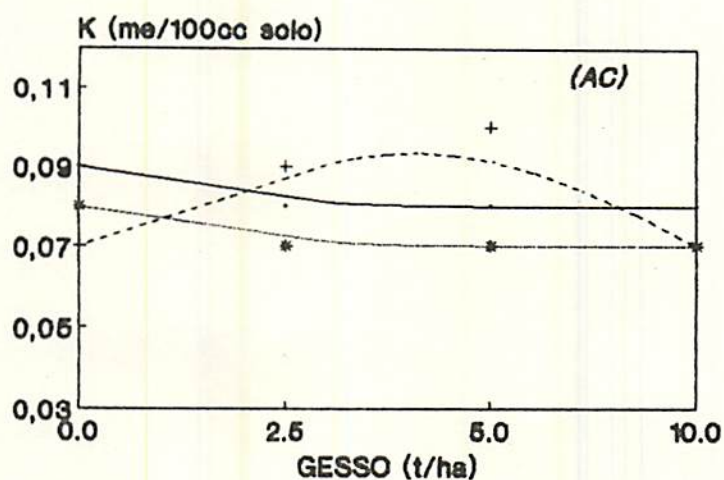


FIGURA 4 - Valores de K trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do feijoeiro (DF).

497 mg nos cultivos de milho e feijão, respectivamente. No caso do milho, parece que todo K adicionado tenha sido consumido, uma vez que os seus teores trocáveis no solo estavam ligeiramente menores do que aqueles obtidos antes dos cultivos. Neste aspecto, ALVARENGA (1983) trabalhando com milho em um LRd tentou estabelecer um balanço de K no solo após utilizar doses crescentes de K_2O e ter corrigido a acidez do solo com 2,5t/ha de calcário. Na menor dosagem de K_2O aplicada a recuperação deste nutriente do solo foi superior a 100%, independente do que a planta havia absorvido. O referido autor sugere que houve liberação de K, que poderia estar adsorvido à matéria orgânica e/ou a alguma carga das argilas. Dos resultados obtidos no presente trabalho, como no mencionado acima, pode-se dizer que a calagem neste, e calagem e gessagem naquele elevaram os teores de cálcio no meio e isto favoreceu a liberação de potássio que possivelmente estava retido no solo. Persiste uma dúvida, YORK JUNIOR (1953) admitia a possibilidade do gesso deslocar algum K fixado, entretanto, COSTA *et alii* (1990b) constataram que diferentes fontes de cálcio, e dentre elas o gesso, aumentavam a quantidade de K fixado. Tais observações podem confirmar eventuais "falta" de resposta das culturas à adubação potássica em solos com teores trocáveis relativamente baixos neste nutriente (RAIJ, 1982 e CASTRO & MENEGHELLI, 1989). Na FIGURA 4 observa-se que houve uma tendência decrescente nos teores de K disponível com aumentos na gessagem, sendo que dentro de C_1 (calcário), ainda se verificou ligeiro acréscimo para os níveis intermediários de gesso. Tal comportamento do gesso em relação ao K trocável foi verificado por OLIVEIRA *et alii* (1986).

4.1.4.2. Ca trocável

Pelos valores de Ca trocável apresentados no QUADRO 6A, nota-se aumentos substanciais nos teores deste nutriente quando foram incrementados os níveis de calcário e/ou gesso (FIGURA 5), e isto já era esperado dada a quantidade do mesmo nos produtos utilizados.

Merece destacar também o efeito residual do calcário e gesso sobre os teores de Ca trocável quando se considera os valores encontrados no campo um ano após receber os tratamentos(AC) com aqueles obtidos depois do cultivo do milho (DM). As condições adequadas de umidade em casa de vegetação facilitam as reações do solo, conforme já mencionado anteriormente. Com relação aos valores de Ca trocável obtidos nas análises de solo, apenas no tratamento que não recebeu calcário e nem gesso (testemunha absoluta), os teores estão compreendidos na faixa classificada como "baixos" pela CFSEMG (1989).

Nos níveis mais elevados de calcário e gesso, nota-se que o Ca trocável, às vezes atinge valores muito altos, acompanhando o padrão de sulfato. RAIJ (1988) argumenta sobre a necessidade de usar doses elevadas de gesso se o objetivo é a melhoria do ambiente radicular em subsuperfície. Entretanto, a adição excessiva de Ca ou $S-SO_4^{2-}$ via gesso deve ser avaliada com cuidado, visto que, poderão ser atingidos os objetivos específicos de melhoria em subsuperfície, mas, por outro lado, eventuais problemas de nutrição vegetal poderão ocorrer com outros nutrientes (QUAGGIO *et alii*, 1982a; FARINA & CHANNON, 1988b e SILVA, 1990).

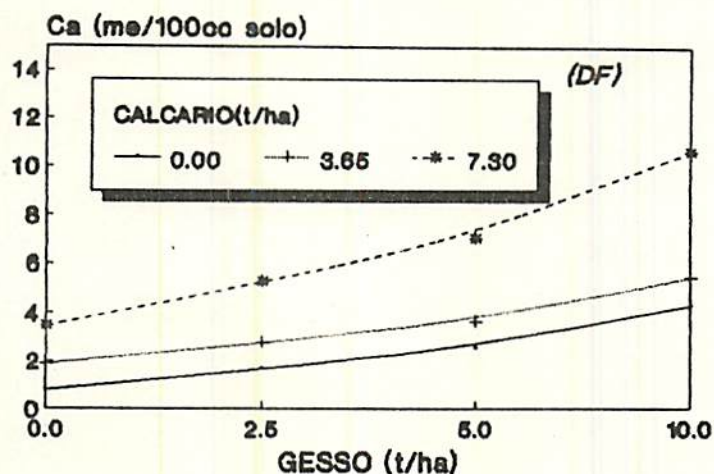
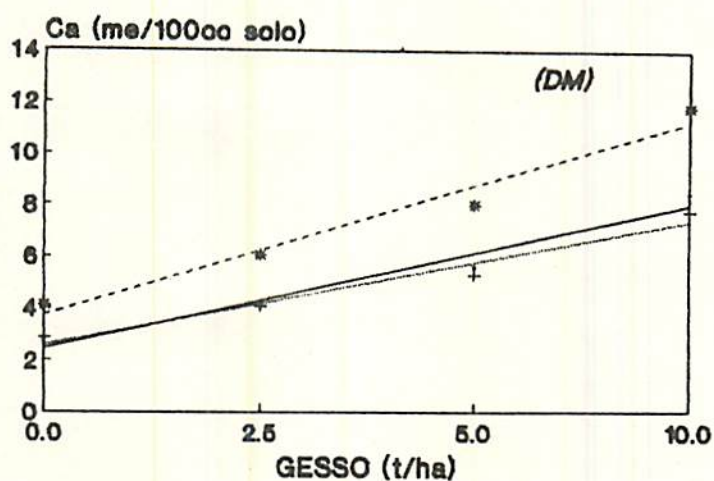
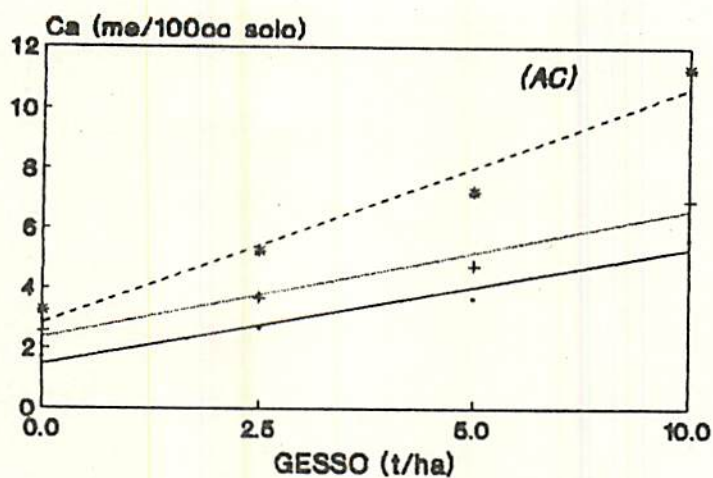


FIGURA 5 - Valores de Ca trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

4.1.4.3. Mg trocável

A partir dos dados apresentados no QUADRO 6A e da sua representação gráfica (FIGURA 6), nota-se que foi marcante a ação do gesso em reduzir os teores de Mg trocável, comportamento verificado em todas as épocas de amostragens. A calagem promoveu aumentos substanciais nos teores de Mg. Ressalta-se, entretanto, que sem calagem os valores deste nutriente estavam muito baixos, sendo que nos níveis C_1 e C_2 de calcário, foram médios e altos, respectivamente, quando comparados com aqueles propostos pela CFSEMG (1989).

Nos tratamentos que receberam calcário pode-se dizer que houve efeito residual pela liberação do Mg contido no corretivo, talvez facilitada pelas condições favoráveis em ambiente controlado.

A partir dos resultados do QUADRO 6A pode-se pressupor que num sistema aberto, equivalente aos dados obtidos antes dos cultivos (AC) existe grande potencialidade para o deslocamento de Mg e K no perfil do solo. A intensidade de tais efeitos será dependente dos níveis iniciais destes nutrientes no solo, uso ou não de calcário dolomítico e das dosagens de gesso aplicadas. De certa forma, o comportamento do Mg seguiu a mesma tendência observada por REEVE & SUMNER (1972); QUAGGIO *et alii* (1982a); ROSOLEM & MACHADO (1984); PAVAN *et alii* (1984); DAL BO (1985); FARINA & CHANNON (1988b); PINTO (1989) e SILVA (1990). A associação de calcário dolomítico com o gesso tem sido preconizada pelos autores acima mencionados no intuito de evitar desbalanços entre os cátions básicos no solo. Outro aspecto

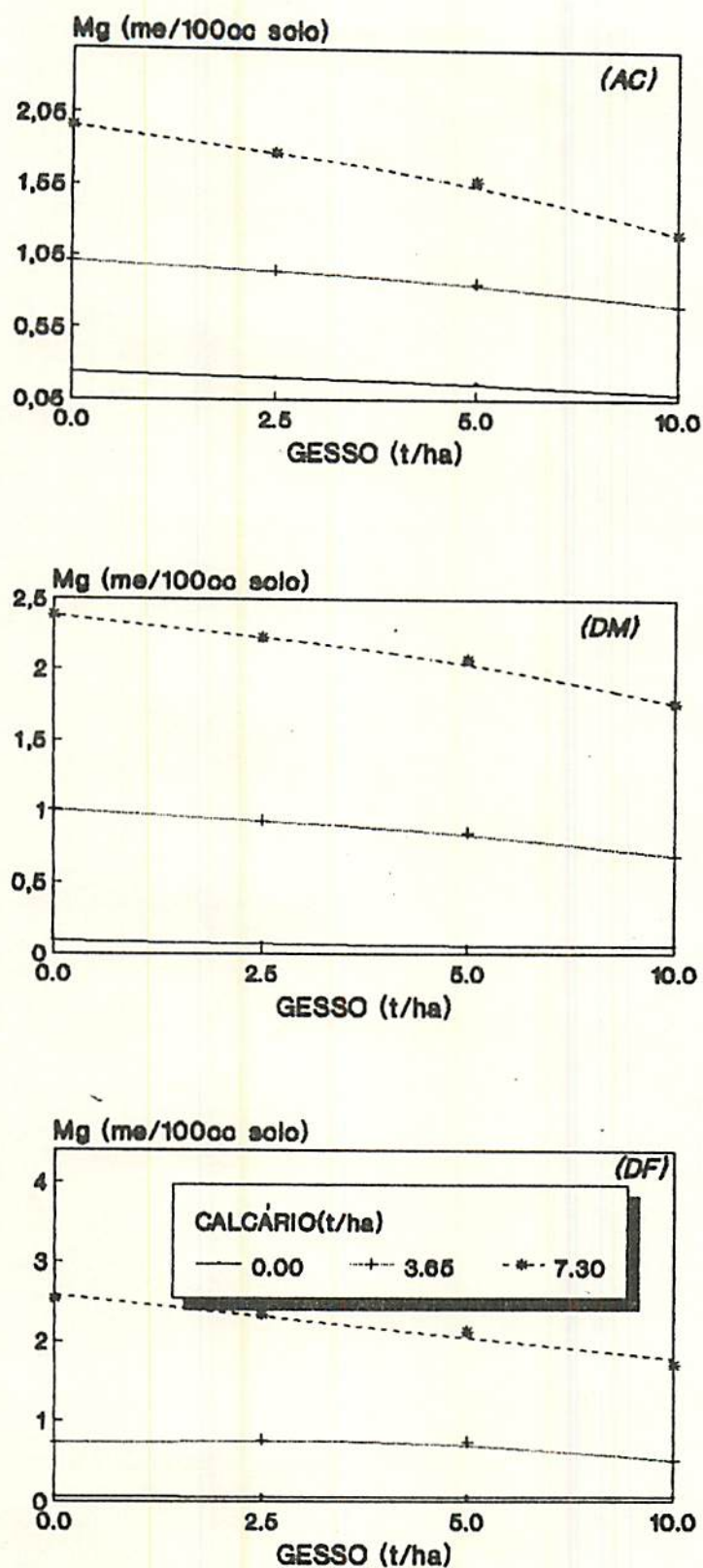


FIGURA 6 - Valores de Mg trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

relevante, refere-se à necessidade de estudos mais prolongados visando avaliar o efeito residual em função das doses de calcário e gesso sobre diferentes solos, culturas e manejo das adubações, uma vez que a lixiviação de bases dos solos tropicais de clima úmido é um processo constante e deve ser controlada, conforme argumentos de GUIMARAES (1986) e RAIJ (1988).

4.1.5. Al trocável, saturação por Al (m%) e manganês disponível no solo.

Os resultados da análise de variância indicam que apenas gesso não influenciou no Mn antes dos cultivos (AC) (QUADRO 1A). Os valores de alumínio trocável, saturação por Al e Mn disponível são apresentados no QUADRO 7A. As respectivas equações de regressão aparecem no QUADRO 4.

4.1.5.1. Al trocável e saturação por Al (m%)

Os resultados das análises de variância mostram alto efeito significativo de calcário, gesso e das suas interações sobre ambos parâmetros avaliados (QUADRO 1A). Os valores médios de Al trocável e de saturação por alumínio em função dos tratamentos aplicados, são mostrados no QUADRO 7A. Nota-se que as adições de calcário e gesso promoveram reduções nos teores e saturação por Al.

Analisando o efeito do gesso na ausência de calcário, verifica-se uma tendência de diminuição nos teores de Al trocável, contudo, sem muita consistência, enquanto que para a

QUADRO 4 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para alumínio trocável, saturação por alumínio (m%) e Mn disponível em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

Variável	Equação de regressão	r^2	Máximo/ mínimo
Al-AC	Al (G_0) = $0,550 - 0,18493^{**}C + 0,01689^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_1) = $0,300 - 0,08219^{**}C + 0,00750^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_2) = $0,275 - 0,07192^{**}C + 0,00657^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_3) = $0,350 - 0,10274^{**}C + 0,00938^{**}C^2$	1,000	5,48
Al-DM	Al (G_0) = $0,725 - 0,25685^{**}C + 0,02345^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_1) = $0,575 - 0,19520^{**}C + 0,01782^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_2) = $0,525 - 0,17465^{**}C + 0,01595^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_3) = $0,550 - 0,18493^{**}C + 0,01688^{**}C^2$	1,000	5,48
Al-DF	Al (G_0) = $0,875 - 0,31849^{**}C + 0,02908^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_1) = $0,625 - 0,21575^{**}C + 0,01970^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_2) = $0,650 - 0,22602^{**}C + 0,02064^{**}C^2$	1,000	5,48
	Al (G_3) = $0,725 - 0,25685^{**}C + 0,02345^{**}C^2$	1,000	5,48
m(%) - AC	m% (C_0) = $24,042 - 6,17390^{**}G + 0,43928^{**}G^2$	0,952	7,03
	m% (C_1) = $2,572 - 0,13960^{*}G$	0,867	-
	m% (C_2) = NS	-	-
m(%) - DM	m% (C_0) = $36,762 - 7,8344^{**}G + 0,50868^{**}G^2$	0,982	7,70
	m% (C_1) = NS	-	-
	m% (C_2) = NS	-	-
m(%) - DF	m% (C_0) = $50,204 - 10,77025^{**}G + 0,72630^{**}G^2$	0,972	7,41
	m% (C_1) = NS	-	-
	m% (C_2) = NS	-	-
Mn-AC	Mn (C_0) = NS	-	-
	Mn (C_1) = $4,633 + 0,54936^{*}G - 0,04054^{*}G^2$	0,969	6,78
	Mn (C_2) = NS	-	-
Mn-DM	Mn (C_0) = NS	-	-
	Mn (C_1) = $5,102 + 0,97359^{*}G - 0,08663^{**}G^2$	0,984	5,62
	Mn (C_2) = $7,315 + 0,25943^{**}G$	0,789	-
Mn-DF	Mn (C_0) = $2,945 + 0,31995G - 0,03718^{*}G^2$	0,999	4,30
	Mn (C_1) = NS	-	-
	Mn (C_2) = $5,884 + 0,62913^{*}G - 0,05045^{**}G^2$	0,448	6,24

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

saturação por Al a redução foi de maneira sistemática (FIGURA 7 e 8). O primeiro incremento no nível de calagem foi suficiente para reduzir os teores de Al trocável a valores insignificantes. Neste caso, a calagem parece ser muito mais eficiente do que a gessagem, o que também foi constatado por PAVAN *et alii* (1984); DAL BO (1985); GUILHERME (1986) e SILVA (1990).

No desdobramento da interação calcário x gesso, nota-se que a regressão polinomial para os níveis de gesso dentro de C_1 e C_2 do fator calcário não foi significativa, tal fato encontra justificativa ao se deparar com valores iguais de Al trocável dentro dos referidos níveis (QUADRO 7A). O desdobramento inverso (gesso x calcário) apresentou significância em todos níveis. A gessagem isoladamente, ainda que de eficiência menor do que a calagem, promoveu reduções apreciáveis na saturação por Al, quando se comparam os tratamentos sem gesso (C_0G_0) com aqueles que receberam mais gesso (C_0G_3), nas amostragens realizadas antes dos cultivos (AC), e depois do milho (DM) e feijão (DF), respectivamente. Diversos autores constataram esta capacidade do gesso em reduzir o Al no solo, como é o caso de PAVAN *et alii* (1984); GUILHERME (1986) e OLIVEIRA *et alii* (1986), conduzindo experimentos em vasos com café, milho e feijão, respectivamente. As observações de PAVAN *et alii* (1984) indicam que, quando se aplica gesso, ocorre a complexação do alumínio pelo sulfato, formando o par iônico $AlSO_4^+$, e SOPRANO (1986) sugere que esta redução no Al trocável pode ser devida à precipitação ou passagem para formas não extraíveis com KCl 1N, mas, ALVA *et alii* (1990) levantam dúvidas a respeito deste processo, mencionando não conhecer plenamente o exato mecanismo envolvido.

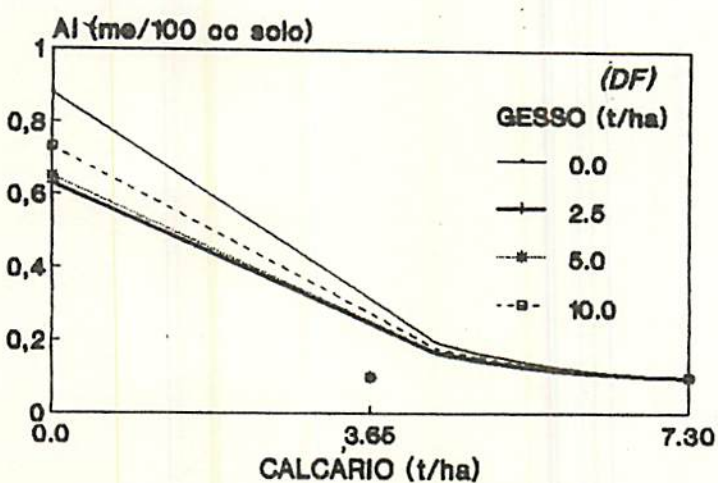
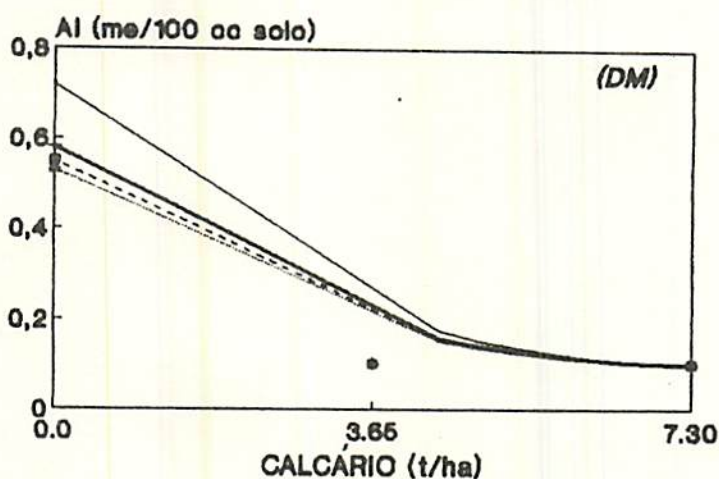
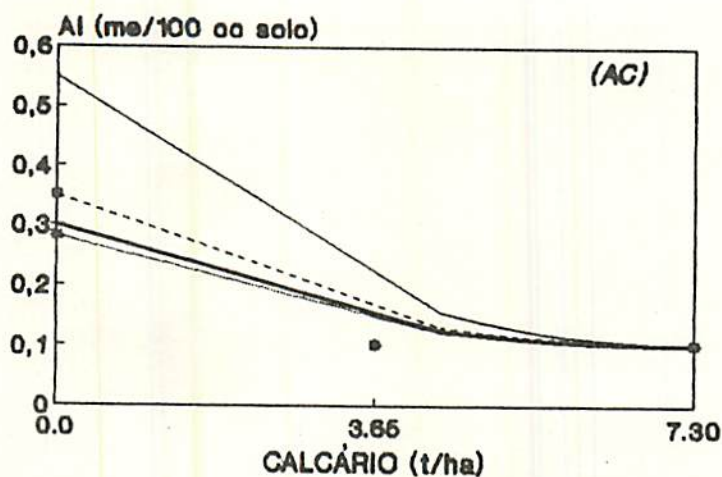


FIGURA 7 - Valores de Al trocável no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

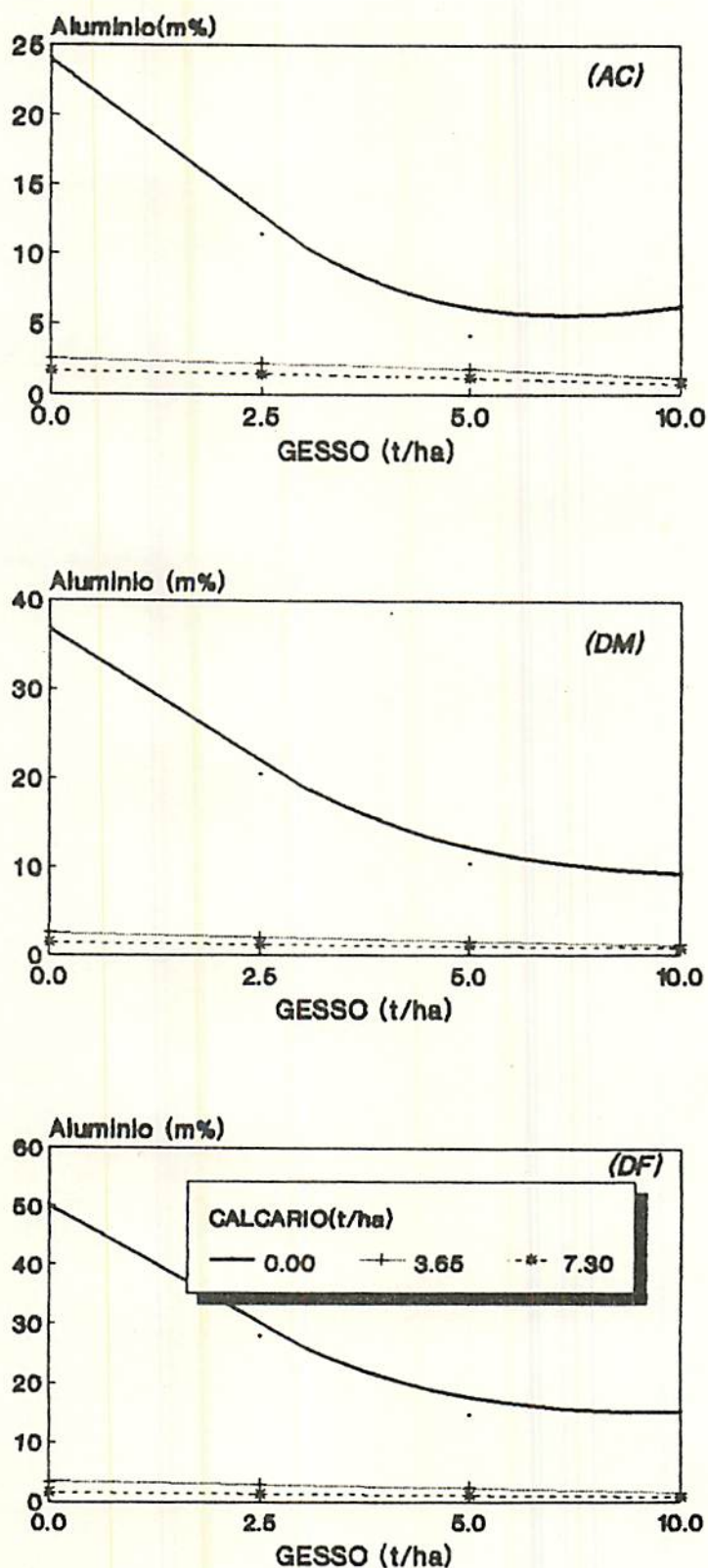


FIGURA 8 - Valores de saturação por Al (m%) em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

RAIJ (1988) conclui mencionando que ocorre apenas uma diluição do Al pelo SO_4^{2-} , não podendo interpretar como diminuição efetiva da acidez ou do alumínio trocável.

Os tratamentos sem calcário apresentaram teores de Al trocável que segundo a CFSEMG (1989) poderiam enquadrar-se como "médios". A saturação por Al(m%) atingiu valores maiores apenas no tratamento C_0G_0 , que com base na mesma comissão variaram de "médios" a "altos". Valores de saturação por Al superiores a 10% em feijoeiro e 25% em milho podem representar um início de restrição ao crescimento radicular de tais culturas (EMBRAPA, 1976 e HOWELER & CADAVID, 1976).

4.1.5.2. Mn disponível no solo

Os resultados da análise de variância indicam que, apenas gesso, antes dos cultivos (AC), não influenciou significativamente no parâmetro estudado (QUADRO 1A). Os valores médios de Mn solúvel no solo são mostrados no QUADRO 7A. Nota-se que houve uma contribuição efetiva da calagem no aumento da disponibilidade deste micronutriente, enquanto que a ação da gessagem foi apenas incipiente (FIGURA 9), entretanto, muitas citações na literatura pertinente, mencionam que a calagem é promotora de decréscimos no Mn (MALAVOLTA *et alii*, 1977 e FOY, 1984). Neste contexto, MASCARENHAS *et alii* (1990) e QUAGGIO *et alii* (1982b) demonstram que a quantidade de calcário necessária para reduzir o teor de Mn solúvel a níveis adequados para a nutrição das plantas é maior do que a quantidade

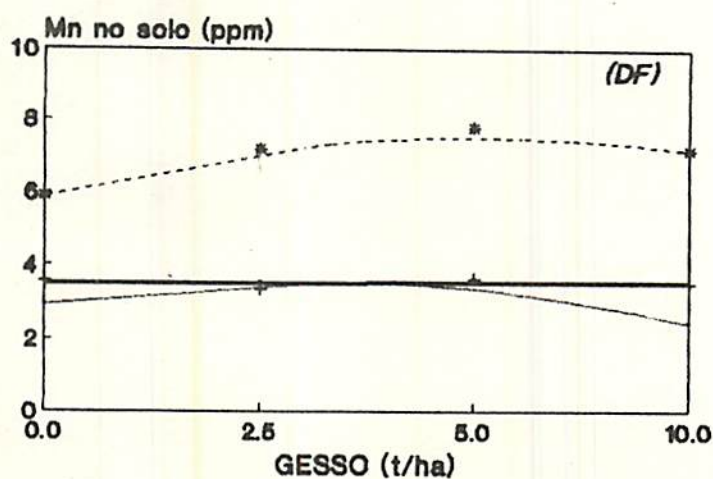
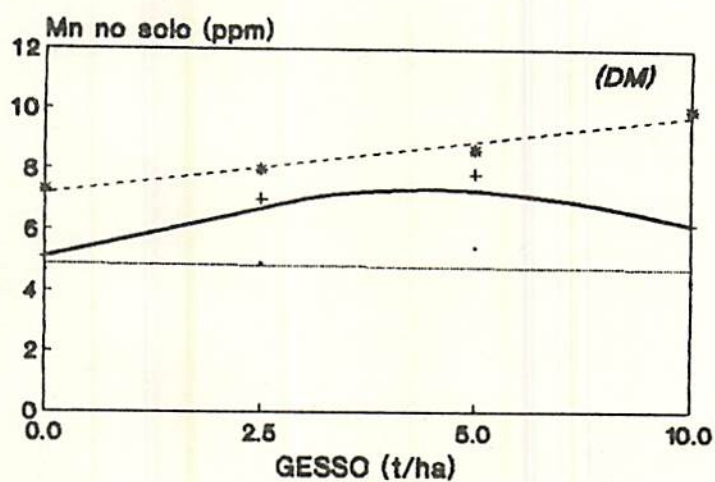
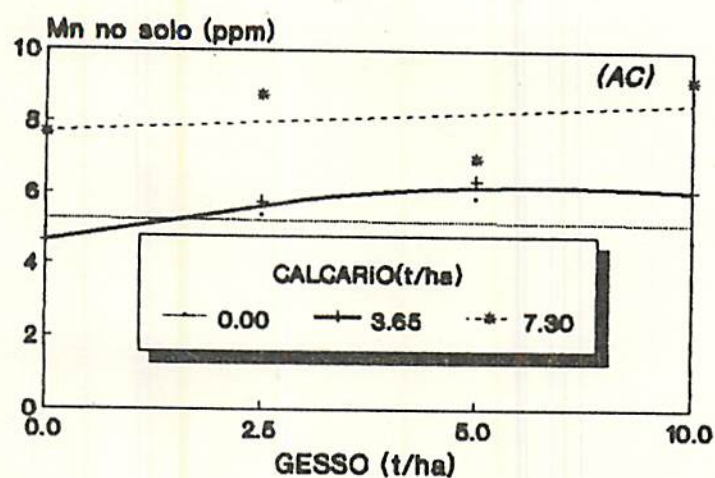


FIGURA 9 - Valores de Mn no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

para a toxidade do Al no solo. São considerados dentro da faixa aceitável para a maioria das culturas, valores variando de 2,5 a 20ppm de Mn solúvel (OLIVEIRA & THUNG, 1988), onde também se enquadram os do presente estudo. Entretanto, numa análise mais abrangente, deve-se considerar o pH, o conteúdo de Mn total, nível de matéria orgânica, aeração e atividade microbiológica (FOY, 1974).

Em algumas situações o uso do gesso tem aumentado a solubilidade de Mn no solo (FRIED & PEECH, 1946, OATES & CALDWELL, 1985). A hipótese de que em condições de alta concentração de Mn, o SO_4^{2-} poderia complexá-lo, à semelhança do que ocorre com o Al, foi descartada por PAVAN (1986) justificando como pouco provável termodinamicamente, entretando, OLSEN & WATANABE (1979) mencionam que a formação de pares iônicos de Mn, Fe e Zn com o sulfato, aumenta a concentração total desses micronutrientes na solução do solo. Uma maior quantidade de Mn na solução, não representa necessariamente uma maior absorção. Isto parece estar muito ligado à capacidade metabólica da planta, além de muitos outros fatores como já mencionado. Neste contexto, parece que o extrator utilizado no presente estudo não foi adequado para distinguir as formas de Mn no solo em função dos tratamentos aplicados, já que a absorção pelas plantas não acompanhou a sua disponibilidade no solo.

4.1.6. Relações catiônicas no solo

Pelos resultados da análise de variância nota-se que não houve influência apenas da interação calcário x gesso na relação Mg/K no solo antes dos cultivos (AC). Os valores das relações Ca/K, Mg/K e Ca/Mg no solo são apresentadas no QUADRO 8A. As respectivas equações de regressão aparecem no QUADRO 5.

4.1.6.1. Relação Ca/K no solo

Os valores de relação Ca/K no solo em função dos diversos tratamentos são mostrados no QUADRO 8A. Pela análise de variância, nota-se efeito significativo para calcário, gesso e a interação entre estes dois fatores (QUADRO 2A).

Os valores de relação Ca/K no solo apresentados no QUADRO 8A, de maneira geral, são muito elevados, principalmente antes (AC) e logo após o cultivo do milho (DM). Aumentando-se os níveis de calagem e/ou gessagem, a relação Ca/K sobe igualmente (FIGURA 10). Destaca-se que os teores originais de tais cátions são baixos (QUADRO 1), depreende-se que, doses elevadas de calagem e gessagem, principalmente esta última, ao elevarem os níveis de Ca, contribuíram muito para o desbalanço entre ambos. Com as adubações potássicas realizadas, somente ao final dos cultivos (DF) é que se pode observar relações Ca/K mais estreitas, uma vez que o milho absorveu quase todo o K adicionado ao solo.

QUADRO 5 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para as relações Ca/K, Mg/K e Ca/Mg no solo em função da calagem (C) e gessagem (G), obtidas antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

Variável	Equação de regressão	r^2	Máximo/ mínimo
Ca/K-AC	Ca/K (C_0) = 19,119+ 5,15394**G	0,956	-
	Ca/K (C_1) = 25,005+ 6,86745**G	0,957	-
	Ca/K (C_2) = 42,059+12,06697**G	0,997	-
Ca/K-DM	Ca/K (C_0) = 18,379+ 8,21797**G	0,995	-
	Ca/K (C_1) = 54,003+ 8,13645**G	0,982	-
	Ca/K (C_2) = 57,376+14,17591**G	0,984	-
Ca/K-DF	Ca/K (C_0) = 3,482+ 3,00885**G	0,983	-
	Ca/K (C_1) = 11,291+ 2,09605**G	0,942	-
	Ca/K (C_2) = 20,008+ 4,70305**G	0,977	-
Mg/K-AC	Mg/K (C_0) = 2,785- 0,16385**G	0,931	-
	Mg/K (C_1) = 12,822- 1,27343 G +0,09985**G ²	0,776	6,38
	Mg/K (C_2) = 25,832- 0,78043**G	0,906	-
Mg/K-DM	Mg/K (C) = 0,732+ 4,35025**G	0,998	-
	Mg/K (G) = 18,185- 0,36006**G	0,964	-
Mg/K-DF	Mg/K (C_0) = NS	-	-
	Mg/K (C_1) = 4,838- 0,16640* G	0,431	-
	Mg/K (C_2) = 12,955+ 0,96455**G -0,12289**G ²	0,378	3,92
Ca/Mg-AC	Ca/Mg(C_0) = 4,600+ 4,79585**G	0,997	-
	Ca/Mg(C_1) = 2,221+ 0,73834**G	0,986	-
	Ca/Mg(C_2) = 1,194+ 0,78468**G	0,967	-
Ca/Mg-DM	Ca/Mg(C_0) = 13,792+10,28568**G	0,995	-
	Ca/Mg(C_1) = 2,449+ 0,84854**G	0,964	-
	Ca/Mg(C_2) = NS	-	-
Ca/Mg-DF	Ca/Mg(C_0) = 9,837+ 7,89540**G	0,991	-
	Ca/Mg(C_1) = NS	-	-
	Ca/Mg(C_2) = NS	-	-

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

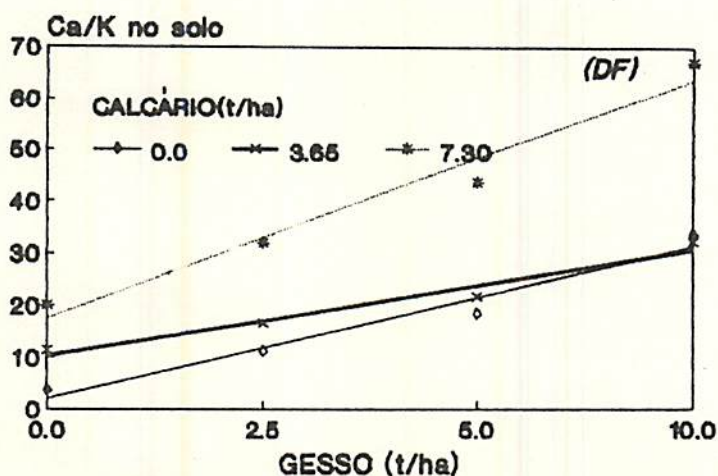
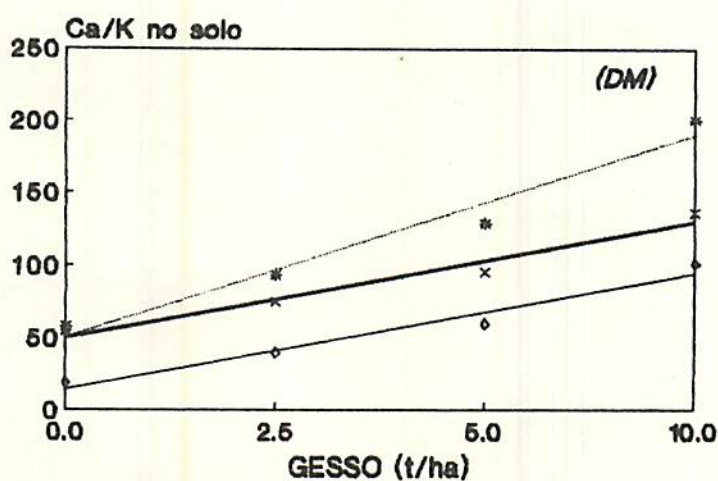
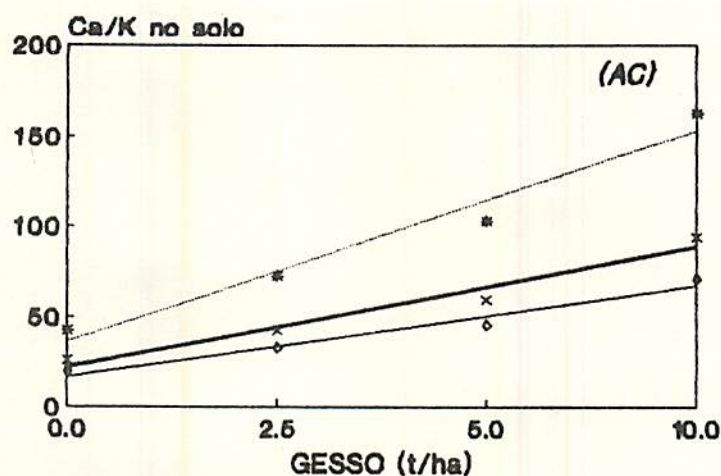


FIGURA 10 - Relações Ca/K no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

O estabelecimento de relações ideais no solo nem sempre é tarefa fácil. Um balanço envolvendo vários fatores ligados à relação solo-planta e a estipulação de quanto foi a "entrada" e a "saída" de um nutriente no sistema, parece ser a maneira mais adequada desta avaliação. Desse modo, tomando como referência apenas os resultados antecedentes aos cultivos, pode-se dizer que os valores de relações Ca/K entre 31,2 e 38,5 no solo mostraram mais adequados às culturas. Comparando tais valores com aqueles mencionados por MIRANDA (1966) sobre experimentos com milho em Terra Roxa, nota-se certa proximidade. O referido autor argumenta que há maior probabilidade de resposta ao K quando a relação Ca/K é mais elevada. Assim, ALVARENGA (1983) com valores médios de relação Ca/K de 6,8 na camada de 0-40cm de um LR não observou efeito de doses de K_2O aplicados. Entretanto, FAQUIN (1982) notou-se que ao estreitar a relação Ca/K pela elevação dos níveis de K, a cultura do milho era favorecida, sendo que um grande alargamento nesta relação ocorrida nos 2º e 3º cultivos, provocou efeitos detrimenais.

Na realidade as plantas tem uma capacidade de adaptação bastante grande, e só em relações extremas elas seriam muito afetados em seu crescimento (RAIJ, 1987), e isto foi observado no presente trabalho.

4.1.6.2. Relação Mg/K no solo

Os valores médios de relação Mg/K no solo são mostrados no QUADRO 8A. Pelos resultados da análise de variância (QUADRO

2A) nota-se que não houve efeito significativo apenas para a interação calcário x gesso depois do cultivo de milho (DM). A tendência geral observada foi de redução nos valores de relações Mg/K no solo com o incremento dos níveis de gesso, enquanto que para o calcário, o comportamento foi de maneira inversa (FIGURA 11). Justifica-se tal fato analisando que mais Mg é colocado no sistema com a presença de maior quantidade do calcário dolomítico. A ação do gesso, aumentando a concentração de Ca e induzindo a menores relações Mg/K está consubstanciada, a princípio, na preferencialidade de troca e retenção diferenciada de cátions no complexo sortivo, conforme constatado no campo, e posteriormente com os cultivos. Tudo indica que aumentos nos níveis de corretivos ou gesso devem ser acompanhados de maiores aplicações de K_2O para que o equilíbrio não seja muito prejudicado, conforme sugerido por REEVE & SUMNER (1972) RITCHEY *et alii* (1980) e DATES & CALDWELL (1985).

Ainda que se admita uma saturação por K entre 2 e 5% na CTC efetiva como a desejável e que se deva dar atenção especial às relações entre os cátions, BOYER (1974) argumenta que elas são bastante variáveis segundo as plantas e os tipos de solo. Com respeito ao solo, GUEDES (1982) justifica que as diferenças do equilíbrio catiônico na superfície e subsolo são devidas às variações na composição mineralológica entre tais camadas, que aliadas às diferenças no conteúdo de matéria orgânica, acompanhada das interações organo-minerais, explicam estas diferenças de seletividade. Uma vez que o K pode ser suprido através das adubações de plantio, a maior preocupação passa a ser com o Mg, especialmente quando não se utiliza calcário. Embora o

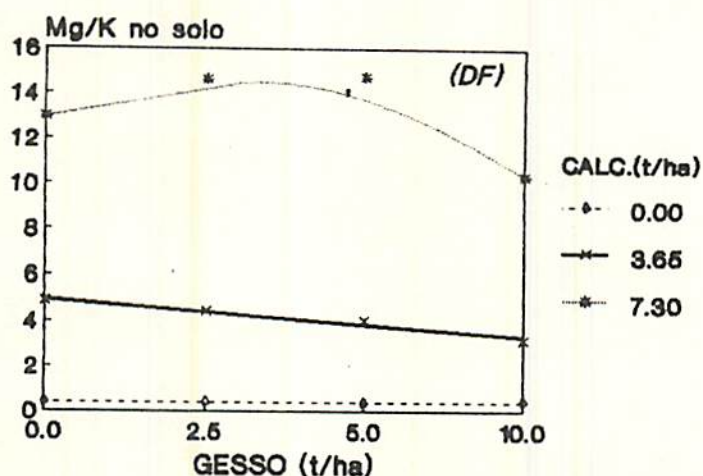
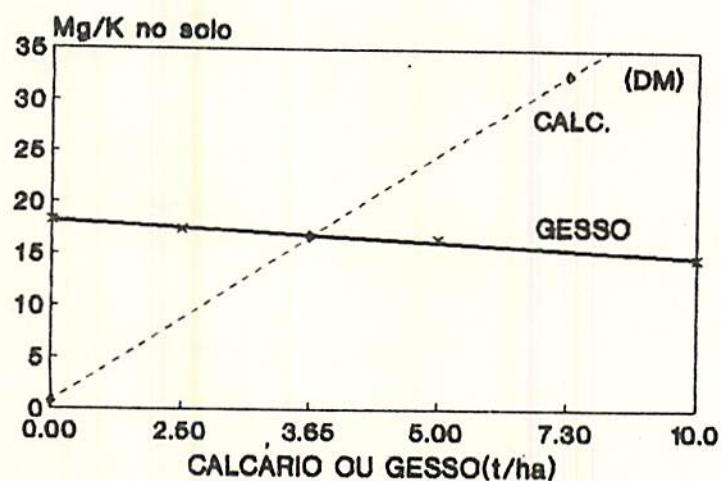
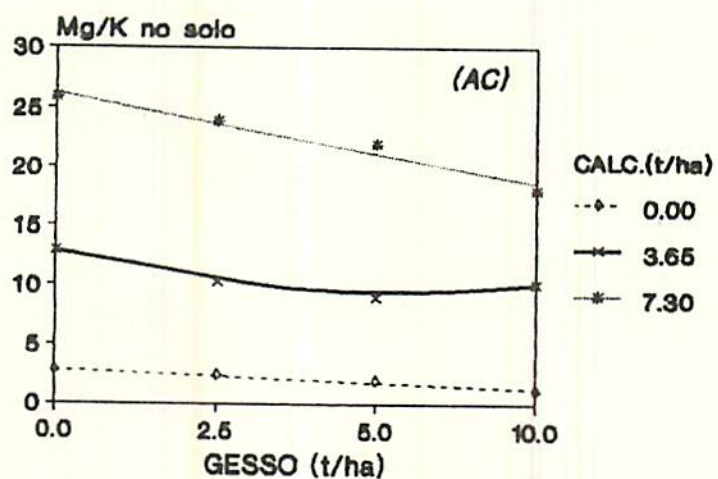


FIGURA 11 - Relações Mg/K no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

equilíbrio catiônico seja importante, deve-se ressaltar que os teores absolutos devem estar dentro de limites considerados adequados para as plantas conforme observaram SOARES (1978), USHERWOOD (1982) e ROSOLEM *et alii* (1984), e isto não ocorreu em relação ao Mg no nível sem calagem no presente estudo.

4.1.6.3. Relação Ca/Mg no solo

Pela análise de variância nota-se elevado efeito significativo de calcário, gesso e de suas interações (QUADRO 2A). Os valores médios das relações Ca/Mg no solo em função dos tratamentos são apresentados no QUADRO 8A. Com a adição de apenas gesso, as relações Ca/Mg cresceram muito de um nível para outro (FIGURA 12). Este efeito do gesso sobre a movimentação de Mg em relação ao Ca, tem sido constatado em muitos trabalhos, como os de REEVE & SUMNER (1972); RITCHEY *et alii* (1980); QUAGGIO *et alii* (1982a); DAL BO (1985); SOPRANO (1986) e FARINA & CHANNON (1988b), e contribuem efetivamente para alargar a relação Ca/Mg no solo, prejudicando o desenvolvimento das plantas. Quando fez-se a combinação da calagem com a gessagem, os valores das relações enquadraram-se numa faixa considerada adequada para a maioria das culturas.

Ainda que o Mg seja potencialmente mais móvel que o Ca no perfil do solo, verifica-se que no nível mais elevado de calagem ocorreu ligeira redução nos valores das relações, caracterizando tanto a influência da quantidade de Mg contida no material corretivo, quanto, possivelmente uma maior liberação de

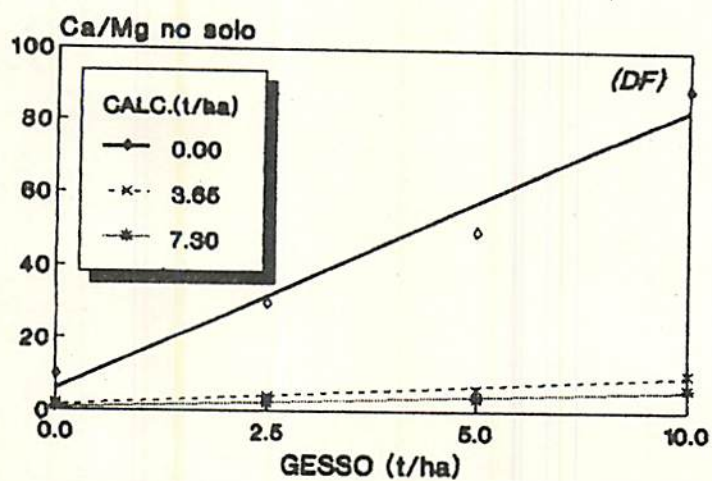
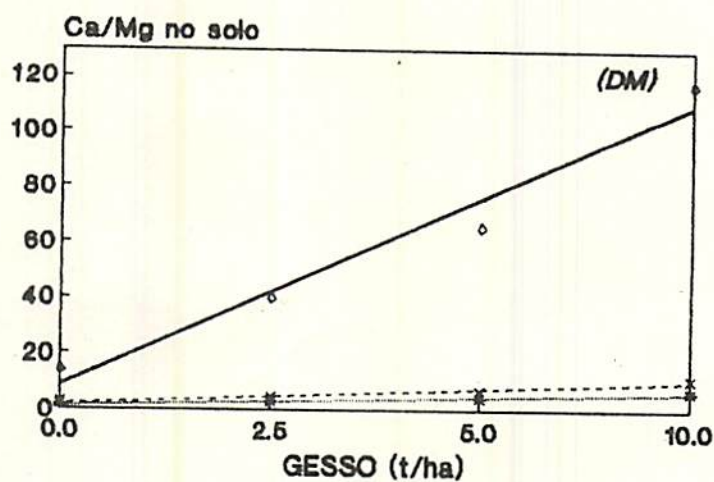
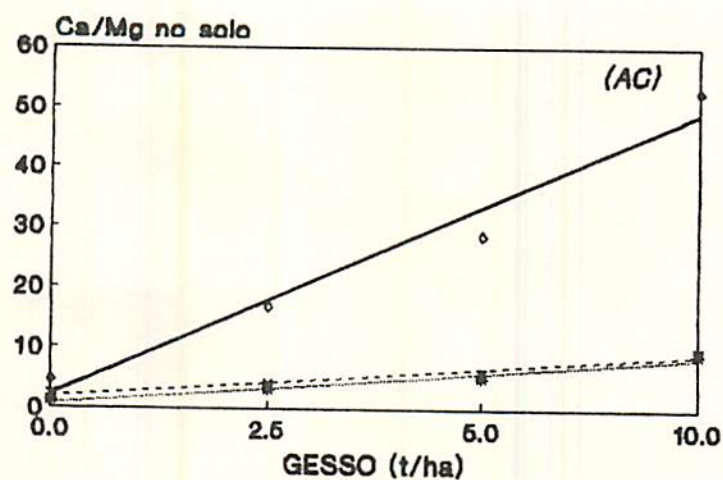


FIGURA 12 - Relações Ca/Mg no solo em função da calagem e gessagem, obtidos antes (AC) e depois do cultivo do milho (DM) e feijoeiro (DF).

cargas negativas induzida por esta prática de manejo do solo, favorecendo a retenção do nutriente. Mesmo relações muito elevadas na presença do corretivo, mostraram não ser prejudiciais, conforme ponderado também por RAIJ (1987).

4.2. Matéria seca, teores e quantidades acumuladas de nutrientes na parte aérea das plantas

Os valores relativos a matéria seca, teores e quantidades acumuladas de P, K, Ca, Mg, S e Mn na parte aérea das duas culturas são apresentados nos QUADROS 9A, 10A, 11A e 12A. As suas respectivas equações de regressão aparecem nos QUADROS 6 e 7.

4.2.1. Produção de matéria seca

Pela análise de variância nota-se que calcário, gesso e suas interações influenciaram significativamente na produção de matéria seca do milho, e, no caso do feijoeiro, o gesso usado isoladamente não apresentou nenhum efeito sobre este parâmetro (QUADRO 3A). Os valores de produção de matéria seca da parte aérea das duas culturas em função dos diversos tratamentos são apresentados nos QUADROS 9A e 10A, e a representação gráfica na FIGURA 13.

Os tratamentos que receberam apenas gesso, de modo geral, foram os piores para o desenvolvimento da parte aérea. Tal

QUADRO 6 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para matéria seca (M.S.) de feijoeiro e resultados da análise química da parte aérea em função da calagem (C) e gessagem (G).

Variável Equação de regressão		r^2	Máximo/ mínimo
M.S.	M.S. (C_0) = N.S.	-	-
	M.S. (C_1) = $24,5050 - 0,50157^{**}G$	0,903	-
	M.S. (C_2) = $19,8490 + 0,57022^{**}G$	0,974	-
P (mg)	P (C_0) = $42,6113 + 3,1177^*G - 0,21909^*G^2$	0,975	7,12
	P (C_1) = NS	-	-
	P (C_2) = $57,0091 + 3,7881^{**}G - 0,22727^*G^2$	0,979	8,33
P (%)	P (C) = $0,3781 - 0,0326^{**}C + 0,00297^*C^2$	1,000	5,49
K (mg)	K (C_0) = NS	-	-
	K (C_1) = NS	-	-
	K (C_2) = $337,8909 + 25,7418^*G - 1,8727^*G^2$	0,829	6,87
K (%)	K (C_0) = $2,1985 + 0,03034^*G$	0,803	-
	K (C_1) = $1,1349 + 0,1173^{**}G - 0,00796^*G^2$	0,997	7,37
	K (C_2) = NS	-	-
Ca (mg)	Ca (C_0) = $166,0931 + 59,0413^{**}G - 4,1645^{**}G^2$	0,941	7,09
	Ca (C_1) = $294,4840 + 47,8331^{**}G - 3,0972^{**}G^2$	0,966	7,72
	Ca (C_2) = $335,7704 + 38,0359^{**}G - 1,7863^*G^2$	0,985	10,65
Ca (%)	Ca (C_0) = $1,3407 + 0,3827^{**}G - 0,02581^{**}G^2$	0,945	7,42
	Ca (C_1) = $1,1904 + 0,2557^{**}G - 0,01370^*G^2$	0,969	9,33
	Ca (C_2) = NS	-	-
Mg (mg)	Mg (C_0) = NS	-	-
	Mg (C_1) = $92,2613 + 5,1477^{**}G - 0,6791^{**}G^2$	0,848	3,79
	Mg (C_2) = $125,7227 + 13,8354^{**}G - 1,0382^{**}G^2$	0,861	6,66
Mg (%)	Mg (C_0) = NS	-	-
	Mg (C_1) = $0,3704 + 0,0387G - 0,00372^{**}G^2$	0,917	5,20
	Mg (C_2) = $0,6542 + 0,0344G - 0,00362^{**}G^2$	0,668	4,75

continuação...

S (mg)	S (C ₀) = 12,2886+20,5122**G-1,6009**G ²	0,966	6,41
	S (C ₁) = 34,7795+22,4241**G-1,5736**G ²	0,897	7,13
	S (C ₂) = 13,8022+23,1695**G-1,2318**G ²	0,999	9,40
S (%)	S (C ₀) = 0,1131+0,1391**G-0,01079**G ²	0,992	6,45
	S (C ₁) = 0,1446+0,1025**G-0,00651**G ²	0,907	7,87
	S (C ₂) = 0,0722+0,1037**G-0,00626**G ²	0,997	8,28
Mn (ug)	Mn (C ₀) = 3017,950- 82,54571**G	0,657	-
	Mn (C ₁) = 1664,457-105,33136 G+12,18454*G ²	0,544	4,32
	Mn (C ₂) = 297,700+ 33,06857*G	0,991	-
Mn ppm	Mn (C ₀) = 227,193-6,15808**G	0,901	-
	Mn (C ₁) = 61,263+2,77588* G	0,544	-
	Mn (C ₂) = NS	-	-

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

QUADRO 7 - Equação de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para matéria seca (M.S.) do milho e resultados da análise química da parte aérea em função da calagem (C) e gessagem (G).

Variável	Equação de regressão	r^2	Máximo/ mínimo
M.S.	M.S. (C ₀) = 31,0629+3,4142G-0,3067**G ²	0,927	5,57
	M.S. (C ₁) = NS	-	-
	M.S. (C ₂) = NS	-	-
P (mg)	P (C ₀) = 47,850+1,2200**G	9,918	-
	P (C ₁) = NS	-	-
	P (C ₂) = NS	-	-
P (%)	P (C ₀) = 0,1516-0,0084**G+0,00105**G ²	0,991	4,00
	P (C ₁) = NS	-	-
	P (C ₂) = NS	-	-
K (mg)	K (C ₀) = 581,1500+7,6085**G	0,833	-
	K (C ₁) = NS	-	-
	K (C ₂) = 552,1318-29,4463G+2,5545**G ²	0,537	-

continuação...

K (%)	K (C ₀) = 1,8369-0,11134G+0,01187**G ²	0,935	5,76
	K (C ₁) = NS	-	-
	K (C ₂) = NS	-	-
Ca (mg)	Ca (C ₀) = 162,8659+47,0868**G-3,5027**G ²	0,972	6,72
	Ca (C ₁) = 183,0022+14,6595**G-0,9718* G ²	0,892	7,54
	Ca (C ₂) = NS	-	-
Ca (%)	Ca (C ₀) = 0,5239+0,0734**G-0,00432**G ²	0,991	8,50
	Ca (C ₁) = 0,4270+0,0118**G	0,795	-
	Ca (C ₂) = NS	-	-
Mg (mg)	Mg (C ₀) = NS	-	-
	Mg (C ₁) = 193,5000-3,11428**G	0,907	-
	Mg (C ₂) = 274,1500-7,96285**G	0,970	-
Mg (%)	Mg (C ₀) = 0,1010-0,00465 G	0,918	-
	Mg (C ₁) = 0,4240-0,00577**G	0,919	-
	Mg (C ₂) = 0,6360-0,01608**G	0,995	-
S (mg)	S (C ₀) = 43,1931+10,6111**G-0,7445**G ²	0,941	7,13
	S (C ₁) = 67,4113+ 8,5777**G-0,6191**G ²	0,886	6,93
	S (C ₂) = 60,8000+ 4,7885**G	0,993	-
S (%)	S (C ₀) = 0,1384+0,0146**G-0,00068*G ²	0,957	10,74
	S (C ₁) = 0,1496+0,0011**G ²	0,895	7,62
	S (C ₂) = 0,1415+0,0121**G	0,982	-
Mn (ug)	Mn (C ₀) = 2703,279+560,9741**G-44,4336**G ²	0,864	6,31
	Mn (C ₁) = 2014,750+ 48,4000**G	0,335	-
	Mn (C ₂) = 622,850+ 62,5200**G	0,891	-
Mn ppm	Mn (C ₀) = 86,566+6,75236**G-0,41562**G ²	0,855	8,12
	Mn (C ₁) = 43,801+1,26451* G	0,430	-
	Mn (C ₂) = 14,437+1,56799**G	0,920	-

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

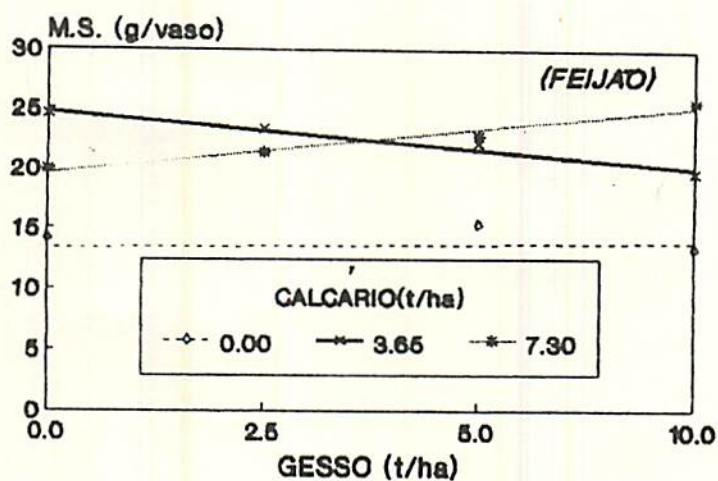
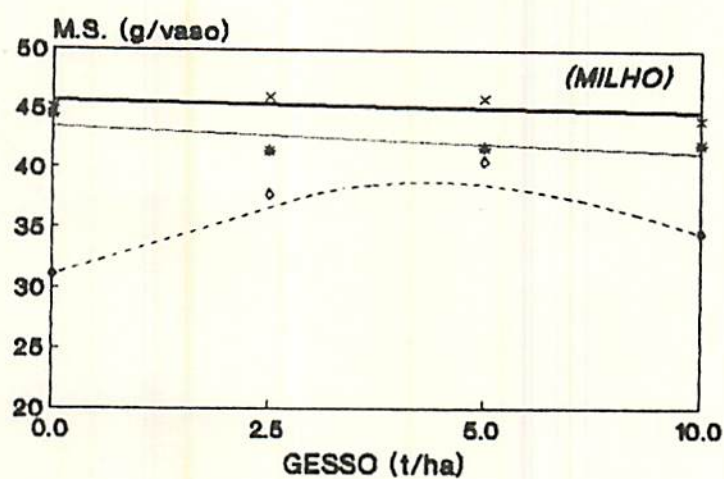


FIGURA 13 - Produção de matéria seca por plantas de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

efeito depressivo do gesso parece estar ligado a distúrbios nutricionais na planta, principalmente aqueles induzidos por relações catiônicas desfavoráveis no solo, notadamente as de Ca/Mg. Para KEY *et alii* (1962) a produção de matéria seca de milho pode não ser influenciada pelas relações Ca/Mg, desde que estes nutrientes estejam presentes em quantidades adequadas, entretanto, no presente estudo a baixa disponibilidade de Mg na ausência de calcário, ampliou muito a relação Ca/Mg e isto deve ter comprometido o desenvolvimento das plantas.

Para o milho, os tratamentos que levaram apenas gesso, ainda mostraram-se superiores à testemunha, enquanto que para o feijoeiro, nesta mesma situação não foram constatadas diferenças significativas, mas, em alguns casos a produção de matéria seca era inferior à da testemunha.

A produção máxima de matéria seca de milho ocorreu no nível C_1G_1 ela não diferiu estatisticamente de nenhum outro tratamento quando existia calcário. No caso do feijoeiro, os maiores valores de produção corresponderam aos tratamentos C_1G_0 e C_2G_3 . É importante observar que houve uma resposta linear à adição de doses crescentes de gesso na presença de calcário, sendo de forma negativa no nível C_1 e positiva no nível C_2 do corretivo (FIGURA 13). Ainda, é conveniente enfatizar, que a princípio o SO_4^{-2} não foi limitante ou excessivo, entretanto, na presença de uma maior quantidade de calcário, ocorria um efeito benéfico, o inverso era verificado quando os níveis do corretivo eram menores. Comparando-se os menores com os maiores valores de matéria seca, constata-se aumentos médios de 50,5% e 119,6% para o milho e o feijoeiro, respectivamente. As pesquisas tem mostrado

resultados muito variados, assim, ALVES & LOPES (1983) conduziram experimentos com milho em casa de vegetação utilizando dois tipos de solos, um Latossolo Vermelho-Amarelo e o outro, Latossolo Roxo. Não observaram diferenças na produção de matéria seca entre os tratamentos que receberam corretivos (calcário e/ou gesso), mas, eles diferiram sensivelmente da testemunha no LR, enquanto que no LVA, apenas esta diferiu do tratamento que recebeu 4t/ha de calcário calcítico comercial. Na mesma cultura, GUILHERME (1986) observou que a mistura calcário calcinado + gesso (70% : 30%) resultava em maior produção de matéria seca, tanto nos cultivos de vasos quanto nos cultivos de campo, utilizando os solos Podzólico Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Escuro.

CARMELLO (1989) trabalhando com relação Ca/Mg do corretivo (1:4; 2:3; 3:2 e 4:1) notou certa tendência de redução da matéria seca de milho quando alargou essa relação, e de acréscimo com a ampliação do valor de saturação por bases. Na mesma cultura, ARANTES (1983) observou que uma maior produção de matéria seca era obtida com relações Ca/Mg de 5:1 e dentro de níveis mais elevados de potássio. Para o feijoeiro, OLIVEIRA *et alii* (1986), encontraram um efeito linear positivo para as doses de gesso (0,0; 0,25; 1,0 e 4t/ha) sobre a produção de matéria seca em um Latossolo Vermelho-Amarelo, entretanto, tais resultados divergem daqueles observados no presente estudo uma vez que, não foi constatada influência do uso de gessagem isoladamente nesta cultura.

As duas culturas comportaram de tal maneira que, nos

tratamentos com apenas gesso, foi evidente a deficiência de Mg e, talvez, de K no milho, e de Mg no feijoeiro, sendo que nesta, ainda foi possível observar um crescimento razoável da testemunha até algumas semanas antes do corte, influenciado talvez por relações não muito desfavoráveis entre Ca/Mg no solo inicialmente, entretanto, com o decorrer do tempo a situação foi agravada. Tudo indica que no caso do milho, com o aumento dos níveis de calcário e gesso, uma suplementação com K poderia promover maior crescimento da planta, conforme sugerido por STANFORD *et alii* (1942) e ARANTES (1983).

4.2.2. Teores e quantidades acumuladas de P na parte aérea das plantas

Os resultados da análise de variância apresentados no QUADRO 3A indicam efeito significativo de calcário, gesso e de suas interações em feijoeiro, enquanto que para o milho, apenas o gesso não influenciou na acumulação de P na parte aérea. Em relação aos teores foliares, não se constatou efeito de gesso e das interações em feijoeiro (QUADRO 4A). Os valores médios de P (teor e acumulado) na parte aérea das duas culturas em função da calagem e gessagem, aparecem nos QUADROS 9A, 10A, 11A e 12A

A absorção de P sofreu influência das doses de gesso apenas na ausência do corretivo (C_0), e neste caso, o melhor ajuste dos dados foi através da regressão linear. O aumento do teor de P no solo com os níveis de gessagem parece ter contribuído para tal fato, entretanto, valores baixos de pH e

maior saturação por Al podem ter levado a uma maior fixação do fósforo, visto que, foi menor a quantidade de P absorvida nos tratamentos sem calcário, isto pode estar relacionado também com um menor crescimento das plantas (FIGURA 14). As quantidades de P absorvidas na presença de calcário foram em média 17% superiores àquelas na ausência do corretivo. Entretanto, FARINA & CHANNON (1988b) compararam o efeito da calagem e da calagem + gessagem (gesso de origem mineral) e não verificaram a influência de ambos sobre o conteúdo de P na parte aérea do milho.

O teor foliar de P em milho (FIGURA 14), variou de forma significativa apenas quando os níveis de gesso foram aumentados na ausência de calcário, o que é concordante, de maneira geral, com os dados obtidos por GUILHERME (1986). Os teores foliares de P observados no presente estudo foram relativamente mais baixos se comparados com aqueles reportados por MALAVOLTA & DANTAS (1978) e MALAVOLTA (1980), entretanto, dentro da faixa aceitável para a cultura do milho, conforme menciona ARNON (1975).

A semelhança do que ocorreu com o milho, no feijoeiro houve menor absorção de P no nível C_0 do corretivo, provavelmente pelos mesmos motivos já expostos. Houve um ajuste quadrático para os níveis C_0 e C_1 do calcário dentro das doses de gesso, e deste dentro dos níveis de calcário, sempre de forma crescente. A absorção média de P cresceu em 35% com a calagem. Alguns trabalhos têm constatado o efeito deste corretivo em aumentar a eficiência na absorção de P (MUZILI & GODOY, 1977 e MIRANDA & LOBATO, 1978). Os valores médios de absorção

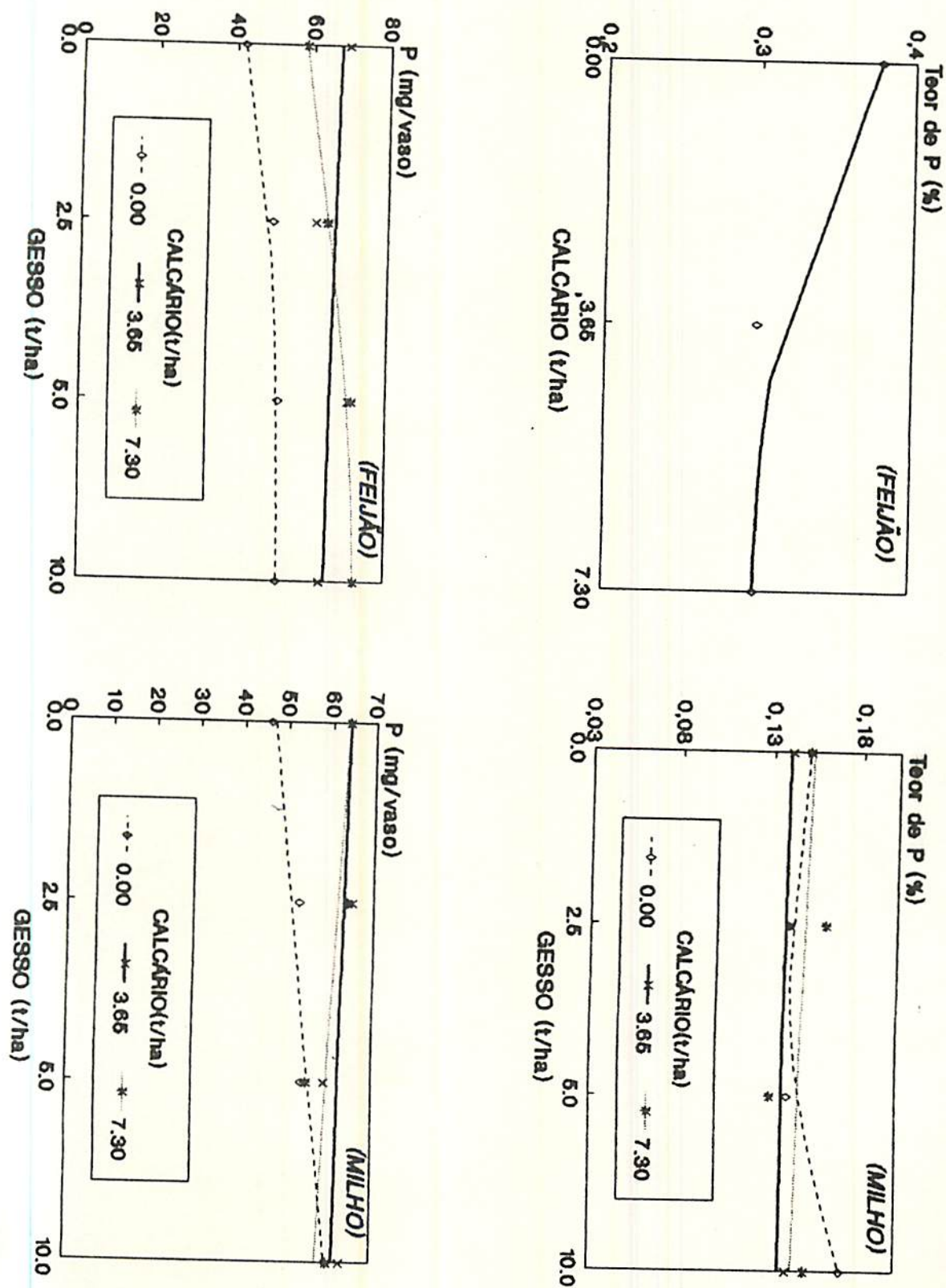


FIGURA 14 - Teor e quantidade de P acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

para P em milho e feijoeiro foram iguais, entretanto, os teores foliares foram bem superiores na leguminosa. Conforme ilustrado na FIGURA 14, nota-se uma ligeira redução no teor de P com a calagem, provavelmente, em função de maior crescimento da parte aérea. Os níveis de gessagem não diferiram entre si neste parâmetro, e isto concorda com os dados de OLIVEIRA *et alii* (1986).

A média de teor foliar para P (0,33%) coincide com os resultados de FEITOSA *et alii* (1980) para as análises de amostra da terceira folha no florescimento em feijoeiro.

4.2.3. Teores e quantidades acumuladas de K, Ca e Mg na parte aérea das plantas

Os resultados das análises de variância apresentados nos QUADROS 3A e 4A indicam efeito significativo de calcário, gesso e das suas interações sobre os teores e quantidades acumuladas de K, Ca e Mg na parte aérea das culturas. Os valores médios desses parâmetros em função dos tratamentos empregados, encontram-se nos QUADROS 9A, 10A, 11A e 12A. A análise conjunta destes três cátions básicos possibilita interpretar melhor a influência recíproca que existe entre ambos.

Pelos resultados mostrados no QUADRO 9A e a ilustração na FIGURA 15, é notória a redução na quantidade acumulada de K na parte aérea quando os níveis de calcário foram incrementados. As

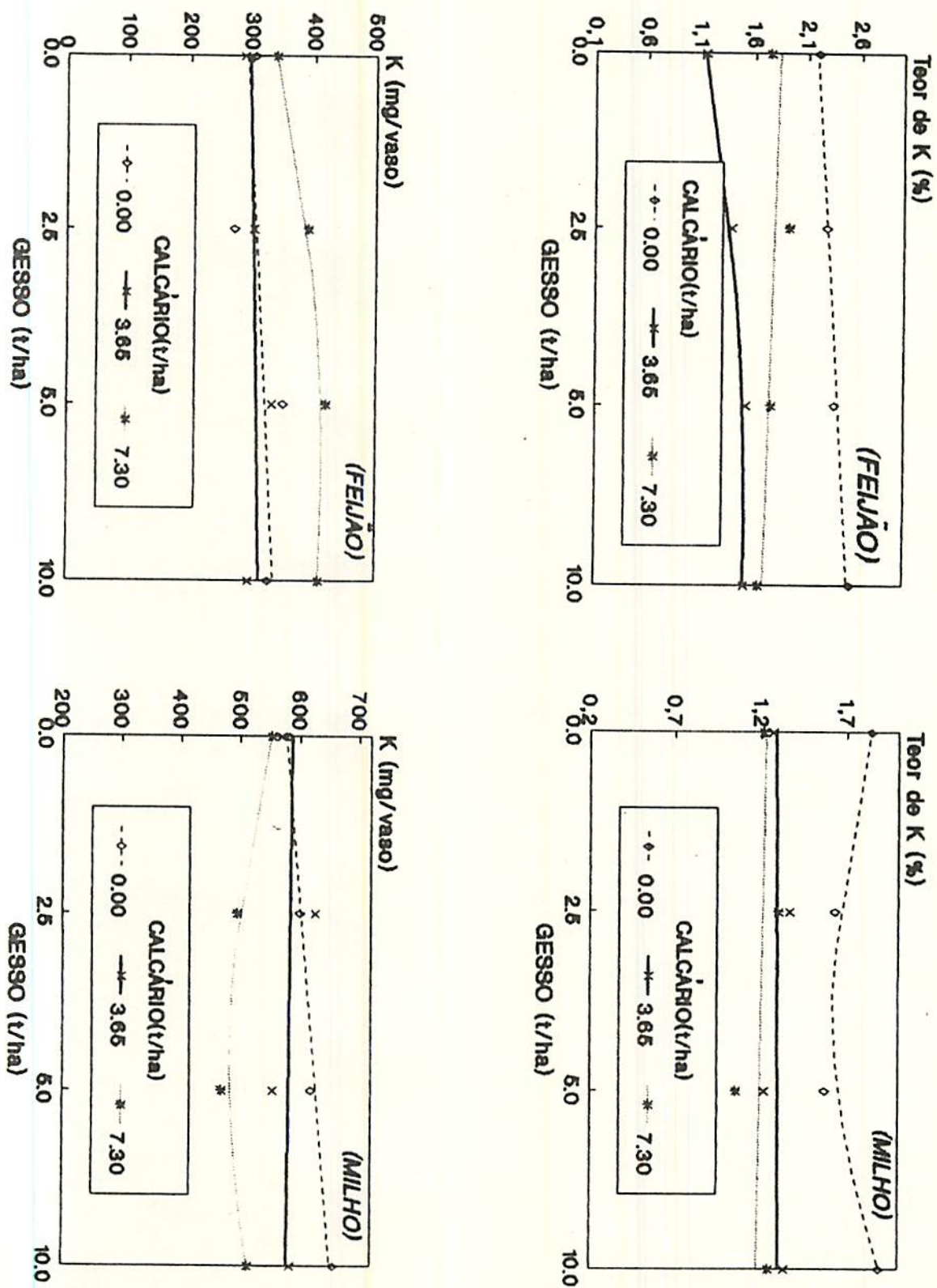


FIGURA 15 - Teor e quantidade de K acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

respostas quadráticas em C_2 , e linear crescente em C_0 , e ainda, a falta de significância em C_1 e entre os níveis de gesso, caracterizaram a dinâmica do K acumulado em milho. Houve um comportamento parecido com os teores foliares, entretanto ele não foi afetado pelas doses de gesso na presença dos corretivos (C_1 e C_2), enquanto que para os níveis de gesso e na ausência de calcário (C_0), o melhor ajuste foi o quadrático.

Uma maior absorção do K no nível C_0 do corretivo pode ser atribuída a uma necessidade de manutenção do balanço catiônico interno na planta quando o meio externo também estava desequilibrado, como por exemplo, devido a baixo pH, maior saturação por Al e pouca disponibilidade de Mg. Existe uma forte interação entre estas três espécies de cátions no processo de absorção desenvolvido pelas plantas. A habilidade de substituir-se ou competir destes cátions obedece à ordem $K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+}$ e isto pode ser muito coerente com os dados observados (BOWER & PIERRE, 1944; ANDREW *et alii*, 1973 e PAVAN & BINGHAM, 1982). A restituição de condições mais favoráveis com a presença do calcário, bem como a suficiência crescente de Mg, resultaram em um equilíbrio mais favorável reduzindo a absorção de K. Esta mesma tendência foi observada por CARMELLO (1989) em milho quando a relação Ca/Mg era aumentada, entretanto, JUO & UZO (1977) não notaram diferença do tipo de calcário sobre a absorção de K.

Considerando-se que os valores de K absorvido referem-se apenas à parte aérea, uma possível insuficiência de K trocável no solo pode ter prejudicado a produção de matéria seca, uma vez que os valores da análise de solo após o cultivo do milho (DM) foram iguais ou inferiores aos originais. Admitindo-se que para

uma menor produção de matéria seca houve maior absorção de K, parece evidente que houve um consumo de "luxo" de K na ausência de calcário.

Com relação aos teores foliares de K no milho, o incremento nos níveis de calcário promoveram reduções neste parâmetro, sendo que nos níveis C₁ e C₂ do corretivo não houve influência das doses de gesso (FIGURA 15). Onde houve menor produção de matéria seca, os teores foliares de K foram maiores, isto pode corroborar o consumo de "luxo". Com relação aos padrões de teores foliares, LOUÉ (1982) admite ser muito difícil fixar em um valor exato que possa ser considerado como um nível crítico do nutriente, conclui mencionando que é melhor referir-se a uma área crítica de 1,7 a 2,0%, por exemplo. A comparação desses valores propostos para K foliar (%) com os obtidos no presente estudo, indica que estes estão um pouco abaixo do que é considerado adequado para o milho, entretanto, muito acima daqueles encontrados por GUILHERME (1986), e abaixo dos citados por FARINA & CHANNON (1988b).

No desdobramento da interação calcário x gesso, apenas no nível C₂ do corretivo houve influência das doses de gesso, ajustando melhor através de uma equação quadrática crescente, e o mesmo foi verificado em relação aos níveis de gesso dentro de calcário.

Constata-se que para a produção de quantidades similares de matéria seca houve diferentes absorções de K, isto é, 286mg em C₁G₀ e 411mg em C₂G₃. Isto sugere que para manter o balanço de cátions na planta, uma maior absorção de K foi

necessária para acompanhar as de Ca e Mg também aumentadas no nível mais alto dos corretivos. Entretanto, MUZILLI & GODOY (1977), com bases em seus resultados, sugerem que o aumento de K na parte aérea está relacionado apenas com o aumento na produção de matéria seca promovido pela calagem.

A semelhança do que ocorreu para o milho no nível C₀ do corretivo, verificou-se também um maior teor foliar de K no feijoeiro, de forma crescente com o incremento da gessagem (FIGURA 15). Possivelmente, as mesmas justificativas lá expostas também se enquadrariam aqui. OLIVEIRA *et alii* (1986) observaram que em feijoeiro os teores foliares decresciam com aplicações de gesso superiores a 1,0 t/ha. Entretanto, MUZILLI & GODOY (1977) admitem que maior teor de K na ausência de calagem sugere uma interferência do Ca na migração do K das raízes para a parte aérea. Segundo WILCOX & FAGERIA (1976), quando os teores foliares de K no feijoeiro são inferiores a 1,5%, poderá ocorrer deficiência. Os autores consideram valores adequados entre 1,8 e 2,5% de K, que são ligeiramente superiores aos observados no presente estudo.

Pela FIGURA 16, nota-se que o aumento nos níveis de calcário promoveu uma diminuição nos valores de absorção de Ca, enquanto que, aumentando-se o gesso, a tendência foi crescer a absorção de Ca. A quantidade de Ca acumulada na parte aérea do milho, geralmente, ajustou-se a um efeito quadrático em relação aos tratamentos, de forma negativa com a calagem e positiva com a gessagem. A interpretação mais coerente seria de que a calagem vai fornecendo cada vez mais o Mg, que em quantidade mais elevada

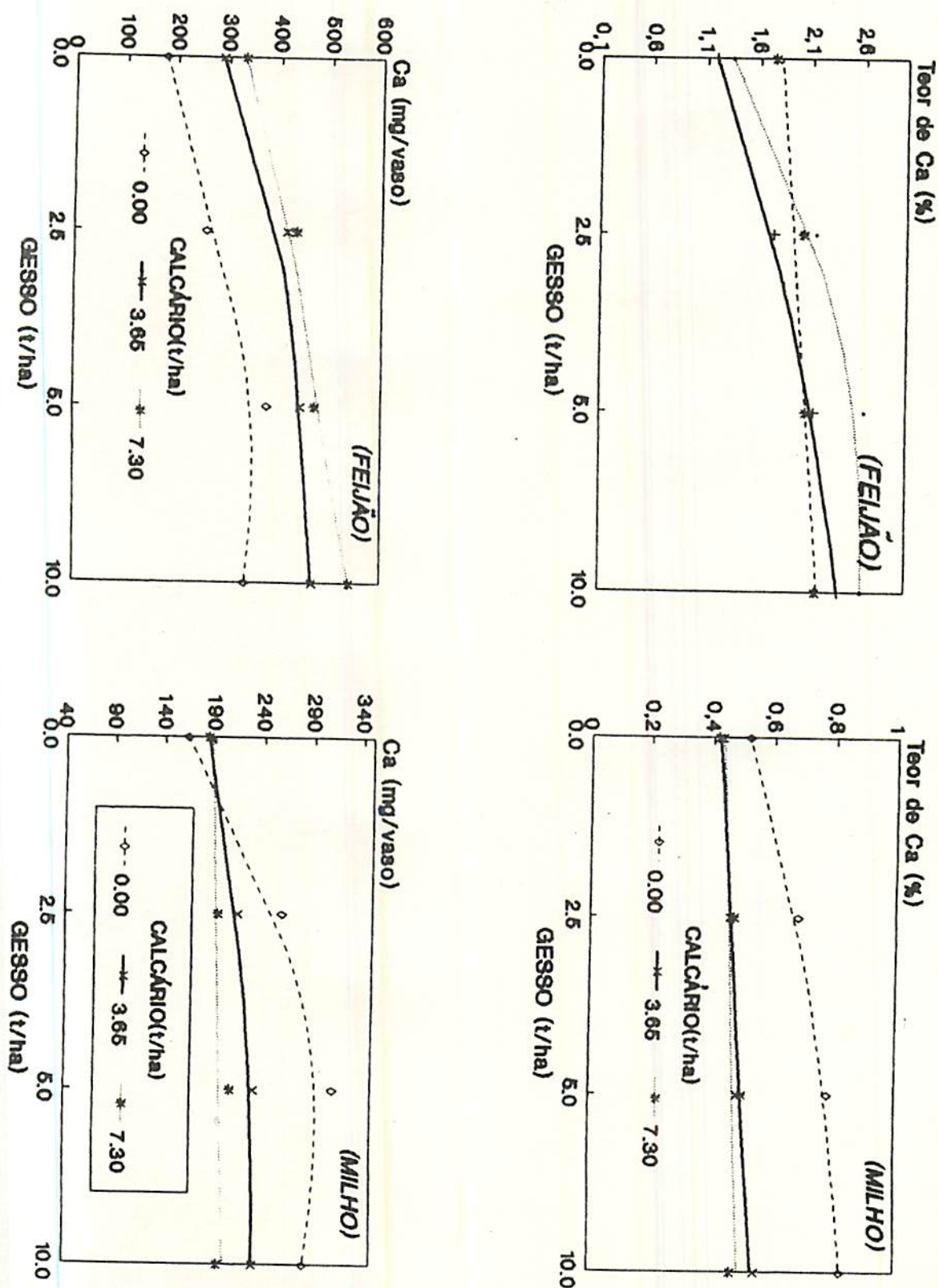


FIGURA 16 - Teor e quantidade de Ca acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

compete com vantagem em relação ao Ca, conseqüentemente, a absorção deste último é reduzida. Por outro lado, a gessagem vai aumentando muito os teores de Ca no solo, e a tendência é ocorrer maior absorção de Ca em detrimento de Mg. Da mesma forma, FARINA & CHANNON (1988b) observaram que quando ocorria a associação do calcário com o gesso maior quantidade de Ca era absorvida pelo milho. Resultados similares foram observados na mesma cultura por ARANTES (1983) e CARMELLO (1989); em aveia por MELLO & KAMIMSKI (1990), e gramíneas forrageiras por MARUN (1990) quando aumentavam a proporção de Ca dos corretivos. GUILHERME (1986) trabalhando com milho verificou também que o gesso usado isoladamente ou de forma crescente em relação ao calcário, aumentava a absorção de Ca.

Os teores foliares de Ca acompanharam a mesma tendência observada para os valores acumulados (FIGURA 16). Os teores médios de Ca decresceram dos tratamentos sem calcário (0,70%) para aqueles com dose máxima deste corretivo, onde atingiu o menor valor (0,46%). O teor foliar crítico de Ca proposto por MELSTED *et alii* (1969) está abaixo dos obtidos no presente estudo, e a influência do gesso deve ter contribuído para valores mais elevados.

Os teores e a quantidade acumulada de Ca na parte aérea do feijoeiro (QUADROS 10A e 12A) indicam maiores exigências desta cultura em Ca, comparativamente ao milho. O ajuste quadrático foi o que explicou melhor a variação dos dados em todos os casos (FIGURA 16).

O comportamento do feijoeiro foi de tal maneira que ao elevar os níveis de calcário e gesso, a quantidade acumulada de Ca também aumentava, enquanto que os teores foliares tenderam a reduzir com a calagem e a crescer com os níveis de gesso. Entretanto, com relação à calagem, MUZILLI & GODOY (1977) observaram que tanto os teores quanto a quantidade acumulada de Ca na parte aérea do feijoeiro cresciam com o incremento da calagem. Essas diferenças na absorção de Ca, podem estar condicionadas à qualidade do corretivo em termos de óxido de magnésio.

É fundamental destacar a importância do Ca, no metabolismo do N e crescimento de raízes (MALAVOLTA, 1980). Deve-se ressaltar também que maiores absorções ou teores foliares de Ca, nem sempre representam favorecimentos para o metabolismo e a produção das plantas, ainda que este nutriente seja muito importante na nodulação e fixação biológica do N_2 (FRANCO & DÖBEREINER, 1968), uma vez que o equilíbrio iônico interno deve ser mantido em relação aos outros cátions. Teores foliares de Ca variando entre 0,8 - 3,0% podem ser considerados adequados (WILCOX & FAGERIA, 1976), portanto, aqueles obtidos no presente trabalho enquadram-se dentro da faixa de plena suficiência.

Pela interpretação dos QUADROS 9A e 11A e a representação gráfica da FIGURA 17, nota-se que o aumento da calagem propiciou igualmente acréscimos nos teores e quantidade acumulada de Mg na parte aérea do milho. A adição de doses mais elevadas de calcário dolomítico no solo, coloca à disposição das plantas maiores quantidades de Mg e estreita a relação Ca/Mg,

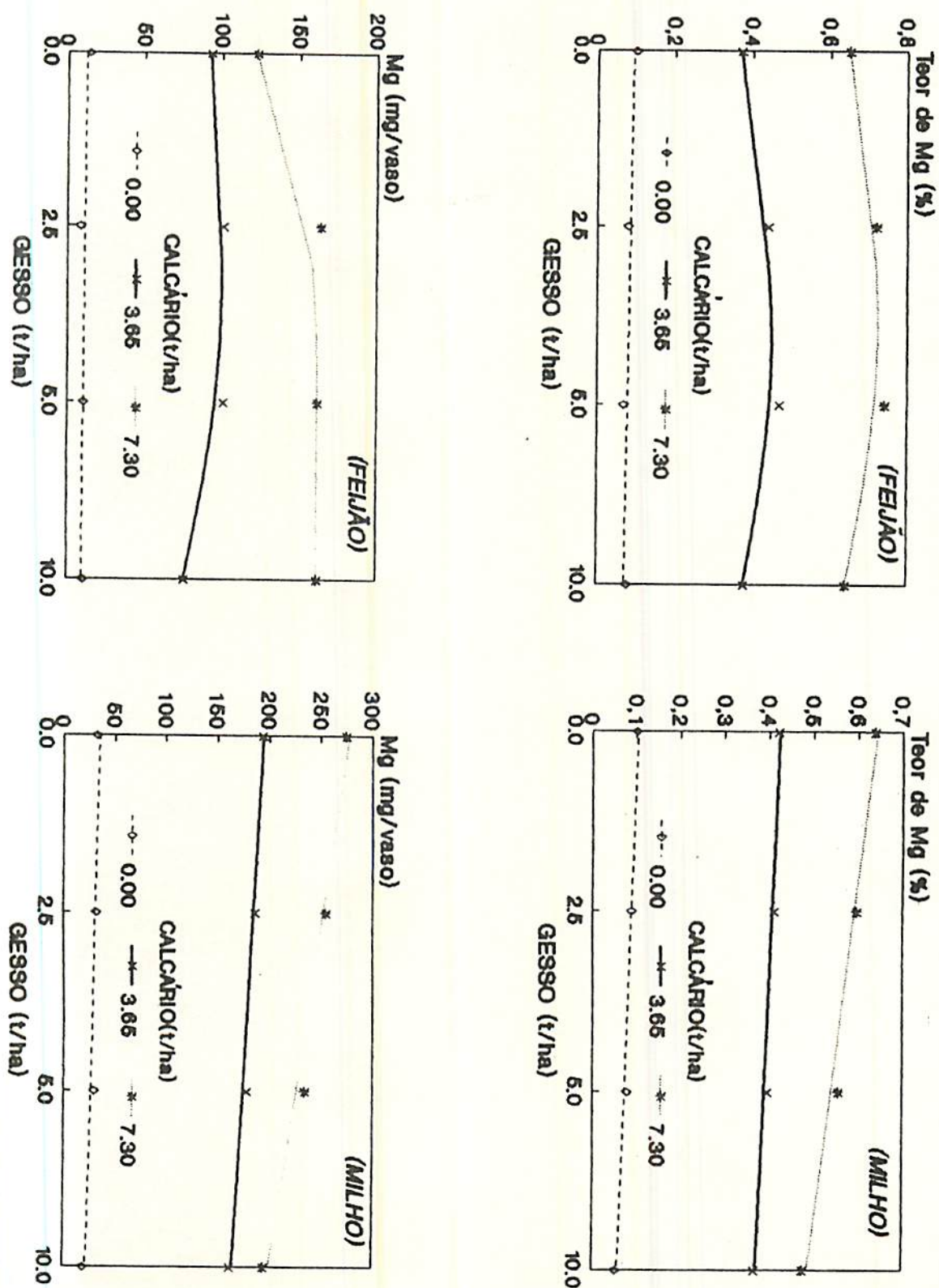


FIGURA 17 - Teor e quantidade de Mg acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

favorecendo uma competição mais equilibrada entre ambos, e isto reflete nos maiores valores de Mg encontrados na parte aérea. Tais resultados são concordantes com os de SILVA (1980); ARANTES(1983) e FARINA & CHANNON (1988b). No desdobramento da interação, o ajuste linear esboçou melhor às variações dos resultados, tanto para teores quanto para a quantidade acumulada, a exceção do nível C_0 para o último parâmetro mencionado, entretanto, a tendência foi sempre decrescente, mesmo numa condição de baixo teor de Mg trocável no solo antes do início do experimento.

Nos tratamentos sem calcário, a deficiência de Mg foi generalizada e a situação agravou-se à medida que cresciam as doses de gesso, consubstanciando um antagonismo entre os dois cátions (MALAVOLTA, 1980). A sintomatologia típica caracterizou-se pela clorose da superfície intervascular das folhas mais velhas, permanecendo verdes as nervuras, dando o aspecto de listras (estrias) verdes e amarelas no sentido longitudinal das folhas, com o tempo os sintomas progrediram para as folhas mais novas (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985). A situação pode ter sido agravada por um excesso de manganês, e isto é citado como fator de diminuição no teor de clorofila (MAAS *et alii*, 1969), essencial para o processo fotossintético e crescimento das plantas.

A partir dos dados de GUILHERME (1986), nota-se que a absorção ou os teores de Mg no tecido das plantas de milho nos tratamentos com calcário calcinado diferiram pouco daqueles que receberam doses combinadas do corretivo com o gesso (90:10 e 70:30), entretanto, onde só se aplicou o gesso, os valores foram

bem inferiores. Numa comparação semelhante com os dados de FARINA & CHANNON (1988b) a tendência observada é a mesma do presente estudo, a adição do gesso e do calcário promoveu ligeiras reduções nos valores de Mg na parte aérea do milho. MALAVOLTA & KLIEMANN (1985) mencionam que os teores foliares de Mg entre 0,30 e 0,60% são adequadas para a cultura de milho, portanto, a exceção dos tratamentos sem calcário, os teores obtidos estão dentro da faixa aceitável.

Pelos resultados apresentados nos QUADROS 10A e 12A nota-se que, proporcionalmente à matéria seca produzida, é alta a exigência do feijoeiro neste nutriente em relação ao milho.

A calagem promoveu acréscimos consideráveis nos teores e na quantidade acumulada de Mg no feijoeiro. Isto é justificável quando se usa um calcário dolomítico (FIGURA 17). A análise da interação significativa mostra que o comportamento das doses de gesso dentro do calcário, foi melhor ajustada pelo modelo quadrático diferindo daquilo observado para o milho. Houve uma ligeira tendência de acréscimos, tanto nos teores quanto na quantidade acumulada ao incrementar os níveis da gessagem, a exceção do seu último nível. Na ausência de calcário, não se constatou a influência do gesso nos dois parâmetros avaliados e a deficiência do Mg foi generalizada, à semelhança do que ocorreu com o milho.

De qualquer forma, com a calagem, mesmo quando se aumentavam as doses de gesso, o feijoeiro parecia ser mais eficiente em absorver Mg do que o milho. MARTINS (1991) verificou pouca influência da calagem e/ou gessagem nos teores foliares de

Mg em soja, entretanto, o solo utilizado no experimento tinha quantidades suficientes de Mg trocável para o desenvolvimento da cultura. Utilizando só calcário, MUZILLI & GODOY (1977) verificaram que o aumento da calagem promovia igualmente acréscimos nos teores e quantidades acumuladas de Mg na parte aérea do feijoeiro. A exceção do nível sem calagem, os teores foliares de Mg estão de acordo com os propostos por WILCOX & FAGERIA (1976) e MALAVOLTA & KLIEMANN (1985).

4.2.4. Teores e quantidades acumuladas de S na parte aérea das plantas

Os QUADROS 3A e 4A indicam efeito altamente significativo de calcário, gesso e das suas interações sobre os teores e as quantidades acumuladas de S na parte aérea das culturas. Nos QUADROS 9A e 11A aparecem os resultados dos teores e quantidades foliares de S na parte aérea das plantas obtidos em função dos tratamentos aplicados. A avaliação do estado nutricional a partir dos valores médios obtidos (teor e acumulado) indica que a gessagem promoveu incrementos no S da planta quando os seus teores aumentavam no solo, entretanto, nos tratamentos que levaram gesso, um grande acréscimo nas dosagens correspondiam apenas a ligeiros incrementos no S absorvido e teores foliares (FIGURA 18). A calagem promoveu pequenos acréscimos no S absorvido, principalmente no nível intermediário deste corretivo. O pH mais elevado favorece a dessorção do $S-SO_4^{2-}$ (COUTO *et alii*, 1979), bem como a mineralização da

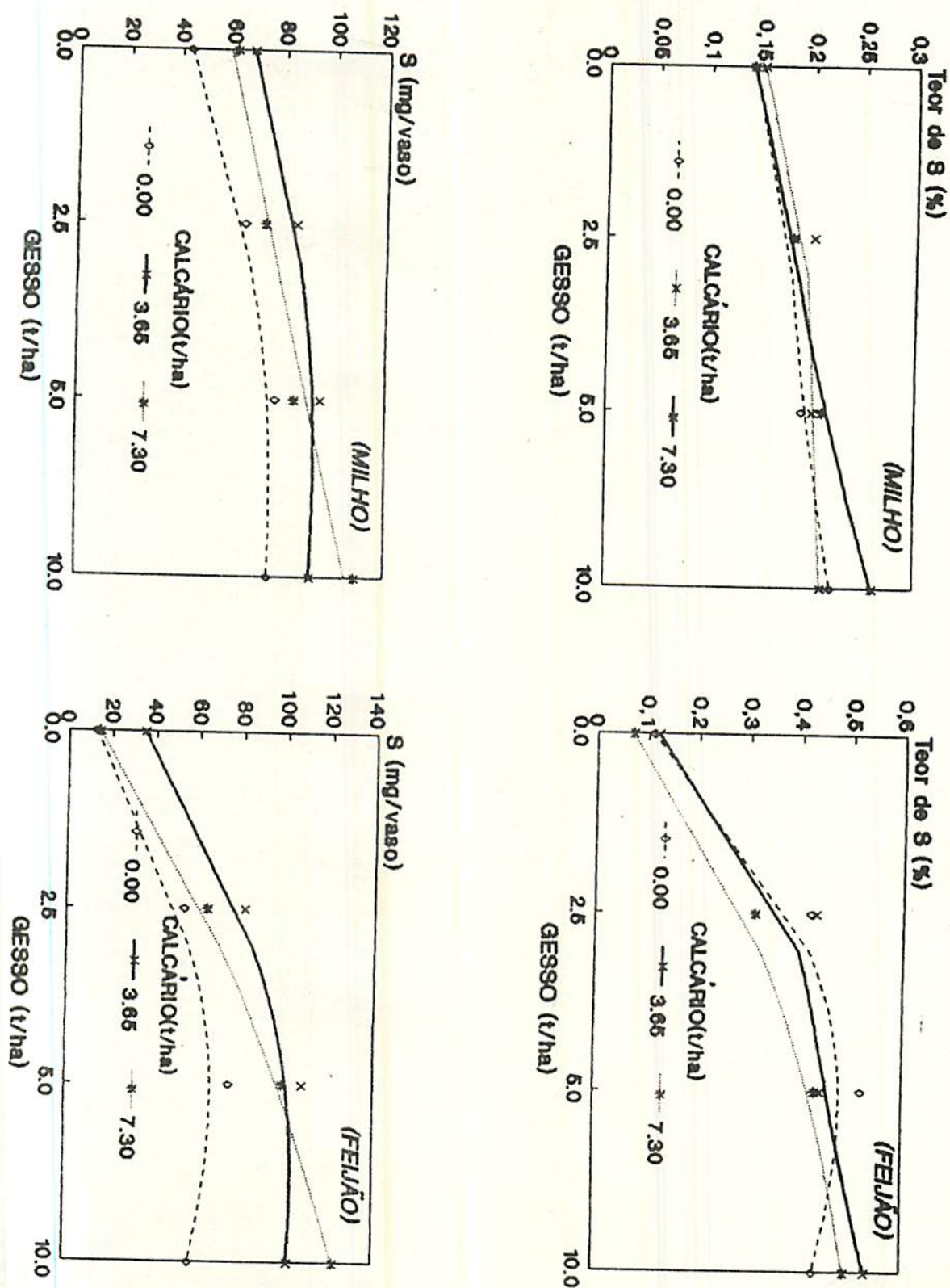


FIGURA 18 - Teor e quantidade de S acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

matéria orgânica e, conseqüentemente, maior liberação de enxofre (LOPES, 1984, RAIJ, 1987).

Entretanto, no trabalho de GUILHERME (1986), os teores foliares de S em milho foram iguais tanto nos tratamentos com calcário calcinado quanto naqueles com apenas gesso.

Por outro lado, CARMELLO (1989) encontrou uma redução nos teores de S no tecido de milho quando as relações Ca/Mg no solo aumentaram, a resposta foi ajustada segundo uma equação quadrática, e no presente estudo, esta regressão também foi a que melhor explicou a variação dos dados na maioria dos casos. FORESTIERY & DE-POLLI (1990) também constataram o efeito benéfico da calagem e adubação com enxofre para o peso da matéria seca e absorção de N no milho.

Nos tratamentos com gesso, apesar das grandes quantidades de $S-SO_4^{2-}$ no solo, elas não provocaram alterações substanciais nos teores foliares (0,18 a 0,26%), apenas onde não foi aplicado gesso é que pode ter ocorrido problemas, uma vez que, os padrões de S foliar considerados adequados podem estar entre 0,20 e 0,30% (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985), entretanto, Barber & Olsen (1968), citados por ARNON (1975) admitem valores menores (0,10-0,20%). Essas quantidades absorvidas e acumuladas na parte aérea do milho, mesmo na presença de quantidades excessivas de $S-SO_4^{2-}$ no solo sugere a existência de um possível mecanismo regular da absorção, transporte e/ou acúmulo desse nutriente na planta, conforme proposto por RENNENBERG (1984) para algumas culturas.

Os valores de S mostrados nos QUADROS 10A e 12A indicam que a gessagem promoveu aumentos nos teores foliares e quantidade

acumulada, enquanto que a calagem incrementou o acumulado e tendeu a reduzir o teor na parte aérea do feijoeiro. O desdobramento da interação calagem x gessagem teve melhor ajuste dos dados através do modelo quadrático (FIGURA 18).

É importante ressaltar que com a sucessão dos cultivos, os tratamentos sem gesso tiveram seus valores de $S-SO_4^{2-}$ reduzidos a níveis críticos, e isto refletiu na absorção deste nutriente. Outro fato relevante é que houve uma equivalência na produção de matéria seca entre os tratamentos C_1G_0 (29mg de S-0,12% S) e o C_2G_3 (123mg de S-0,49% S). Entretanto, no tratamento de menor absorção de S nota-se que o valor de relação N/S (13,68) está dentro da faixa mais adequada para a maioria das culturas, e isto pode ter tido correspondência com a produção de matéria seca, uma vez que não foi constatada deficiência típica de enxofre até na época do corte das plantas.

Apesar de existir, relativamente, poucas informações sobre os níveis críticos foliares de enxofre, alguns trabalhos tem mostrado que um valor de 0,15 a 0,20% enquadra-se dentro do padrão de suficiência (HIROCE *et alii*, 1969; MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985).

Os valores obtidos no presente estudo estão muito superiores aos mencionados pelos autores acima, a exceção daqueles tratamentos sem gesso, isto sugere que, provavelmente, o feijoeiro seja menos eficiente para regular a absorção de sulfato em excesso no solo quando comparado com o milho.

4.2.5. Teores e quantidades acumuladas de Mn na parte aérea das plantas

O Mn é um dos micronutrientes que mais tem despertado interesse na nutrição mineral das plantas quando se usa o gesso agrícola. Os resultados da análise de variância (QUADRO 4A) indicam que, em relação ao acúmulo de Mn pelo feijoeiro, apenas o gesso não influenciou significativamente no comportamento das plantas. Os valores de teores e quantidades acumuladas de Mn na parte aérea das duas culturas são apresentados nos QUADROS 9A, 10A, 11A e 12A), e a representação gráfica da regressão aparece na FIGURA 19.

O fornecimento crescente de calcário provocou reduções substanciais na absorção de Mn, tanto na gramínea quanto na leguminosa. Da mesma forma BORKERT (1973) constatou que o CaCO_3 adicionado ao solo reduziu drasticamente os teores de Mn no solo, e isto refletiu na sua concentração no tecido de plantas de soja. CARMELLO (1989) também observou que o Mn na parte aérea do milho decrescia bastante com a elevação da saturação por bases. A elevação do pH próximo à neutralidade pode resultar em compostos pouco solúveis desse micronutriente (MALAVOLTA, 1980 e 1981). Entretanto, este efeito da calagem não parece ser devido, exclusivamente à elevação do pH, mas também a um efeito direto do cálcio (WHITE, 1970; GOTOH & PATRICK, 1972 e MALAVOLTA, 1980).

O efeito isolado do gesso caracterizou-se por aumentar a absorção de Mn em milho e não influir no feijoeiro. A análise da interação demonstra também que não houve muita consistência no comportamento do gesso dentro dos níveis C_0 e C_1 do corretivo.

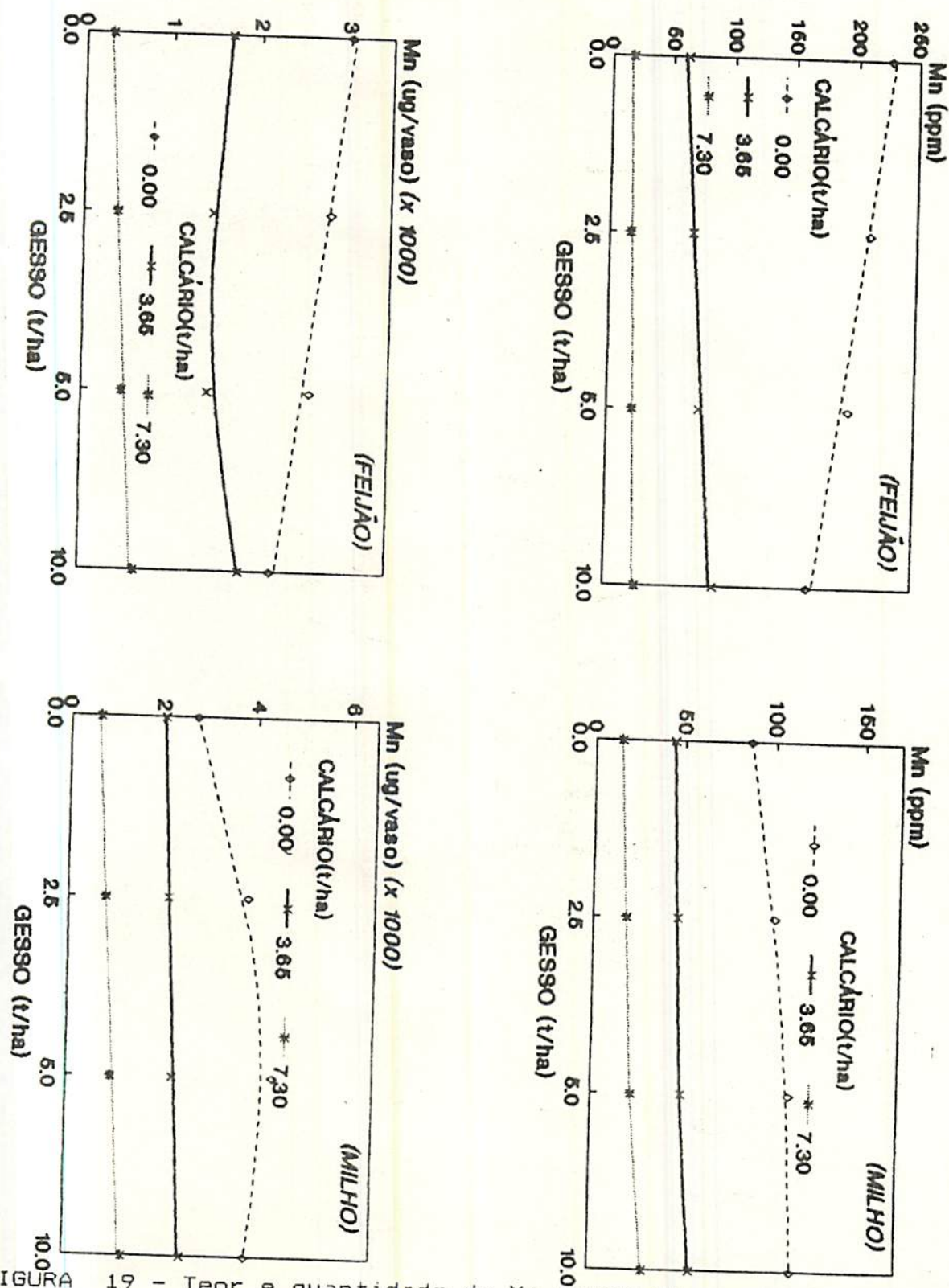


FIGURA 19 - Teor e quantidade de Mn acumulada na parte aérea de milho e feijoeiro em função da calagem e gessagem.

Entretanto, para o nível C₂, aumentando-se as doses de gesso, sempre ocorria maior absorção de Mn.

Com relação aos teores foliares de Mn, a tendência observada foi muito parecida com as quantidades acumuladas. O comportamento do Mn no solo, aproximou-se, de forma inversa daquele verificado nas plantas. Para uma menor disponibilidade de Mn no solo, constatou-se maior acúmulo e teor de Mn na parte aérea. É patente que, a adição ao solo de mais cátions básicos e o aumento no pH através da calagem, tenham reduzido a disponibilidade de Mn, embora virtualmente os teores analíticos fossem maiores. O que se pode inferir é que, nesta condição, metabolicamente a planta não pode solubilizar uma forma de Mn menos solúvel, conforme proposto por NOVAIS *et alii* (1989). Por outro lado, é provável que a formação de pares iônicos de Mn com sulfato tenha aumentado muito a solubilidade do micronutriente na ausência de calcário, facilitando a sua absorção, e isto é coerente com as observações de (FRIED & PEECH, 1946; OLSEN & WATANABE, 1979; GUPTA & MEHLA, 1980 e NOVAIS *et alii*, 1989). A maior concentração de manganês com o uso do gesso foi observada também por CARVALHO *et alii* (1986) e GUILHERME (1986) no milho, e OLIVEIRA *et alii* (1986) no feijoeiro. Os padrões considerados adequados para o milho e feijoeiro, enquadram-se nas faixas de 50-100 ppm e 30-300 ppm, respectivamente (WILCOX & FAGERIA, 1976 e MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985), e estão na amplitude de cobertura das médias observadas no presente estudo.

4.2.6. Relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg na parte aérea das plantas

As relações entre os nutrientes nas plantas, em muitos casos podem indicar melhor um efeito recíproco que se estabelece entre ambos, podendo resultar ou não no favorecimento do vegetal; em última instância refletirá o status do conjunto solo-planta.

Os valores das relações entre K/Ca, K/Mg e Ca/Mg foram influenciados significativamente por calcário, gesso e suas interações. Os valores destas relações são apresentados no QUADRO 13A. As suas respectivas equações de regressão aparecem no QUADRO 8.

4.2.6.1. Relação K/Ca em milho e feijoeiro

Pelas FIGURAS 20 e 21 nota-se que os aumentos nos níveis de gesso promoveram decréscimos nas relações K/Ca para as duas culturas, sendo que no milho, esses valores foram bem superiores aos do feijoeiro, e isto se deveu a uma menor exigência de Ca pela gramínea.

A calagem tendeu a aumentar as relações no nível intermediário (C_1) e, novamente reduzir em C_2 . No feijoeiro, houve apenas uma performance inversa à do milho nos dois níveis mencionados do corretivo.

QUADRO 08 - Equações de regressão e respectivos coeficientes de determinação (r^2) para as relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg estabelecidas na parte aérea das plantas de milho (M) e feijoeiro (F), em função da calagem (C) e gessagem (G).

Variável	Equação de regressão	r^2	Máximo/ mínimo
K/Ca	M K/Ca (C_0) = $3,504 - 0,51012^{**}G + 0,03909^{**}G^2$	0,944	6,52
	M K/Ca (C_1) = $3,203 - 0,21010^{**}G + 0,01396^{**}G^2$	0,995	7,52
	M K/Ca (C_2) = $3,013 - 0,24606^{*}G + 0,02074^{**}G^2$	0,691	5,93
	F K/Ca (C_0) = $1,670 - 0,25759^{**}G + 0,019003^{**}G^2$	0,952	6,77
	F K/Ca (C_1) = $0,968 - 0,07640^{**}G + 0,004400^{*}G^2$	0,873	8,68
	F K/Ca (C_2) = $0,999 - 0,02431^{**}G$	0,985	-
K/Mg	M K/Mg (C_0) = $17,450 + 0,15919^{**}G + 0,13748^{**}G^2$	0,998	0,59
	M K/Mg (C_1) = NS	-	-
	M K/Mg (C_2) = NS	-	-
	F K/Mg (C_0) = $22,496 + 3,62745^{**}G - 0,27966^{**}G^2$	0,873	6,49
	F K/Mg (C_1) = NS	-	-
	F K/Mg (C_2) = NS	-	-
Ca/Mg	M Ca/Mg (C_0) = $5,432 + 0,92957^{**}G$	0,979	-
	M Ca/Mg (C_1) = NS	-	-
	M Ca/Mg (C_2) = NS	-	-
	F Ca/Mg (C_0) = $13,656 + 7,18239^{**}G - 0,54104^{**}G^2$	0,962	6,64
	F Ca/Mg (C_1) = NS	-	-
	F Ca/Mg (C_2) = NS	-	-

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

NS - Não significativo.

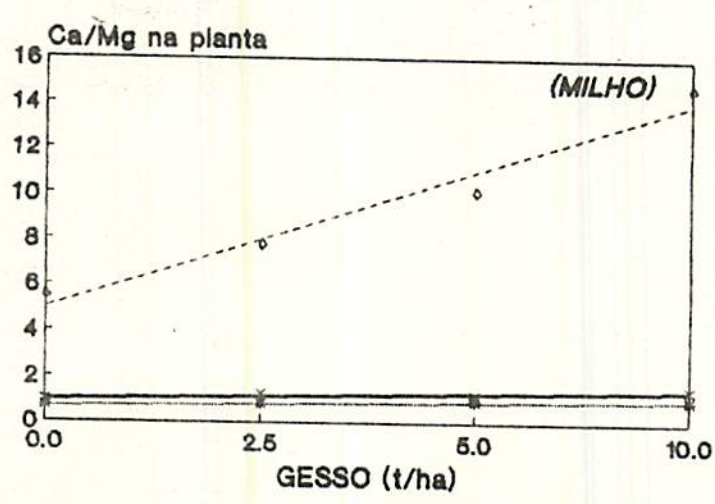
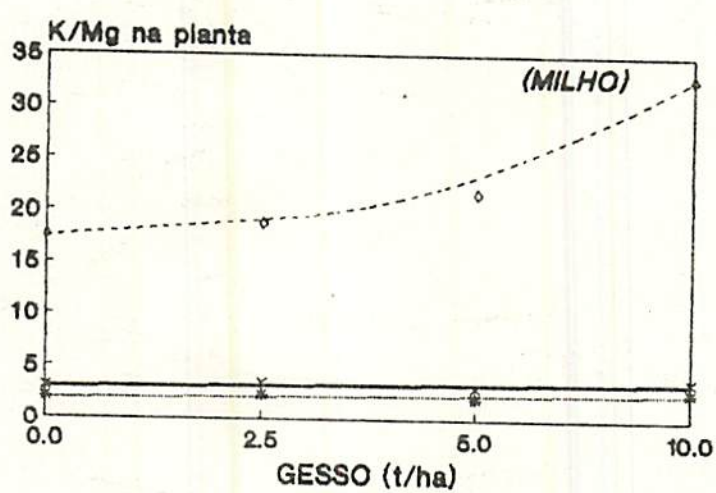
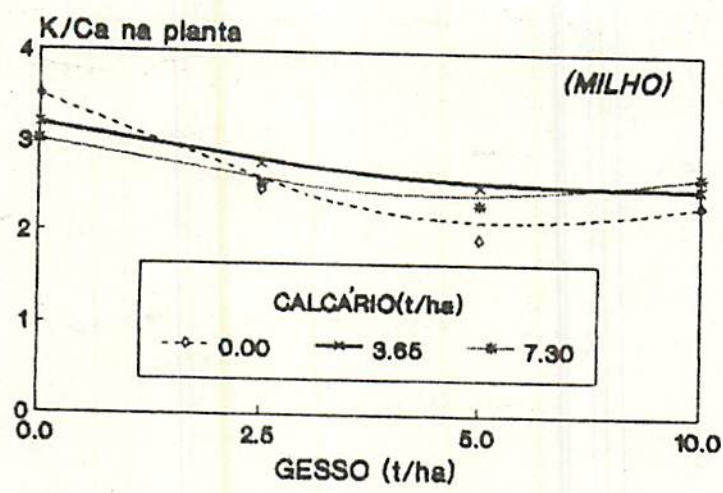


FIGURA 20 - Relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg em plantas de milho em função da calagem e gessagem

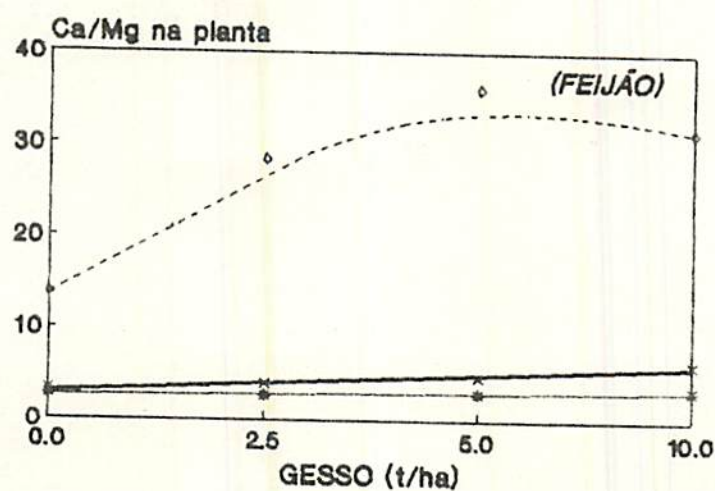
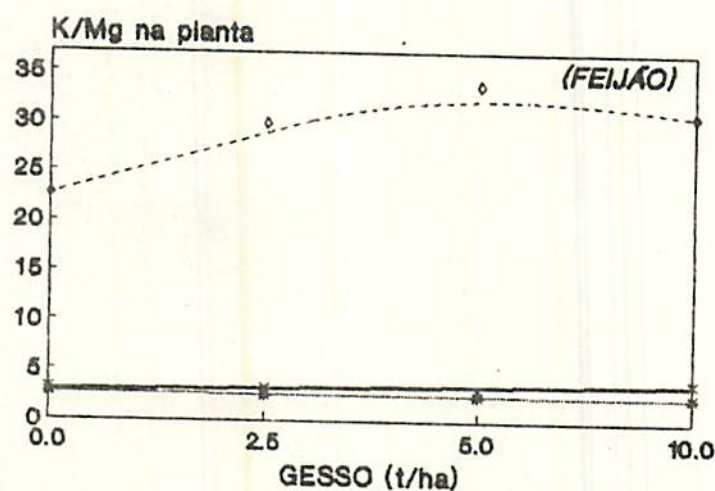
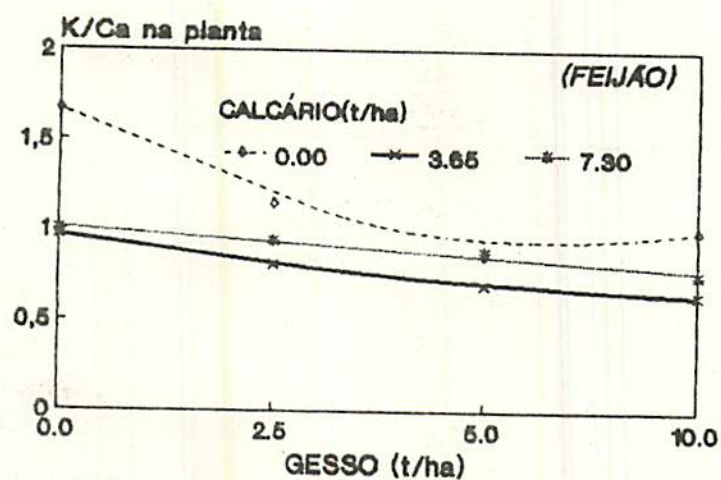


FIGURA 21 - Relações K/Ca, K/Mg e Ca/Mg em plantas de feijoeiro em função da calagem e gessagem

MALAVOLTA & DANTAS (1978) citam como adequados, os valores de relações K/Ca variando de 5 a 12, conforme o estágio da planta e a folha analisada, além da influência da cultivar de milho. No confronto desses valores mencionados com aqueles obtidos no presente trabalho e nos de ALVARENGA (1983), ARANTES (1983) e CARMELLO (1989), eles refletem maiores níveis de relações. Os resultados obtidos por VIETS JUNIOR *et alii* (1954) na cultura de milho, estão bem próximos daqueles observados no presente estudo, entretanto, ressalta-se que os referidos autores obtinham maiores produções de grãos quando a relação K/Ca era ampliada. Outra importante observação daquele trabalho refere-se à fonte de N. Quando se utilizava o sulfato de amônio, os valores das relações tendiam a ser maiores do que para as outras fontes (nitrato de amônio ou nitrato de cálcio), caracterizando a importância da fonte nitrogenada no balanço iônico da planta.

Na ausência de gesso, uma menor quantidade de Ca era absorvida, possivelmente, pelas melhores chances de competição do K nessas condições, e isto resultou em maiores valores de relações K/Ca (QUADRO 13A), entretanto, LOUÉ (1963) menciona que quando o teor de K ultrapassar a 2%, poderá estar caracterizando-se um consumo de "luxo", e o seu reflexo é no equilíbrio dos principais cátions (K, Ca, Mg) na parte aérea. De modo geral, com a calagem e/ou gessagem, uma maior quantidade de Ca no meio induziu a menores valores de relações K/Ca nas plantas.

4.2.6.2. Relação K/Mg em milho e feijoeiro

Pelos dados apresentados no QUADRO 13A nota-se que no desdobramento da interação calcário x gesso, pela regressão não houve diferenças significativas dentro dos níveis C_1 e C_2 do corretivo ao variar níveis de gesso, em ambas culturas. No nível sem calagem (C_0), a absorção do Mg foi duplamente prejudicada, tanto pela gessagem (Ca), quanto pelo K, que estavam presentes em quantidades bem mais elevadas do que as de Mg e isto resultou em altas relações K/Mg na parte aérea das duas culturas. Numa condição de menor crescimento da parte aérea e deficiência de Mg, o K poderá, preferencialmente, ser absorvido em maior quantidade para manter o equilíbrio catiônico (ANDREW *et alii*, 1973 e PAVAN & BINGHAM, 1982).

A análise isolada da ação do gesso, mostra que ele induziu a maiores valores de relações K/Mg, enquanto que no primeiro incremento da calagem houve um brusco decréscimo; o fornecimento de Mg através do corretivo propiciou tal redução na parte aérea (FIGURAS 20 e 21). Uma vez que o solo era originalmente pobre em K e Mg, nos tratamentos com gesso e calcário, e dentro das condições normais, relações K/Mg de 2 a 4 mostraram-se mais propícias para alcançar maiores produções. Wilson e Weir (1970) citados por ARNON (1975) mencionam que "seedlings" de milho cultivados em areia maximizavam a produção de matéria seca quando a relação K/Mg era de 1/1. Entretanto, MALAVOLTA & DANTAS (1978) citam valores variando de 10 a 19. Para VIETS JUNIOR *et alii* (1954) os valores poderiam estar entre 3,50 a 5,95. Os resultados obtidos por ALVARENGA (1983), ARANTES

(1983) e CARMELLO (1989), e que melhor corresponderam com os fatores produtivos, estão bem próximos daqueles observados no presente estudo em relação ao parâmetro K/Mg na parte aérea. Vale lembrar, no entanto, que os resultados diferentes estão ligados às diversas peculiaridades metodológicas dos experimentos.

4.2.6.3. Relação Ca/Mg em milho e feijoeiro

Os dados do QUADRO 16 evidenciam que a gessagem, de modo geral, ao aumentar a disponibilidade de Ca e, conseqüentemente, sua absorção, ampliava a relação Ca/Mg na parte aérea das plantas. No desdobramento da interação calcário x gesso não houve significância para os níveis de gesso dentro de C₁ e C₂ do corretivo na cultura do milho, e para gesso dentro de C₂ no feijoeiro (FIGURAS 20 e 21).

A relação foliar Ca/Mg aumentou concomitantemente com o incremento das doses de gesso, e da mesma forma reduziu com os níveis de calagem. Estes valores se comparados com os de solo são bem inferiores, o que confirma a capacidade de adaptação da planta para uma amplitude relativamente grande de relações, entretanto, dentro de certos limites suportáveis.

É contextual mencionar que a calagem e/ou gessagem quando utilizada com o objetivo de neutralizar o Al tóxico, pode também fornecer Ca e/ou Mg em quantidades superiores às exigências das culturas. Em função das quantidades utilizadas e dos teores de Ca e Mg, poderão ocorrer desequilíbrios entre os

cations no solo, influenciando a nutrição e o crescimento das plantas. A gessagem ao promover uma movimentação diferenciada do Mg em relação ao Ca antes dos cultivos (campo), contribuiu muito para aumentar as relações Ca/Mg no solo, e conseqüentemente, nas culturas. Assim, a baixa quantidade de Mg, e/ou ainda a influência do K, e/ou do Ca do gesso, propiciaram uma grande ampliação nos valores das relações foliares Ca/Mg na ausência de calcário.

No presente estudo, o valor médio da relação Ca/Mg na planta que proporcionou maior crescimento vegetativo foi de 1,22 no milho. CARMELLO (1989) na mesma cultura, encontrou valores que não ultrapassavam 1,15. A partir dos dados de SILVA (1980) obtidos com o cultivo de milho em vasos ficou subentendido que as melhores relações foliares Ca/Mg estão compreendidas entre 1,50 e 1,76, enquanto as do corretivo era 3:1. Os valores teóricos propostos por LOUÉ (1963) para maximizar o rendimento da cultura de milho é bem maior (3,66 a 3,73), enquanto que a partir dos dados obtidos por ANDRADE *et alii* (1975) o valor da relação Ca/Mg foliar não ultrapassava a 2,0.

5. CONCLUSÕES

Nas condições dos experimentos, os dados obtidos permitem concluir que:

- Os teores e o balanço dos cátions básicos no solo, apresentaram variações significativas em função das combinações de calcário e gesso.

- Os teores e as quantidades de nutrientes acumuladas pelas plantas, apresentaram variações significativas em função das combinações de calcário e gesso.

- As produções máximas de matéria seca das plantas de milho e feijoeiro ocorreram em diferentes combinações de calcário e gesso, o que sugere que a proporção ideal varia em função da planta.

6. RESUMO

O experimento foi realizado sob condições de casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras visando avaliar os efeitos de diferentes combinações de calcário e gesso sobre a nutrição mineral e produção de matéria seca de milho (*Zea mays* L.) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). Um ano antes, no campo, o solo recebeu diferentes tratamentos com calcário (0,0; 3,65; 7,30 t/ha) e gesso agrícola (0,0; 2,5; 5,0; 10,0 t/ha). O solo do campo foi coletado na camada de 0-20cm e colocado em vasos plásticos de 3dm³ adicionando-se os nutrientes N, P, K, Zn, B e Cu onde sementes de milho Cargil C-111S foram plantadas e cultivadas durante 45 dias antes da colheita da parte aérea. Em sucessão ao milho, sementes de feijão Carioca foram plantadas e cultivadas também por 45 dias.

A matéria seca do milho e do feijoeiro, a concentração e a absorção de nutrientes pelas plantas, bem como a disponibilidade destes no solo, foram avaliadas para os parâmetros: pH, $SO_4^{=}$, P, Al, m%, K, Ca, Mg e Mn. As relações Ca/K, Mg/K e Ca/Mg, foram também determinadas. Os tratamentos

onde somente o gesso foi aplicado promoveram reduções significativas tanto na matéria seca do milho quanto do feijoeiro, sendo que neste, os efeitos foram mais acentuados. Os cátions Ca, Mg e K e as relações Ca/K, Mg/K e Ca/Mg no solo foram afetados pelos tratamentos com calcário e gesso. Nos tratamentos com gesso na ausência de calcário a deficiência de Mg foi observada tanto em plantas de milho quanto de feijoeiro.

De modo geral, concluiu-se que, diferentes combinações de calcário e gesso aplicadas no solo promoveram modificações significativas nas relações entre os cátions no solo e nas plantas, e nas produções de matéria seca, o que sugere uma combinação ideal diferente de acordo com a planta.

7. SUMMARY

MINERAL NUTRITION AND DRY MATTER PRODUCTION OF CORN (*Zea mays* L.) AND BEANS (*Phaseolus vulgaris* L.) UNDER DIFFERENTS LIME AND PHOSPHOGYPSUM RATIOS.

The experiment was carried out under green house conditions to evaluate the effects of diferents lime and phosphogypsum ratios on mineral nutrition and dry matter prodution of corn (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.). One year before, in the field, soil received diferents treatments with lime (0.0; 3.65 and 7.30 ton/ha) and phosphogypsum (0.0; 2.5; 5.0 and 10.0 t/ha). The soil from the field was collected in the 0-20 cm depth and placed into 3 dm³ size pot, completed with nutrients N, P, K, Zn, B and Cu, where seeds of corn Cargil C-111S were planted and grown during 45 days, before harvesting. Following corn, seeds of beans Carioca were planted and grown for 45 days. Corn and beans herbage dry weights and plant nutrient concentration and uptake, as well as soil nutrient availability were evaluated for the parameters: pH,

$\text{SO}_4^{=}$, P, Al, m%, K, Ca, Mg, Mn. The ratios Ca/K, Mg/K and Ca/Mg were also determined.

The treatments where only phosphogypsum was applied promoted significant reduction in both corn and beans dry herbage, being the effect more pronounced in relations to beans dry herbage. The cations Ca, Mg and K and the ratios Ca/K, Mg/K and Ca/Mg in soil were also affected by the lime and phosphogypsum treatments. In the treatments with phosphogypsum in the absence of lime Mg deficiency was observed in both corn and beans plants.

In a general manner, it was concluded that different lime and phosphogypsum ratios applied in the soil promoted significant modifications in the soil and plant cation ratios and dry herbage productions and suggested a different ideal rate according to the plant.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ADAMS, F. & MOORE, B.L. Chemical factores affecting root growth in subsoil horizons of Coostal Soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 47(1):99-102, Jan./Feb. 1983.
- AL-ANI, T.A. & KOONTZ, M. Distribution of calcium observed by all or part of the root system of beans. *Plant Physiology*, Lancaster, 44(4):711-6, Jul. 1969.
- ALCARDE, J.C. O controle de qualidade e a legislação dos fertilizantes e corretivos agrícolas; Insumos agrícolas e receituário Agrônômico-reciclagem. Lavras, ESAL, 1990. 51p.
- ALVA, A.K.; SUMNER, M.E. & MILLER, W.P. Reactions of gypsum or phosphogypsum in highly wathered acid subsoils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 54(4):993-8, Jul./Aug. 1990.
- ALVARENGA, M.I.N. Efeito de doses e métodos de aplicação de KCl na movimentação de potássio no perfil de um Latossolo Roxo distrófico, fase cerradão, cultivado com milho (*Zea mays* L.). Lavras, ESAL, 1983. 159p. (Tese MS)
- ALVES, M.H.R. & LOPES, A.S. Diminuição da saturação de alumínio em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em Latossolos sob vegetação de cerrado. In: ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS. *Materiais corretivos e correção da acidez de solos sob cerrado, relatório final*. Lavras, ESAL-FAEPE, 1983. p.83-112.

- ANDRADE, A.G.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. de. & SARRUGE, J.R. Acumulação diferencial de nutrientes por cinco cultivares de milho (*Zea mays* L.). III - diagnose foliar. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, Piracicaba, 32:173-83, 1975.
- ANDREW, C.S.; JOHNSON, A.D. & SANDLAN, R.L. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, 24(3):325-39, May 1973.
- ARANTES, E.M. Efeitos da relação Ca/Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg e equilíbrio catiônico do milho (*Zea mays*, L.). Lavras, ESAL, 1983. 62p. (Tese MS).
- ARNON, I. Mineral nutrition of maize. Bern, International Potash Institute, 1975. 452p.
- BIANCHI, M.A.; CERETTA, C.A. & ALTA, C. Efeito de doses de gesso sobre as culturas de batata e milho. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; adubação para os anos 2.000, 19, Santa Maria, 1990. *Resumos...* Santa Maria, SBCS, 1990. p.54.
- BORKERT, C.M. Efeito do calcário e do cloreto de potássio sobre as concentrações de manganês e alumínio nos Oxissolos-Santo Angelo e Passo Fundo e suas relações com a nodulação e rendimento de duas cultivares de soja. Porto Alegre, UFRG, 1973. 96p. (Tese MS).
- BOYER, J. Comportment du potassium dans les sols tropicaux cultives. In: COLLOQUE DE L'INSTITUT INTERNATIONAL DE LA POTASSE, 10, Abidjan, 1973. Le potassium dans les cultures et les sols tropicaux. Bern, Institut Internacional de la Potasse, 1974. p.83-102.
- BOWER, C.A. & PIERRE, W.H. Potassium responses of various crops on a high-lime soil in relation to their contents of potassium, calcium, magnesium and sodium. *Agronomy Journal*, Madison, 36:608-14, 1944.
- BRAUNER, J.L. & GARCEZ, J.R.B. Lixiviação de potássio, cálcio e magnésio em solos do Rio Grande do Sul submetidos à calagem, avaliada em condições de laboratório. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, 6(2):89-93, maio/ago. 1982.

- BRENMER, J.M. & EDWARDS, H.P. Determination and isotope ratio analysis of different form of nitrogen in soils. I. Apparatus and procedures for distillation and determination for ammonium. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 29(5):504-7, Sept./Oct. 1965.
- BUCKMANN, H.O. & BRADY, N.C. *Natureza e propriedade dos solos*. Rio de Janeiro, USAID, 1967. 594p.
- CANAL, I.N. & MIELNICZUK, J. Parâmetros de absorção de potássio em milho (*Zea mays* L.) afetados pela interação alumínio cálcio. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 35(3):336-40, mar. 1983.
- CARMELLO, Q.A. de C. *Saturação por bases e relações entre K, Ca e Mg do solo na nutrição potássica do milho (*Zea mays* L.) cv. Piranão*. Piracicaba, ESALQ, 1989. 103p. (Tese doutorado).
- CARVALHO, L.C.B.; GOMIDE, R.L.; RODRIGUES, G.C.; SOUSA, D.M.G. de & FREITAS, JUNIOR, E. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solo de cerrados. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.61-83.
- CASTRO, A.F. de & MENEGHELLI, N. do A. As relações $K^+/(Ca^{++}+Mg^{++})^{1/2}$ e $K^+/(Ca^{++}+Mg^{++})$ no solo e as respostas à adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 24(6):751-60, jun. 1989.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS(CFSEMG). *Recomendações do uso de fertilizantes para o Estado de Minas Gerais*. 4ª aproximação, Lavras, 1989.
- COSTA, A.C.S.; REICHARDT, K.; CARVALHO, P.T.; POLISELI, P.C.; GASPARELI, C. & PAULIM, M.M. Correção dos solos ácidos tropicais e seus efeitos na produção da cultura da soja. In : REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; adubação para os anos 2.000, 19, Santa Maria, 1990. *Resumos...*Santa Maria, SBOS, 1990a. p.33.
- COSTA, A.C.S.; REICHARDT, K.; DONA, S.; LIMA, J.J. & GOBBI, M.A. Fixação de potássio em solos distróficos corrigidos com diferentes fontes de cálcio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS; adubação para os anos 2.000 19, Santa Maria, 1990. *Resumos...*Santa Maria, SBOS, 1990b. p.35.

- COUTO, W.; LATHWELL, D.L. & BOULDIN, D.R. Sulfate sorption by two Oxisols and Alfisol of the tropics. *Soil Science*, Baltimore, 127(2):108-16, Feb. 1979.
- CRAVO, M. da S.; SMYTH, T.J. & MELGAR, R.J. Resposta de culturas anuais ao calcário e à associação calcário-gesso em Latossolo Amarelo do Amazonas. In : CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 21, Campinas, 1988. *Resumos ...*Campinas, SBCS, 1988. P. 97.
- CURI, N. Lithosequence and topsequence of Oxisols from Goiás and Minas Gerais State, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1983. 158p. (Tese doutorado).
- DAL BO, M.A. Movimentação de bases e crescimento de raízes de cana-de-açúcar em colunas de solo, em função da adição de diferentes sais de cálcio. Viçosa, UFV, 1985. 78p. (Tese MS).
- ELKINS, D.M. & ENSMINGER, L.E. Effect of soil pH on the availability of adsorbed sulfate. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 35(6):931-34, Nov./Dez, 1971.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA(EMBRAPA). Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. *Relatório Técnico Anual 1976*. Planaltina, 1976. 150p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA(EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. n.p.
- ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10(3):241-5, set./dez. 1986.
- FAQUIN, W. Efeito de tratamento térmico do sienito nefelínico adicionado de calcário dolomítico, na disponibilidade de potássio ao milho(*Zea mays* L.) em casa de vegetação. Piracicaba, ESALQ, 1982. 115p. (Tese MS).
- FARINA, M.P.W. & CHANNON, P. Acid-subsoil amelioration. I. A comparison of several mechanical procedures. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 52(1): 169-75, Jan./Fev. 1988a.

- FARINA, M.P.W. & CHANNON, P. Acid-subsoil amelioration. II. Gypsum effect on growth and subsoil chemical properties. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 52(1): 175-80, Jan./ Feb. 1988b.
- FASSBENDER, H.W. *Química de suelos; con énfasis em suelos de América Latina*. Sed. San José, IICA, 1986. 398p.
- FEITOSA, C.T.; RONZELLI JUNIOR, P.; ALMEIDA, L. D'A. de; VEIGA, A.A.; HIROCE, R. & JORGE, P.P.N. Adubação NP para feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e ausência de calcário. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4(2):156-9, maio/ago. 1980.
- FORESTIER, E.F. & E-POLLI, H. Calagem, enxofre e micronutrientes no crescimento do milho e da mucuna-preta num Podzólico Vermelho-Amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 14(2):167-72, maio/ago. 1990.
- FOY, C.D. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W., ed. *The root and its environment*. Charlottesville, University Press of Virginia. 1974. p. 601-46.
- , Physiological effects of hydrogen, aluminum and manganese toxicities in acid soils. In: ADAMS, F. (ed.). *Soil acidity and liming*. American Society of Agronomy Monograph (2nd.ed.), Madison, 12:57-97, 1984.
- FRANCO, A.A. & DOBEREINER, J. Interferência do cálcio e nitrogênio na fixação simbiótica do nitrogênio por duas variedades de *Phaseolus vulgaris* L. *Pesquisa Agropecuária Brasileira; Série Agronomia*, Rio de Janeiro, 3(1):223-7, 1968.
- FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S. & AQUINO, L.H. Resposta do milho cultivado em casa-de-vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras(MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4(1):5-8, jan./abr. 1980.
- FRIED, M. & PEECH, M. The comparative effects of lime and gypsum upon plants grown on acid soils. *Journal the of American Society of Agronomy*, Washington, 38(7):614-23, July. 1946.
- GHANI, M.O.; HASAN, K.A. & KHAN, M.F.A. Effect of liming aggregation, noncapillary pore space, and permeability of a Lateritic soil. *Soil Science*, Baltimore, 80(6):469-78, Dec. 1955.

- GOEDERT, W.J.; COREY, R.B. & SYERS, J.K. Lime effects on potassium equilibria in soils of Rio Grande do Sul, Brazil. *Soil Science*. Baltimore, 120(2): 107-11. Aug. 1975.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 11. ed. Piracicaba, Nobel, 1985. 466p.
- GONZALEZ-ÉRICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C. & SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an oxisol of Central Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 43(6):1.155-8, Nov./Dec. 1979.
- GOTOH, S. & PATRICK JUNIOR, W.H. Transformation of manganese in a waterlogged soil as affected by redox potencial and pH. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36(5):738-41, Set./Oct. 1972.
- GUEDES, G.A. de A. Effects of lime, P and water placements on corn responses and selected chemical properties of a Florida Ultisol. Florida, University of Florida, 1982. 208p. (Tese Doutorado).
- GUILHERME, M.R. Efeitos da aplicação de calcário calcinado, gesso e mistura calcário calcinado e gesso em culturas de interesse econômico. Piracicaba, ESALQ-USP, 1986. 63P. (Tese MS).
- GUIMARAES, P.T.G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas subsuperficiais do solo : aplicações às culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.145-67.
- GUPTA, V.K. & MEHLA, D.S. Influence of sulfur on the yield and concentration of copper, manganese, iron and molybdenum in berseem (*Trifolium alexandrinum*). *Plant and Soil*, The Haage, 56(2):229-34, June 1980.
- HAMMEL, J.E.; SUMNER, M.E. & SHAHANDEH, H. Effect of physical and chemical profile modification on soybean and corn production. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 49(6):1.508-11, Nov./Dec. 1985.
- HIROCE, R.; GALLO, J.R.; MASCARENHAS, H.A.A. Análise foliar em feijoeiro. II. Diagnose da nutrição fosfatada. *Bragantia*, Campinas, 29:VII-XII, Jan. 1970. (Nota 2).

- HIROCE, R.; GALLO, J.R. & MYASAKA, S. Análise foliar do feijoeiro. I. Nutrição nitrogenada e potássica. *Bragantia*, Campinas, 28:I-VIII, Jan. 1969. (Nota 1).
- HOWARD, D. D; & ADAMS, F. Calcium requirement for penetration of subsoil by primary cotton roots. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 29(5):558-62, Sept./Oct. 1965.
- HOWELER, R.H. & CADAVID, L.F. Screening of rice cultivars for tolerance to Al toxicity in nutrient solutions as compared with a field screening method. *Agronomy Journal*, Madison, 68(4):551-5, July/Aug. 1976.
- JUO; A.S.R. & UZO, F.D. Liming and interactions in two Ultisols from Southern Nigeria. *Plant and Soil*, The Hague, 47(2):419-30, June 1977.
- KAMPRATH, E.J.; NELSON, W.L. & FITTS, J.W. The effects of pH, sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 20(4):463-6, Oct. 1956.
- KEY, J.L.; KURTZ, L.T. & TUCKER, B.B. Influence of ratio of exchangeable calcium-magnesium on yield and composition of soybeans and corn. *Soil Science*, Baltimore, 93:265-70, Apr. 1962.
- KINJO, T. Conceitos de acidez do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15; acidez e calagem no Brasil, Campinas, 1982. *Anais...*, Campinas, SBCS, 1983. p.23-31.
- KLIEMANN, H.J. Contribuição ao estudo da disponibilidade de enxofre em solos brasileiros. Piracicaba, ESALQ-USP, 1987. 231p. (Tese doutorado).
- LOPES, A.S. Solos sob "cerrado"; características, propriedades e manejo. 2 ed. Piracicaba, POTAFOS, 1984. 162p.
- ; & GUIDOLIN, J. A. Interpretação de análise de solo; conceitos e aplicações. 2 ed. São Paulo, ANDA, 1989. 58 p. (Boletim Técnico, 2).
- ;& GUILHERME, L.R.G. Uso eficiente de fertilizantes; aspectos agrônômicos. São Paulo, ANDA, 1990. 60p. (Boletim Técnico, 4)

- LOUÉ, A. Contribuição para o estudo da nutrição catiônica do milho, principalmente a do potássio. *Fertilité*, Paris, 20:33-60, nov./dec. 1963.
- . Análise do potássio em plantas e sua interpretação. In: SIMPOSIO SOBRE POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais ...* Piracicaba, IAPAR/POTAFOS, 1982. p.249-88.
- MAAS, E. V.; MOORE, D.P. & MASON, B.J. Influence of calcium and magnesium on manganese absorption. *Plant physiology*, Lancaster, 44(6):798-600, June 1969.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
- . Manual de química agrícola; adubos e adubação. 3 ed. São Paulo, Ceres, 1981. 602p.
- ; & DANTAS, J.P. Nutrição e adubação do milho. In: PATTERNIANI, E. coord. *Melhoramento e produção do milho no Brasil*. Piracicaba, ESALQ, 1978. p.429-79.
- . & KLIEMANN, H.J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba, POTAFOS, 1985. 136p.
- ; SARRUGE, J.R. & BITTENCOURT, V.C. Toxidez de alumínio e manganês. In: SIMPOSIO SOBRE CERRADO; 4; bases para utilização agropecuária, Brasília, 1976. *Anais...* Belo Horizonte, Itatiaia, 1977. p. 275-301.
- ; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas; princípios e aplicações. Piracicaba, POTAFOS, 1989. 201p.
- MARTINS, O.C. Comportamento da soja e do trigo e alterações no perfil do solo em resposta à aplicação de diferentes misturas de calcário e gesso. Viçosa, UFV, 1991. 81p.
- MARUN, F. Produção de matéria seca e nutrição mineral de gramíneas forrageiras em função da relação Ca/Mg do corretivo. Lavras, ESAL, 1990. 84p. (Tese MS)

- MASCARENHAS, H.A.A.; BULISANI, E.A. & BELLINAZZI JUNIOR, R. **O enxofre na adubação.** Campinas, CATI, 1976. 11p.
- ; -----; MIRANDA, M.A.C. de; BRAGA, N.R. & PEREIRA, J.C.V.N.A. Deficiência de potássio em soja no Estado de São Paulo; melhor entendimento do problema e possíveis soluções. **O Agrônomo**, Campinas, 40(1):34-43, 1988.
- ; MIRANDA, M.A.C. de; TANAKA, R.T.; FALI-VEVE, S.M.P. & DECHEN, A.R. Comportamento de cultivares precoces de soja em solução nutritiva contendo diferentes níveis de manganês. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 25(4):609-15, abr. 1990.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS L.M.M. de & LOTT, W.L. **Estudos sobre o enxofre em solos de São Paulo.** IBEC Research Institute, 1959. 31p. (Boletim, 17).
- McLEAN, E.O. Chemistry of soil aluminum. **Communication in Soil Science plant Analysis**. Raleigh, N.C.S.U., 7(7):619-36, 1976.
- . Contrasting concepts in soil test interpretation : sufficiency levels of available nutrients versus basic cation saturation rations. In: STELLY, M. **Soil testing; correlating and interpreting the analytical results.** Madison, American Society Agronomy, 1977. p. 39-54.
- MELO, J.W.V. & KAMINSKI, J. Relações cálcio, magnésio em corretivos da acidez e doses de potássio no solo. I. Efeito sobre o rendimento de matéria seca e acumulação de Ca, Mg e K na aveia. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, 20(1-2):113-24, 1990.
- MELSTED, S.W.; MOTTO, H.L. & PECK, T.R. Critical plant nutrient composition values useful in interpreting plant analysis data. **Agronomy Journal**, Madison, 61(1):17-20, Jan./Feb. 1969.
- MENGEL, E. & KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition.** 4.ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MIELNICZUK, J. **O potássio no solo.** Piracicaba, POTAFOS, 1978. 79p. (Boletim Técnico, 2).

- MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 2(1):44-50, jan./abr. 1978.
- MIRANDA, L.T. Resultados de experimentos de adubação e sugestões para interpretação baseada na análise química do solo. In: *Cultura e adubação do milho*. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p.451-72.
- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMMERMANN, M.J. de O. et alli ed. *Cultura do feijoeiro; fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFOS, 1988. p.261-301.
- MORELLI, M. & FERREIRA, E.B. Efeito do carbonato de cálcio e do fosfato diamônio em propriedades eletroquímicas e físicas de um Latossolo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 11(1):1-6, jan./abr. 1987.
- ; IGUE, K. & FUENTES, R. Efecto del encalado en el complejo de cambio y movimiento de cálcio y magnésio. *Turrialba*, Turrialba, 21(3):317-22, jul./set. 1971.
- MUCHOVEJ, R.M.C. Efeito de níveis de corretivo em diferentes relações Ca:Mg sobre o comportamento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). Viçosa, UFV, 1980. 38p. (Tese MS).
- MUZILLI, O. & GODOY, O.P. Acidez do solo e desenvolvimento do feijoeiro. II. Ação de diferentes níveis de correção da acidez na absorção de N, P, K, Ca e Mg pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cultivar goiano precoce em solo Latossolo distrófico. Londrina, IAPAR, 1977. 3p. (Boletim, 8).
- NOVAIS, R.F. de; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. de & SEDIYAMA, T. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(2):199-204, maio/ago. 1989.
- DATES, K.M. & CALDWELL, A.G. Use of by product gypsum to alleviate soil acidity. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 49(4):915-8, July/Aug. 1985.
- OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J. & REYNIER, F.N. Efeito do fosfogesso na produção de feijão e arroz e no comportamento de alguns nutrientes. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.45-60.

- OLIVEIRA, I.P. de & THUNG, M.D.T. Nutrição mineral. In : ZIMMERMANN, M. J. de O. et alii ed. *Cultura do Feijoeiro; fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFOS, 1988. p.175-212.
- OLMOS, I.L.J. & CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(2):171-80, Fev. 1976.
- OLSEN, S.R. & WATANABE, F.S. Interaction of added gypsum in alkaline soils with uptake of iron, molybdenum, manganese and zinc by sorghum. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 43(1):125-30, Jan./Feb. 1979.
- PAOLINELLI, M.T.; OLIVEIRA, P.M. de; SANTOS, P.R.R.S.; LEANDRO, V. de P. & MORAES, W.V. de. Aplicação direta do fosfogesso. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA ; 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.197-207.
- PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. *Advances in Agronomy*, New York, 30:1-50, 1978.
- ; & SMART, R.S.C. The mechanism of sulfate adsorption on iron oxides. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 42(1):48-50, Jan./Feb. 1978.
- PAVAN, M.A. Ação dos corretivos e fertilizantes na dinâmica de ions no solo. In : CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM FERTILIDADE DO SOLO, IAPAR, ANDA, PPI/IPT, Londrina, 1983. p.47-63.
- . O cálcio como nutriente para as culturas. In: SEMINARIO FOSFORO, CALCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES ; situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. *Anais...* São Paulo, MANAH, 1986. p.82-97.
- & BINGHAM, F.T. Toxicity of aluminum to coffee seedlings grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 46(5):993-7, Sept./Oct. 1982.
- ; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum application to a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 48(1):33-8, Jan./Feb. 1984.

- PAVAN, M.A. & VOLKWEISS, S.J. Efeito do gesso nas relações solo-planta; princípios. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. Anais... Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.107-18.
- PINTO, M.B.A.B. de A. Efeito residual da calagem, adubação fosfatada corretiva e gesso agrícola na dinâmica de bases e características químicas do solo e subsolo. Lavras, ESAL, 1989. 97p. (Tese MS).
- QUAGGIO, J.A. Métodos de laboratório para a determinação da necessidade de calagem em solos. In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15; acidez e calagem no Brasil, Campinas, 1982. Trabalhos apresentados ..., Campinas, SBCS, 1983. p.33-48.
- ; DECHEN, A.R. & RAIJ, B. van. Efeito da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(3):189-94, set./dez. 1982a.
- ; MASCARENHAS, H.A.A. & BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latosolo Roxo distrófico de cerrado. II- Efeito residual. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(2):113-18, maio/ago. 1982b.
- RADCLIFFE, D.E.; CLARK, R.L. & SUMNER, M.E. Effect of gypsum and deep-rooting perennials on subsoil mechanical impedance. Soil Science Society of America Journal, Madison, 50(6):1.566-70, Nov./Dec. 1986.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. 3.ed. Piracicaba, POTAFOS, 1987. 142p.
- . Disponibilidade de potássio em solos. In: SIMPOSIO SOBRE POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. Anais... Piracicaba, POTAFOS/IAPAR, 1982. p.67-76.
- . Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, ANDA, 1988. 88p.
- . Propriedades eletroquímicas de solos. In: SIMPOSIO AVANÇADO DE QUIMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 1, Piracicaba, 1986. Anais... Campinas, Cargil, 1986. p.9-42.

- RAIJ, B. van. & CAMARGO, O.A. de. Influencia das bases trocáveis na lixiviação de potássio em colunas de solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 14, Santa Maria, 1973. *Anais...* Santa Maria, 1973, p.263-69.
- ; CANTARELLA, H.; CAMARGO, A.P. de & SOARES, E. Perdas de cálcio e magnésio durante cinco anos em ensaio de calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 6(1):33-7, jan./abr. 1982.
- ; & PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36(4):587-93, July/Aug. 1972.
- ; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargil, 1987. 170p.
- KAJAN, S.S.S. Sulfate adsorbed on hydrous alumina, ligands displaced, and changes in surface charge. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 42(1):39-44, Jan./Feb. 1978.
- REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of sulfate applied amendments. *Agrochemophysica*, Pretoria, 4(1):1-6, Jan./Feb. 1972.
- RENNENBERG, H. The fate of excess sulfur in higher plants. *Annual Review Plant Physiology*, California, 35:121-53, 1984.
- RESENDE, M. CURI, N. & SANTANA, D.P. *Pedologia e fertilidade do solo ; interações e aplicações*. Piracicaba, MEC/ESAL/POTAFOS, 1988. 84p.
- KITCHY, K.D. Potassium fertility in Oxisols and Ultisols of the humid Tropics. New York, College of Agriculture and Life Science Cornell. *International Agriculture*, 1979, 45 pp. (Bulletin, 37).
- ; SILVA, J.E. & COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Science*, Baltimore, 133(4):378-82, Apr. 1982.
- ; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol. *Agronomy Journal*, Madison, 72(1):40-4, Jan./Feb. 1980.

- RITCHEY, K.D. SOUSA, D.M.G. & RODRIGUES, G.C. Testes biológicos para diagnóstico da deficiência de cálcio e toxicidade de alumínio em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 12(2):113-20, maio/ago. 1988.
- ROSA JUNIOR, E.J. Efeito de sistemas de manejo e tempo de uso sobre características físicas e químicas de dois solos de Ponta Porã. Viçosa. UFV. 1984. 89p. (Tese MS).
- ROSOLEM, C.A. & MACHADO, J.R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, 8(2):103-9, maio/ago. 1984.
- ; MACHADO, J.R. & BRINHOLI, O. Efeito das relações Ca/Mg, Ca/k e Mg/k do solo na produção de sorgo sacarino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 19(12):1.443-8, dez. 1984.
- ROTH, C.H.; PAVAN, M.A.; MEYER, B. & FREDE, H.G. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltrabilidade de água em um Latossolo Roxo cultivado com cafeeiros. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 10(2):163-66, maio/ago. 1986.
- ROY, A.J.; SHARMA, A. & TALUKDER, G. Some aspects of aluminium toxicity in plants. *Botanical Review*, New York, 54(2):145-68, April/June 1988.
- SFREDO, G.J. Efeito das relações entre Ca e Mg sobre o pH, Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , no solo e sobre a produção de matéria seca do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Viçosa, UFV, 1976. 61p. (Tese MS).
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirement of soil with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 25(4):274-7, July/Aug. 1961.
- SILVA, A. de A. Efeito de relações $CaCO_3/CaSO_4$ no movimento de nutrientes no solo e no desenvolvimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). Lavras, ESAL, 1990. 80p. (Tese MS).
- SILVA, J.E. Balanço de cálcio e magnésio e desenvolvimento do milho em solos sob cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 15(3):329-33, jul. 1980.

- SILVA, J.B.C.; NOVAIS, R.F. de & SEDYAMA, C.S. Identificação de genótipos de sorgo tolerantes à toxidez de alumínio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 8(1):77-83, jan./abr. 1984.
- SOARES, E. Influência do teor de potássio trocável do solo na absorção de cálcio e magnésio pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill). ESALQ, Piracicaba, 1978. 116p. (Tese doutorado).
- SOPRANO, E. Movimentação de íons e crescimento de café em função da aplicação de sais de cálcio em colunas de solo. Viçosa, UFV, 1986. 92p. (Tese MS).
- SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D.; LOBATO, E. & GOEDERT, W.J. Potássio em solo de cerrado. II. Equilíbrio no solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 16, São Luis, 1977. *Resumos...* São Luis, 1977.
- STANFORD, G.; KELLY, J.B. & PIERRE, W.H. Cation balance in corn grown on high lime soils in relation to potassium deficiency. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 6:335-41. 1942.
- SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J. & HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 50(5):1.254-58, Sept./Oct. 1986.
- TANDON, H.L.S. Sulfur research and agricultural production in India. New Delhi, Fertiliser Development and Consultation Organisation, 1984. 70p.
- THOMAS, G.W. & HARGROVE, W.L. The chemistry of soil acidity. In: ADAMS, F. ed. *Soil acidity and liming*. 2. ed., Madison, ASA/CSSA/SSCA, 1984. p.3-56.
- ; & HIPP, B.W. Soil factors affecting potassium availability. In: KILMER, V.J.; YOUNTS, S.E. & BRADY, N.C. ed. *The role of potassium in agriculture*, Madison, ASA/CSSA/SSCA, 1968. P. 269-91.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W. L. & BEATON, J.D. *Soil fertility and fertilizers*. 4.ed. New York, MacMillan Publishing, 1984. 694p.

- USHERWOOD, N.R. Interações do potássio com outros íons. In: SIMPOSIO SOBRE O POTASSIO NA AGRICULTURA BRASILEIRA, Londrina, 1982. *Anais...* Piracicaba, POTAFOS/IAPAR, 1982. p.227-48.
- VITTI, G.C. Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 37p.
- ; FERREIRA, M.E. & MALAVOLTA, E. Respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. P.17-44.
- ; FORNASIERI FILHO, D.; FERREIRA, M.E.; RAGAZZI, D. & HING, L.T. Efeito de doses de gesso na cultura do feijoeiro. *Revista de Agricultura*, Piracicaba, 57(3):119-32, nov. 1982.
- VIETS JUNIOR, F.G. NELSON, C.E. & CRWFORD, C.T. The relationships among corn, yields, leaf composition and fertilizer applied. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 18(2):297-301. 1954.
- VOLKWEISS, S.J. Otimização das características da planta para maximizar a eficiência do adubo. In: SEMINARIO FOSFORO, CALCIO, MAGNÉSIO, ENXOFRE E MICRONUTRIENTES; situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. *Anais...* São Paulo, MANAH, 1986. p.08-21.
- YORK JUNIOR, E.T.; BRADFIELD, R. & PEECH, M. Calcium-potassium interactions in soil and plants: I. Lime-induced potassium fixation in Mardim Silt Loam. *Soil Science*, Baltimore, 76(5): 379-87, Nov. 1953.
- WALLACE, A.; FROLICH, E. & LUNT, O.P. Calcium requirement of higher plants. *Nature*, London, 209:634, 1966.
- WAMBEKE, A. van. Calculated soil moisture and temperature regimes of South America; a compilation of soil climatic regimes calculated by using a mathematical model developed by F. Newhall. Ithaca, Cornell University, 1981. 25p. (SMSS Technical Monograph, 2)
- WHITE, R.P. Effects of lime upon soil and plant manganese levels in and acid soil. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 4(4):625-9, July/Aug. 1970.

WILCOX, G.E. FAGERIA, N.K. Deficiências nutricionais do feijão; sua identificação e correção. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1976. 22p. (Boletim Técnico, 6).

APENDICE

QUADRO 1A - Resumo das análises de variância dos parâmetros, pH, P, $S-SO_4^{2-}$, Al, saturação por alumínio (m%) e Mn, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).

Variáveis		Causas de variação			
		Calcário	Gesso	Calcário x Gesso	Resíduo
G.L.		2	3	6	36
pH-H ₂ O	AC	4,5156**	0,4142**	0,0373**	0,0015
	DM	6,3919**	0,8225**	0,1044**	0,0087
	DF	6,3508**	0,9725**	0,0525**	0,0062
P	AC	16,1875**	40,8333**	3,7708**	0,2361
	DM	47,3958**	111,5000**	6,8125NS	4,9861
	DF	274,0208**	131,2778**	23,3819*	7,3750
$S-SO_4^{2-}$	AC	3043,7519**	126663,2430**	2274,6067**	116,5867
	DM	6950,7748**	134949,8743**	1870,2688**	121,9639
	DF	807,8705**	74951,4889**	263,3930*	85,2100
Al	AC	0,3852**	0,0208**	0,0208**	0,0076
	DM	1,3002**	0,0108**	0,0108**	0,0009
	DF	2,0419**	0,0169**	0,0169**	0,0020
m (%)	AC	516,3973**	136,0221**	100,5837**	0,8026
	DM	1676,9804**	248,6815**	206,9755**	1,5990
	DF	3358,1023**	435,9652**	357,1159**	2,0444
Mn	AC	39,3925**	1,7719NS	2,7433**	0,7694
	DM	53,5294**	4,0736**	4,2322**	1,1589
	DF	72,2443**	2,4125**	2,2202**	0,4801

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

QUADRO 2A - Resumo das análises de variância para K, Ca, Mg e as relações entre ambos no solo (Ca/K Mg/K, Ca/Mg) obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF).

Variáveis		Causas de variação			
		Calcário	Gesso	Calcário x Gesso	Resíduo
G.L.		2	3	6	36
K	AC	0,0006**	0,0002**	0,0004**	0,00004
	DM	0,0003NS	0,0002NS	0,0001NS	0,00010
	DF	0,0007NS	0,0030**	0,0028**	0,00052
Ca	AC	47,1001**	66,0056**	4,2325**	0,1920
	DM	74,1147**	69,2926**	3,4581**	0,4455
	DF	77,4922**	48,7086**	3,7918**	0,1206
Mg	AC	8,4927**	0,3564**	0,0719**	0,0036
	DM	16,9186**	0,2361**	0,0949**	0,0039
	DF	18,7940**	0,3133**	0,2369**	0,0092
Ca/K	AC	12245,1779**	14123,2025**	1073,8691**	40,1709
	DM	16972,4251**	22725,4568**	1016,3224**	142,0653
	DF	2646,7417**	2350,3468**	155,7616**	15,2708
Mg/K	AC	1672,1995**	35,1508**	14,8652**	0,7930
	DM	4038,9345**	29,4195*	9,9926NS	9,9926
	DF	688,7944**	13,5476**	17,8098**	1,1676
Ca/Mg	AC	2253,3505**	973,1905**	397,4163**	2,9485
	DM	15485,8935**	3297,8101**	2261,5815**	18,8855
	DF	8542,0515**	2073,9218**	1289,5440**	49,3504

- * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

QUADRO 3A - Resumo das análises de variância para matéria seca (g), P, K, Ca, Mg e S (mg) e Mn (ug), acumulados na parte aérea de plantas de milho (M) e feijoeiro(F)

Variáveis	Causas de variação			
	Calcário	Gesso	Calcário x Gesso	Resíduo
G.L.	2	3	6	36
MS M	356,61834**	18,33274*	31,89192**	5,02891
F	413,22357**	5,98108NS	24,40447**	6,42303
P M	405,27083**	64,66666NS	79,93750**	20,26388
F	1503,18750**	169,50000**	92,77083**	22,04166
K M	48682,02083**	7270,72222**	5364,90972**	1056,47222
F	34739,52088**	6708,69444**	2910,13194*	1226,22220
Ca M	14216,31250**	12749,27777**	3550,92361**	294,11111
F	104203,31250**	81595,35416**	2831,56250*	1138,92361
Mg M	189037,64583**	3785,68750**	951,31250**	139,61805
F	80592,89583**	591,27770**	857,92361**	48,04166
S M	1761,06250**	2912,79861**	238,92361**	48,25694
F	4501,00000**	14491,94444**	1085,11111**	110,76388
Mn M	31458682,14583**	1788991,63194**	696212,00694**	44220,29861
F	19630395,89583**	101139,36111NS	486099,67361**	57109,66666

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

NS - Não significativo.

QUADRO 4A - Resumo das análises de variância para os teores de macronutrientes (%), Mn (ppm) e relações entre cátions básicos na parte aérea de plantas de milho (M) e feijoeiro (F)

Variáveis		Causas de variação			
		Calcário	Gesso	Calcário x Gesso	Resíduo
G.L.		2	3	6	36
P	M	0,00045*	0,00090**	0,00042**	0,00012
	F	0,03360**	0,00644NS	0,00770NS	0,00351
K	M	1,28000**	0,08603**	0,04264*	0,01467
	F	3,61710**	0,11520*	0,07708*	0,02909
Ca	M	0,28765**	0,06481**	0,01291**	0,00375
	F	0,38610*	2,25382**	0,22711*	0,07888
Mg	M	0,97140**	0,01714**	0,00308**	0,00082
	F	1,46078**	0,01018**	0,00706**	0,00168
S	M	0,00082**	0,01685**	0,00099**	0,00022
	F	0,01543**	0,37906**	0,00915**	0,00140
Mn	M	27195,90884**	808,84699**	150,37330**	30,38117
	F	137472,50039**	640,66293NS	1764,05956**	327,00489
K/Ca	M	0,14583*	2,18432**	0,34163**	0,04265
	F	0,64253**	0,46973**	0,09845**	0,00901
K/Mg	M	2128,58910**	76,05727**	60,17098**	1,59536
	F	3673,49996**	35,64668**	34,16734*	10,61938
Ca/Mg	M	383,97155**	25,35560**	19,60893**	0,49434
	F	2990,46296**	159,82412**	117,96627**	3,47021

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade
 NS - Não significativo.

QUADRO 5A - Resultados analíticos das amostras de solo referentes a pH em água, P e S-SO₄²⁻ obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF), em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.

Tratamentos	pH			P			S-SO ₄		
	AC	DM	DF	AC	DM	DF	AC	DM	DF
	ppm								
C ₀ G ₀	4,9	5,2	5,3	3,0	24,8	40,0	10,1	6,8	3,8
C ₀ G ₁	4,7	4,7	4,7	3,8	26,5	40,8	84,1	74,7	63,6
C ₀ G ₂	4,6	4,6	4,6	4,5	28,3	39,5	183,4	162,4	121,1
C ₀ G ₃	4,5	4,5	4,5	7,0	33,8	48,3	226,5	235,8	187,2
Média (C ₀)	4,7L ^{††}	4,8Q ^{††}	4,8Q ^{††}	4,6L [†]	28,3	42,4Q [†]	126,0L ^{††}	119,9L ^{††}	93,9L ^{††}
C ₁ G ₀	5,4	5,6	5,7	4,8	31,3	41,0	25,57	17,2	4,3
C ₁ G ₁	5,2	5,2	5,2	6,0	29,5	40,5	123,2	115,3	75,5
C ₁ G ₂	5,3	5,4	5,3	8,0	32,0	40,3	149,4	159,3	117,7
C ₁ G ₃	5,0	4,9	5,0	7,5	34,3	43,0	256,3	241,5	177,6
Média (C ₁)	5,2L ^{††}	5,3L ^{††}	5,3Q ^{††}	6,6Q ^{††}	31,8	41,2	138,6L ^{††}	133,3L ^{††}	93,8L ^{††}
C ₂ G ₀	6,0	6,3	6,3	3,0	27,3	29,3	17,2	13,9	5,4
C ₂ G ₁	5,9	6,2	6,2	4,0	28,0	32,8	95,5	103,9	72,6
C ₂ G ₂	5,6	5,8	6,0	5,5	30,5	35,3	219,3	229,6	142,4
C ₂ G ₃	5,5	5,8	5,8	9,0	35,0	41,5	282,2	295,8	204,1
Média (C ₂)	5,7L ^{††}	6,0Q ^{††}	6,1L ^{††}	5,4L ^{††}	30,2	34,7L ^{††}	153,6L ^{††}	160,8L ^{††}	106,2 ^{††}
Média (G ₀)	5,4	5,7	5,8	3,6	27,8	36,8	17,6	12,6	4,5
Média (G ₁)	5,3	5,4	5,4	4,6	28,0	38,3	100,9	98,0	70,6
Média (G ₂)	5,2	5,3	5,3	6,0	30,3	38,3	184,0	183,8	127,1
Média (G ₃)	5,0	5,1	5,1	7,8	34,3	44,3	255,0	257,7	189,6
Média Geral	5,2L ^{††}	5,4Q ^{††}	5,4Q ^{††}	5,5L ^{††}	30,1L ^{††}	39,4L ^{††}	139,4L ^{††}	138,0L ^{††}	98,0L ^{††}
C.V. (%)	0,8	1,8	1,5	8,8	7,4	6,9	7,7	8,0	9,4

† Significativo ao nível de 5% de probabilidade

†† Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente.

QUADRO 6A - Resultados analíticos das amostras de solo referentes a potássio, cálcio e magnésio trocáveis, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições.

Tratamentos	K			Ca			Mg		
	AC	DM	DF	AC	DM	DF	AC	DM	DF
mg/100cc solo									
C ₀ G ₀	0,09	0,07	0,20	1,29	1,04	0,55	0,27	0,10	0,08
C ₀ G ₁	0,08	0,06	0,14	2,88	2,48	1,78	0,19	0,06	0,05
C ₀ G ₂	0,08	0,06	0,17	3,99	3,75	2,86	0,14	0,06	0,06
C ₀ G ₃	0,08	0,06	0,12	5,39	5,44	4,12	0,10	0,05	0,05
Média (C ₀)	0,080 ^{††}	0,06	0,16L ^{††}	3,39L ^{††}	3,16L ^{††}	2,33L ^{††}	0,17L ^{††}	0,07	0,06
C ₁ G ₀	0,07	0,06	0,15	2,37	2,71	1,67	1,01	1,05	0,77
C ₁ G ₁	0,10	0,05	0,19	3,85	4,15	2,74	0,91	0,82	0,64
C ₁ G ₂	0,09	0,06	0,17	4,85	5,43	4,11	0,91	0,96	0,82
C ₁ G ₃	0,07	0,06	0,17	6,86	7,59	5,21	0,70	0,67	0,50
Média (C ₁)	0,080 ^{††}	0,06	0,17	4,48L ^{††}	4,97L ^{††}	3,43L ^{††}	0,88L ^{††}	0,87L ^{††}	0,68Q [†]
C ₂ G ₀	0,08	0,08	0,21	3,59	4,77	3,80	1,98	2,38	2,43
C ₂ G ₁	0,07	0,07	0,15	4,78	5,67	5,21	1,72	2,31	2,62
C ₂ G ₂	0,07	0,06	0,16	7,20	7,15	6,40	1,62	1,94	1,90
C ₂ G ₃	0,07	0,06	0,16	11,45	12,28	10,87	1,21	1,80	1,73
Média (C ₂)	0,070 ^{††}	0,07	0,170 ^{††}	6,75L ^{††}	7,46L ^{††}	6,57L ^{††}	1,63L ^{††}	2,11Q [†]	2,17L ^{††}
Média (G ₀)	0,08	0,07	0,19	2,42	2,84	2,01	1,08	1,17	1,09
Média (G ₁)	0,08	0,06	0,16	3,84	4,10	3,24	0,94	1,06	1,10
Média (G ₂)	0,08	0,06	0,17	5,34	5,44	4,46	0,89	0,99	0,93
Média (G ₃)	0,07	0,06	0,15	7,90	8,43	6,73	0,67	0,84	0,76
Média Geral	0,080 ^{††}	0,06	0,17L ^{††}	4,87L ^{††}	5,20L ^{††}	4,11L ^{††}	0,89L ^{††}	1,02L ^{††}	0,97L ^{††}
C.V. (%)	2,57	16,44	13,78	8,99	12,83	8,46	6,73	6,13	9,87

† - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

†† - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente.

QUADRO 7A - Resultados analíticos das amostras de solo referentes a alumínio trocável, saturação por alumínio (m%) e manganês disponível, obtidos antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	Al			m			Mn		
	AC	DM	DF	AC	DM	DF	AC	DM	DF
	---- meq/100cc solo ----			----- % -----			----- ppm -----		
C ₀ G ₀	0,55	0,72	0,88	25,0	37,6	51,6	5,0	4,6	3,0
C ₀ G ₁	0,30	0,58	0,63	8,7	18,1	24,1	5,4	4,9	3,5
C ₀ G ₂	0,28	0,53	0,65	6,1	12,0	17,3	5,9	5,4	3,6
C ₀ G ₃	0,35	0,55	0,73	5,9	9,0	14,7	4,6	4,3	2,4
Média (C ₀)	0,37 ^{tt}	0,59 ^{tt}	0,72 ^{tt}	11,4 ^{tt}	19,2 ^{tt}	26,9 ^{tt}	5,2	4,8	3,1 ^t
C ₁ G ₀	0,10	0,10	0,10	2,8	2,6	3,7	4,7	5,2	3,6
C ₁ G ₁	0,10	0,10	0,10	2,0	2,0	2,7	5,6	6,8	3,3
C ₁ G ₂	0,10	0,10	0,10	1,7	1,5	1,9	6,5	8,0	3,6
C ₁ G ₃	0,10	0,10	0,10	1,3	1,2	1,7	6,1	6,2	3,5
Média (C ₁)	0,10	0,10	0,10	2,0 ^L	1,8	2,5	5,7 ^t	6,5 ^{tt}	3,5
C ₂ G ₀	0,10	0,10	0,10	1,7	1,4	1,5	7,7	7,4	5,5
C ₂ G ₁	0,10	0,10	0,10	1,5	1,2	1,2	8,7	8,4	8,3
C ₂ G ₂	0,10	0,10	0,10	1,1	1,1	1,2	7,0	7,8	6,9
C ₂ G ₃	0,10	0,10	0,10	0,8	0,7	0,8	9,1	10,2	7,3
Média (C ₂)	0,10	0,10	0,10	1,3	1,1	1,2	8,1	8,5 ^L	7,0 ^{tt}
Média (G ₀)	0,25	0,31	0,36	9,9	13,8	19,0	5,8	5,7	4,0
Média (G ₁)	0,17	0,26	0,28	4,1	7,1	9,4	6,6	6,7	5,0
Média (G ₂)	0,16	0,24	0,28	3,0	4,9	6,8	6,4	7,0	4,7
Média (G ₃)	0,18	0,25	0,31	2,7	3,6	5,7	6,6	6,9	4,4
Média Geral	0,19 ^{tt}	0,26 ^{tt}	0,31 ^{tt}	4,9 ^{tt}	7,4 ^{tt}	10,2 ^{tt}	6,3	6,6 ^{tt}	4,5 ^{tt}
C.V. (%)	14,58	11,35	14,65	18,3	17,2	14,0	13,8	16,3	15,3

t - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

tt - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente.

QUADRO 8A - Relações de cátions básicos estabelecidas a partir dos resultados analíticos das amostras de solo obtidas antes (AC) e depois dos cultivos de milho (DM) e feijoeiro (DF) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	Ca/K			Mg/K			Ca/Mg		
	AC	DM	DF	AC	DM	DF	AC	DM	DF
	meq/meq								
C ₀ G ₀	14,4	15,7	2,8	2,9	1,5	0,4	5,4	10,7	7,3
C ₀ G ₁	35,0	42,0	13,1	2,3	1,0	0,4	15,1	43,3	34,0
C ₀ G ₂	49,9	60,3	16,7	1,7	0,9	0,4	29,1	65,6	47,7
C ₀ G ₃	67,4	99,4	34,0	1,3	0,9	0,4	52,6	115,5	88,5
Média(C ₀)	41,7L ^{**}	54,3L ^{**}	16,6L ^{**}	2,1L ^{**}	1,1	0,4	25,6L ^{**}	58,8L ^{**}	44,4L ^{**}
C ₁ G ₀	31,2	50,8	11,2	13,3	19,6	5,1	2,3	2,6	2,2
C ₁ G ₁	38,5	80,9	14,6	9,1	16,0	3,4	4,3	5,1	4,3
C ₁ G ₂	52,5	91,2	24,9	9,8	16,2	4,9	5,3	5,7	5,0
C ₁ G ₃	98,0	135,5	31,2	9,9	12,1	3,0	9,8	11,3	10,5
Média(C ₁)	55,1L ^{**}	89,6 ^{**}	20,5L ^{**}	10,50 ^{**}	16,0	4,1L [*]	5,5 ^{**}	6,2L ^{**}	5,5
C ₂ G ₀	44,9	65,2	18,3	24,8	32,6	11,7	1,8	2,0	1,6
C ₂ G ₁	68,2	87,7	35,9	24,5	35,8	18,1	2,8	2,5	2,0
C ₂ G ₂	102,8	120,2	40,7	23,1	32,7	12,1	4,4	3,7	3,4
C ₂ G ₃	163,5	204,4	67,4	17,3	30,3	10,7	9,5	6,8	6,3
Média(C ₂)	94,9L ^{**}	119,4L ^{**}	40,6L ^{**}	22,4L ^{**}	32,8	13,10 ^{**}	4,6L ^{**}	3,7	3,3
Média(G ₀)	30,1	43,9	10,8	13,7	17,9	5,7	3,2	5,1	3,7
Média(G ₁)	47,3	70,2	21,2	12,0	17,6	7,3	7,4	16,9	13,4
Média(G ₂)	68,4	90,6	27,4	11,5	16,6	5,8	13,0	25,0	18,7
Média(G ₃)	119,6	146,4	44,2	9,5	14,4	4,7	24,0	44,5	35,1
Média Geral	63,9L ^{**}	87,8L ^{**}	25,9L ^{**}	11,7L ^{**}	16,6L ^{**}	5,90 ^{**}	11,9L ^{**}	22,9L ^{**}	17,7L ^{**}
L.V. (%)	9,9	13,6	15,1	7,6	19,0	18,4	9,1	19,0	39,6

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente.

QUADRO 9A - Produção de matéria seca (MS) e quantidade acumulada de macronutrientes (mg) e Mn (μ g) na parte aérea de plantas de milho, em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	M.S. g/vaso	P	K	Ca	Mg	S	Mn μ g/vaso
-----mg/vaso-----							
C ₀ G ₀	30,50	46	565	158	33	41	2564
C ₀ G ₁	39,18	53	616	273	32	70	4201
C ₀ G ₂	39,34	54	627	300	29	74	4118
C ₀ G ₃	34,72	60	649	285	20	76	3916
Média (C ₀)	35,94Q**	53L**	614L**	254Q**	29	65Q**	3670Q**
C ₁ G ₀	44,99	64	569	179	192	65	1873
C ₁ G ₁	45,91	65	626	224	184	91	2519
C ₁ G ₂	45,79	59	555	224	184	91	1966
C ₁ G ₃	43,93	63	583	234	160	92	2548
Média (C ₁)	45,16	63	583	215Q*	180L**	85Q**	2227L**
C ₂ G ₀	44,40	64	536	184	281	60	694
C ₂ G ₁	41,35	64	538	194	249	73	646
C ₂ G ₂	41,64	55	437	208	230	87	994
C ₂ G ₃	41,86	60	519	196	198	108	1252
Média (C ₂)	42,31 ~	61	507Q**	195	239L**	82L**	896L**
Média (G ₀)	39,96	58	557	173	168	55	1710
Média (G ₁)	42,15	61	593	230	155	78	2455
Média (G ₂)	42,25	56	539	244	148	84	2359
Média (G ₃)	40,17	61	583	238	126	92	2572
Média Geral	41,13Q**	59	568	222Q**	149L**	77Q**	2274Q**
CV (%)	5,45	7,6	5,7	7,7	7,9	9,0	9,0

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q Regressão linear e quadrática, respectivamente

QUADRO 10A - Produção de matéria seca (MS) e quantidade acumulada de macronutrientes (mg) e Mn (μ g) na parte aérea de plantas de feijoeiro, em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	M.S. g/vaso	P	K	Ca	Mg	S	Mn μ g/vaso
-----mg/vaso-----							
C ₀ G ₀	14,10	42	304	177	14	15	3205
C ₀ G ₁	11,51	50	272	259	8	47	2450
C ₀ G ₂	15,29	52	352	379	11	80	2775
C ₀ G ₃	13,21	52	328	337	11	57	2198
Média (C ₀)	13,53	49Q**	314	288Q**	11	50Q**	2657L**
C ₁ G ₀	25,22	69	286	287	95	29	1583
C ₁ G ₁	22,30	61	303	414	94	96	1695
C ₁ G ₂	22,00	70	332	442	106	97	1280
C ₁ G ₃	19,73	63	295	466	75	104	1857
Média (C ₁)	22,31L**	66	304	402Q**	93Q**	81Q**	1603Q*
C ₂ G ₀	19,46	58	330	331	122	13	310
C ₂ G ₁	21,52	64	412	434	164	66	362
C ₂ G ₂	23,12	71	404	471	162	98	467
C ₂ G ₃	25,28	72	411	539	162	123	631
Média (C ₂)	22,34L**	66Q**	389Q*	443Q*	152Q**	75Q**	442L**
Média (G ₀)	19,59	56	307	265	77	19	1699
Média (G ₁)	18,44	58	329	369	89	69	1502
Média (G ₂)	20,14	64	362	430	93	91	1507
Média (G ₃)	19,40	62	345	447	82	94	1562
Média Geral	19,39	60Q*	336Q**	378Q**	85Q**	69Q**	1568
CV (%)	13,07	7,8	10,4	8,9	8,1	15,3	15,0

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente.

QUADRO 11A - Teores de macronutrientes (%) e Mn (ppm) encontrados na parte aérea de plantas de milho em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	P	K	Ca	Mg	S	Mn
	%					ppm
C ₀ G ₀	0,15	1,86	0,52	0,11	0,14	84,2
C ₀ G ₁	0,14	1,57	0,70	0,08	0,18	107,2
C ₀ G ₂	0,14	1,61	0,77	0,08	0,19	105,2
C ₀ G ₃	0,17	1,88	0,83	0,06	0,22	113,3
Média (C ₀)	0,15Q**	1,73Q**	0,70Q**	0,08L*	0,18Q*	102,5Q**
C ₁ G ₀	0,14	1,27	0,40	0,43	0,15	41,7
C ₁ G ₁	0,14	1,37	0,49	0,40	0,20	54,6
C ₁ G ₂	0,13	1,21	0,49	0,40	0,20	43,0
C ₁ G ₃	0,14	1,33	0,54	0,37	0,21	58,1
Média (C ₁)	0,14	1,29	0,48L**	0,40L**	0,19Q**	49,3L*
C ₂ G ₀	0,15	1,20	0,42	0,63	0,14	15,6
C ₂ G ₁	0,16	1,30	0,47	0,60	0,18	15,6
C ₂ G ₂	0,13	1,05	0,50	0,55	0,21	24,0
C ₂ G ₃	0,15	1,24	0,47	0,48	0,26	30,0
Média (C ₂)	0,14	1,20	0,46	0,57L**	0,19L**	21,3L**
Média (G ₀)	0,15	1,44	0,44	0,39	0,14	47,2
Média (G ₁)	0,14	1,41	0,55	0,36	0,18	59,1
Média (G ₂)	0,13	1,29	0,59	0,34	0,20	57,4
Média (G ₃)	0,15	1,49	0,61	0,30	0,23	67,1
Média Geral	0,14Q**	1,41Q**	0,55Q**	0,35L**	0,19Q**	57,7L**
CV (%)	7,67	8,61	11,17	8,25	8,05	9,60

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente

QUADRO 12A - Teores de macronutrientes (%) e Mn (ppm) encontrados na parte aérea de plantas de feijoeiro em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	P	K	Ca	Mg	S	Mn
			-%			ppm
C ₀ G ₀	0,30	2,16	1,27	0,10	0,11	227,7
C ₀ G ₁	0,45	2,36	2,33	0,08	0,42	219,4
C ₀ G ₂	0,34	2,30	2,47	0,07	0,52	184,1
C ₀ G ₃	0,42	2,51	2,61	0,08	0,43	169,9
Média (C ₀)	0,38	2,33L*	2,17Q**	0,08	0,37Q**	200,3L**
C ₁ G ₀	0,28	1,14	1,15	0,38	0,12	63,0
C ₁ G ₁	0,28	1,37	1,87	0,43	0,43	76,4
C ₁ G ₂	0,32	1,53	2,04	0,49	0,44	59,4
C ₁ G ₃	0,32	1,51	2,39	0,38	0,53	94,9
Média (C ₁)	0,30	1,39Q*	1,86Q**	0,42Q**	0,38Q**	73,4L*
C ₂ G ₀	0,30	1,74	1,74	0,64	0,07	16,5
C ₂ G ₁	0,30	1,92	2,02	0,76	0,31	16,7
C ₂ G ₂	0,31	1,75	2,05	0,70	0,43	20,4
C ₂ G ₃	0,29	1,64	2,15	0,64	0,49	25,3
Média (C ₂)	0,30	1,76	1,99	0,69Q**	0,32Q**	19,7
Média (G ₀)	0,29	1,68	1,39	0,37	0,10	102,4
Média (G ₁)	0,34	1,88	2,07	0,42	0,38	104,2
Média (G ₂)	0,33	1,86	2,18	0,42	0,46	87,9
Média (G ₃)	0,34	1,88	2,38	0,37	0,48	96,7
Média Geral	0,33	1,83L**	2,01Q**	0,40Q**	0,36Q**	97,8
DV (%)	18,22	9,34	14,01	10,38	10,55	18,5

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente

QUADRO 13A - Relações entre cátions (K/Ca, K/Mg, Ca/Mg) estabelecidas na parte aérea de plantas de milho (M) e feijoeiro (F) em função da calagem (C) e gessagem (G) - média de 4 repetições

Tratamentos	K/Ca		K/Mg		Ca/Mg	
	M	F	M	F	M	F
	Relações					
C ₀ G ₀	3,59	1,71	17,30	21,60	4,82	12,70
C ₀ G ₁	2,26	1,04	19,12	32,21	8,48	30,78
C ₀ G ₂	2,09	0,94	21,37	31,85	10,22	34,13
C ₀ G ₃	2,29	0,99	32,84	31,10	14,48	31,70
Média (C ₀)	2,56Q**	1,17Q**	22,66L**	29,19Q**	9,50L**	27,33Q**
C ₁ G ₀	3,19	1,00	2,96	3,02	0,93	3,03
C ₁ G ₁	2,80	0,73	3,41	3,22	1,22	4,39
C ₁ G ₂	2,48	0,75	3,01	3,15	1,22	4,19
C ₁ G ₃	2,50	0,64	3,65	3,95	1,46	6,24
Média (C ₁)	2,74Q**	0,78Q*	3,26	3,34	1,21	4,46L*
C ₂ G ₀	2,92	1,00	1,92	2,72	0,66	2,72
C ₂ G ₁	2,79	0,95	2,17	2,52	0,78	2,65
C ₂ G ₂	2,11	0,86	1,90	2,50	0,91	2,92
C ₂ G ₃	2,66	0,76	2,61	2,54	0,99	3,34
Média (C ₂)	2,62Q**	0,89L**	2,15	2,57	0,83	2,91
Média (G ₀)	3,23	1,24	7,39	9,12	2,14	6,15
Média (G ₁)	2,61	0,91	8,24	12,65	3,49	12,61
Média (G ₂)	2,23	0,85	8,76	12,50	4,12	13,74
Média (G ₃)	2,48	0,79	13,04	12,53	5,64	13,76
Média Geral	2,64Q**	0,95Q**	9,36L**	11,70Q**	3,85L**	11,57Q**
C.V. (%)	7,83	10,03	13,50	27,86	18,28	16,11

* - Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** - Significativo ao nível de 1% de probabilidade

L e Q - Regressão linear e quadrática, respectivamente.