

JAQUELINE FÁTIMA RODRIGUES

EFEITO DE CALCÁRIO - GESSO AGRÍCOLA NA NUTRIÇÃO
MINERAL E CRESCIMENTO DE FORRAGEIRAS EM
LATOSSOLO VARIAÇÃO UNA


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

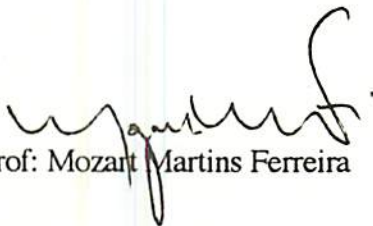
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992

EFEITO DE CALCARIO-GESSO AGRICOLA NA NUTRIÇÃO
MINERAL E CRESCIMENTO DE FORRAGEIRAS
EM LATOSSOLO VARIAÇÃO UNA

APROVADA EM 02/10/1992:


Prof: Geraldo Aparecido de Aquino Guedes
Orientador


Prof: Mozart Martins Ferreira


Prof: Antonio Ricardo Evangelista

Aos meus pais *Antônio e Cidinha,*

meus irmãos *Joseane, Jefferson,*

Janaíne e Jomara,

Minha sobrinha *Lúvia*

OFEREÇO

Aos sonhos de

cada coração

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por me dar força para seguir em frente.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Departamento de Ciência do Solo-DCS pelo excelente ambiente de trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Geraldo A. A. Guedes, Mozart Martins Ferreira e Antônio R. Evangelista pela orientação.

Aos professores Janice G.de Carvalho, Nilton Curi, Alfredo S. Lopes, Valdemar Faquin e Luis H. de Aquino pela atenção e ajuda sempre que solicitadas.

À minha irmã Janaíne M. Rodrigues pela ajuda na condução do experimento.

Às minhas amigas Cristiane, Edivânia, Eliane, Esdras, Josiany e Juliana pelas presenças nos momentos alegres e "força" nas horas difíceis.

Aos colegas de curso, em especial, Marisa e Maristela pelo apoio e convivência nos dias de "luta e de festa".

Ao meu cunhado Carlos Alberto S. Souza pelos conselhos durante o curso.

Aos funcionários do DCS pelos muitos serviços prestados.

À todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

MUITO OBRIGADO

SUMÁRIO**PAGINA**

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1. A acidez dos solos.....	03
2.2. Efeitos de calagem no solo e no crescimento das plantas.....	08
2.3. Efeitos do gesso agrícola no solo e no crescimento das plantas.....	11
2.4. Combinação calcário-gesso agrícola.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Solo.....	20
3.2. Espécies vegetais.....	21
3.3. Delineamento experimental e tratamentos.....	21
3.4. Condução do experimento.....	25
3.5. Corte das plantas e amostragem do solo.....	25
3.6. Parâmetros analisados.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Alterações químicas no solo após a incubação, antes do cultivo.....	28

4.2. Crescimento e nutrição mineral das espécies forrageiras.....	30
4.2.1. Andropogon.....	30
4.2.1.1. Produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea.....	30
4.2.1.2. Proteína Bruta.....	34
4.2.1.3. Cálcio.....	36
4.2.1.4. Magnésio.....	36
4.2.1.5. Potássio.....	39
4.2.1.6. Enxofre.....	39
4.2.1.7. Relação Ca/Mg.....	42
4.2.2. Estilosantes.....	44
4.2.2.1. Produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea.....	44
4.2.2.2. Proteína Bruta.....	47
4.2.2.3. Cálcio.....	49
4.2.2.4. Magnésio.....	51
4.2.2.5. Potássio.....	51
4.2.2.6. Enxofre.....	54
4.2.2.7. Relação Ca/Mg.....	54
5. CONCLUSÕES.....	58
6. RESUMO.....	59
7. SUMMARY.....	60
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
9. APÊNDICE.....	80

LISTA DE QUADROS

QUADRO		PAGINA
1	Principais características químicas e físicas do LU, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. de profundidade.....	22
2	Características dos calcários e do gesso utilizados.....	23
3	Tratamentos utilizados.....	24
4	Análise química do LU após 85 dias de incubação, antes do cultivo....	29

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS		PAGINA
1	Produção de matéria seca do sistema radicular do Andropogon, em função das doses de gesso.....	31
2	Produção de matéria seca da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso e tipos de calcário.....	32
3	Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	35
4	Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	35
5	Teores de Cálcio (%) na MS da parte aérea do Andropogon em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	37
6	Teores de Cálcio (%) na MS da parte aérea do Andropogon em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	37
7	Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	38

8	Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Androgon, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	38
9	Teores de Potássio (%) na MS da parte aérea do Androgon, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	40
10	Teores de Potássio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	40
11	Teores de Enxofre (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	41
12	Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	43
13	Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	43
14	Produção de matéria seca do sistema radicular do Estilosantes, em função das doses de gesso.....	45
15	Produção de matéria seca da parte aérea do Estilosantes, para os dois calcários, em função das doses de gesso.....	46
16	Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	48
17	Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	48

18	Teores de Cálcio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	50
19	Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	52
20	Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	52
21	Teores de Potássio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso.....	53
22	Teores de Enxofre (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	55
23	Teores de Enxofre (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	55
24	Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário calcítico.....	57
25	Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso-calcário dolomítico.....	57

LISTA DE APENDICE

QUADRO		PAGINA
1A	Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca do sistema radicular do Andropogon, nas profundidades de 0-15, 15-30 cm e total, em função dos tratamentos.....	81
2A	Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	82
3A	Resumos das análises de variância e regressão da proteína bruta (%) da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	83
4A	Resumos das análises de variância e regressão dos teores de Ca, Mg, K e S da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	84

5A	Resumos das análises de variância e regressão das relações Ca/Mg da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	85
6A	Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca do sistema radicular do Estilosantes, nas profundidades 0-15, 15-30 cm e total, em função dos tratamentos	86
7A	Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso.....	87
8A	Resumo das análises de variância e regressão da proteína bruta (%) da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	88
9A	Resumos das análises de variância e regressão dos teores de Ca, Mg, K e S da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	89
10A	Resumos das análises de variância e regressão das relações Ca/Mg da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.....	90
11A	Coefficientes de correlação e níveis de significância entre produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea.....	91
12A	Coefficientes de correlação e níveis de significância entre teores (%) de Ca, Mg, K, S e relação Ca/Mg na parte aérea do Andropogon e Estilosantes, e produção de matéria seca da parte aérea.....	91

13A	Coeficiente de correlação e níveis de significância entre os teores(%) na matéria seca da parte aérea.....	92
14A	Precipitação pluviométrica (mm) na região dos Campos das Verten- tes (MG), em cinco anos.....	93

1. INTRODUÇÃO

Para a formação de pastagens, assim como para o estabelecimento de qualquer cultura, são necessárias correções das deficiências de alguns nutrientes nos solos, principalmente em áreas com problemas de acidez e de baixa fertilidade. Os Campos das Vertentes, em Minas Gerais, têm como principal atividade econômica a pecuária leiteira, que é explorada normalmente em pastagens de baixa qualidade.

A correção da acidez do solo é feita através da calagem, que além de corrigir a toxidez de alumínio (Al^{+3}), promove maior eficiência dos adubos com a elevação do pH, e fornece Ca^{+2} e Mg^{+2} ao solo, sendo este último benefício de grande relevância, em vista dos baixos teores destes dois cátions nos solos da região. Mas é sabido que, nas camadas mais profundas dos solos, a acidez e a deficiência de Ca limitam a expansão do sistema radicular, afetando a absorção de nutrientes e conseqüentemente, o bom estabelecimento das culturas. No entanto, a ação do calcário é restrita à camada arável, a não ser quando se faz uso de doses elevadas e/ou incorporação profunda, aspectos estes antieconômicos e inviáveis do ponto de vista prático.

O uso do gesso agrícola, um subproduto da indústria de fertilizantes, vem se destacando como uma alternativa para a diminuição da atividade do Al^{+3} nas camadas subsuperficiais do solo, além de comportar como fonte de Cálcio e Enxofre. Entretanto, o uso isolado deste produto pode provocar a lixiviação de bases, como Magnésio e Potássio da

superfície do solo para as camadas mais profundas, colocando os nutrientes fora do alcance das raízes das plantas.

A combinação calcário gesso agrícola em proporções adequadas tem sido sugerida como uma prática de grande potencial para a melhoria das condições adversas dos solos.

Em vista do exposto, este trabalho objetivou estudar os efeitos de diferentes combinações calcário-gesso agrícola na nutrição mineral e no crescimento de *Andropogon gayanus* e *Stylosanthes macrocephala* em um Latossolo variação Una, proveniente dos Campos das Vertentes, MG.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A acidez dos solos

Dentre os fatores responsáveis pelas limitações impostas à expansão da fronteira agrícola e um bom estabelecimento das culturas nos solos brasileiros citam-se a elevada acidez, associada à toxidez de Al e/ou Mn (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989 ; RAIJ, 1991) e também quantidades de Ca, Mg, P e Mo insuficientes para um desenvolvimento normal das plantas (REEVE & SUMNER, 1970 ; KAMINSKI, 1989).

A acidificação dos solos tropicais pode ser visualizada como um processo contínuo, com a contribuição de diversas fontes (SIQUEIRA, 1986). Os solos podem ser ácidos devido à própria pobreza em bases do material de origem (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1988), lixiviação das bases (RAIJ, 1991), ou também através da erosão e extração dos cátions básicos pelas culturas (RAIJ, 1989). Um solo será tanto mais ácido quanto menor parte da capacidade de troca de cátions - CTC, for ocupada por cátions básicos, tais como Ca e Mg (RAIJ, 1991). Um solo ácido apresenta, em geral, baixo pH, baixos teores de Ca e Mg, excesso de Al, Mn e,

às vezes de Fe, condições desfavoráveis para a atividade microbiana e fixação biológica de nitrogênio e uma menor eficiência das adubações (MALAVOLTA, 1987).

O pH do solo ou acidez ativa mede a atividade do íon hidrogênio, isto quer dizer que quanto mais H^+ estiver retido no complexo de troca, maior será a acidez do solo (LOPES, 1989). O H^+ por si só não traz problemas para as plantas, mas em valores de pH < 4,0, a atividade muito alta deste íon pode deslocar o Ca^{+2} da plasmalema, afetando a permeabilidade da membrana. Em vista do efeito direto ou indireto do pH dos solos sobre as culturas, pode-se classificar os solos em mais ou menos ácidos em função do seu pH em água (VOLKWEISS, 1989).

Nos solos, os valores de pH se encontram geralmente entre 3 e 9, embora sejam mais comuns os valores intermediários (RAIJ, 1991). A maioria das espécies cultivadas têm uma melhor produção quando o solo tem um pH na faixa de 6,0-6,5 (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al, 1974; 1986), onde é máxima a disponibilidade de todos os macronutrientes e intermediária a dos micronutrientes (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985), mas o pH ideal para o crescimento das plantas é muito variável entre e dentro de espécies. Para as espécies forrageiras a faixa ideal se situa entre 5,5 - 7,0 (NOGUEIRA et al, 1991).

O problema da acidez é mais acentuado nos solos da região dos cerrados, onde o pH normalmente está na faixa entre 4,0 a 5,5 (ADAMOLI et al, 1987), juntamente com uma baixa capacidade de retenção de água e alto potencial de evapotranspiração (GUIMARÃES, 1992). A área dos cerrados vem sendo inserida cada vez mais no processo produtivo brasileiro (LOPES, 1984), ocupando cerca de 2 milhões de km^2 , aproximadamente 23% da superfície do território do país (LOPES & GUILHERME, 1992). Os solos predominantes na região são Latossolos, onde a topografia e as propriedades físicas adequadas

favorecem a mecanização da área (FENSTER & LEON, 1978; LOPES & GUILHERME, 1992), fazendo com que esta se torne adequada para a atividade agrícola, sendo apropriados para a formação de pastagens cultivadas (CARVALHO et al, 1992). Uma proporção considerável das áreas reservadas para a formação de pastagens no estado de Minas Gerais é constituída de solos ácidos e de baixa fertilidade (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989).

Estes solos apresentam, como regra, altos teores de Al trocável e alta saturação de Al (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985) e uma baixa fertilidade natural (SOUSA et al, 1987; LOPES & GUILHERME, 1992), ou seja, 89% da superfície total da região é composta por solos distróficos (ADAMOLI et al, 1987), sendo que cerca de 82% dos solos agricultáveis apresentam restrições para a maioria das culturas quanto à saturação de Al (SOUZA & RITCHEY, 1986). De acordo com MARTINS (1991), este parâmetro do solo é mais eficiente do que os teores de Al trocável para predizer o efeito tóxico do elemento para as plantas. De acordo com MALAVOLTA & KLIEMANN (1985), as limitações dos solos sob cerrados podem ser arranjadas na seguinte ordem decrescente: acidez > deficiência de P > S ou K > Zn > B > Cu > N = Mn.

A acidez promove várias alterações no solo que afetam direta ou indiretamente o desenvolvimento normal das plantas. O pH tem um efeito muito grande sobre a atividade do Al^{+3} , sendo apresentado uma relação inversa, ou seja, quanto menor o pH, maior será a atividade do Al trocável na solução e com isto, maior efeito tóxico para as plantas (SOUSA et al, 1987). O Al é o cátion mais abundante na crosta terrestre (FAQUIN & VALE, 1991), ocupando muitos pontos de troca na CTC do solo, sendo considerado o principal responsável pelo pequeno desenvolvimento das plantas nos solos ácidos (RAIJ, 1988; FAQUIN & VALE, 1991) e a causa da sua acidez excessiva (RAIJ, 1989; 1991). A presença do Al^{+3} nos solos é resultante principalmente da decomposição de minerais de argila e de

óxidos de Al (SOPRANO, 1986), existindo sob várias formas e diferindo quanto à fitotoxidez (SOUSA et al, 1992a). Os valores de Al trocável em relação às bases trocáveis, constituem-se numa das mais importantes limitações para a exploração dos solos sob cerrados (LOPES, 1984).

O Al provoca distúrbios citológicos, fisiológicos e bioquímicos no sistema radicular das plantas, reduzindo a absorção e utilização de outros nutrientes, particularmente Ca e P (DAL BO, 1985). Diante disso, os sintomas de toxidez são difíceis de serem distinguidos dos sintomas de deficiências nutricionais (KAMINSKI, 1989). Interfere também, nos processos de divisão celular, síntese de DNA e fosforilação de açúcares e seu sítio primário de ação é localizado na raiz, onde o Al promove alterações na estrutura e função das paredes e membranas celulares, e como consequência, as raízes tornam-se curtas e grossas (SANCHEZ, 1981; SOUSA et al, 1987), não se ramificam normalmente, as pontas desintegram-se e adquirem cor marrom (RAIJ, 1988). Todos estes aspectos contribuem para uma limitação da exploração da água e dos nutrientes presentes e/ou adicionados ao solo (SOUSA et al, 1987).

Existem diferenças marcantes de cultivares ou variedades dentro de mesmas espécies quanto à tolerância ao Al (RAIJ, 1991). A tolerância ao Al e a outros fatores de acidez dos solos, exibida por diversas gramíneas forrageiras tropicais faz com que a correção da acidez apresente pouco ou nenhum benefício (CARVALHO, 1985). Alguns ecotipos de várias espécies de Estilosantes estão bem adaptados a solos ácidos (HUTTON, 1978) e estudando Capim Andropogon, THOMAS et al (1981) observaram que este apresentava excelente tolerância a baixo pH e alta saturação de Al.

O maior crescimento de uma espécie em um solo ácido em comparação com outra, não significa porém, que espécies que são tolerantes a um fator sejam tolerantes a

todos os fatores dos solos ácidos (ANDREW et al, 1973). Segundo Goedert (1987) citado por LOPES & GUILHERME (1992), qualquer cultura tolerante aos níveis baixos de fertilidade dos solos sob cerrado, terá um baixo potencial de produção, baixa taxa de crescimento, inviabilizando a longo prazo, uma produção nestas áreas sem utilização de fertilizantes e corretivos. ORELLANA (1981) relata que as condições adversas dos Oxissolos e Ultissolos da América Latina podem constituir limitação para o crescimento das forrageiras. Trabalhando com 6 espécies de Estilosantes em 3 solos ácidos da Austrália, CARVALHO et al (1980) verificaram restrições ao crescimento da parte aérea e raízes das plantas na presença de concentrações tóxicas de Al. CARVALHO et al (1985) observaram que o crescimento de Centrosema foi 3 vezes menor e houve também uma redução de 71% no crescimento do Capim-gordura quando o solo não foi corrigido, em comparação com o tratamento completo.

O sucesso do estabelecimento de pastagens poderá, em muitos casos, depender da correção da acidez do solo e da aplicação de fertilizantes, para atender às exigências das plantas forrageiras (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989). Todavia, as limitações dos solos da região dos cerrados vão além da camada arável, atingindo também a subsuperfície, apresentando toxidez de Al e baixos níveis de Ca e outros nutrientes (RAIJ, 1988, 1991; SOUSA et al, 1992 a, b).

A acidez associada aos baixos níveis de Ca em profundidade é, certamente, o fator mais limitante para o desenvolvimento radicular (LOPES, 1984; LOPES & GUILHERME, 1992), que restringindo a absorção de nutrientes e água pelas culturas, limita a produção agrícola (RAIJ, 1988; FURLANI & BERTON, 1992; GUIMARÃES, 1992; QUAGGIO, 1992; SOUSA et al, 1992a, b; SUMNER, 1992). O menor volume de solo explorado pelas raízes se torna insuficiente para suprir as necessidades das plantas, principalmente durante os períodos de déficit hídrico, chamados "veranicos". Estes períodos são considerados como uma das mais severas limitações para a prática de uma agricultura

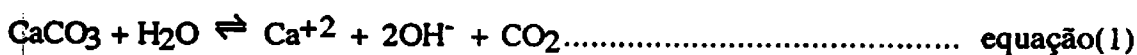
rentável na região dos cerrados, principalmente devido à baixa capacidade de retenção de água destes solos (LOPES & GUILHERME, 1992).

2.2. Efeitos da calagem no solo e no crescimento das plantas

A calagem é a principal prática agrícola para correção do solo, criando condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do sistema radicular, assegurando uma maior eficiência dos nutrientes aplicados pela adubação, sendo então fundamental para uma agricultura de alta produtividade (VOLKWEISS, 1989; RAIJ, 1991). Esta prática altera positivamente várias características químicas, físicas e biológicas do solo, de modo que geralmente é muito difícil explicar qual ou quais os fatores que são responsáveis pelos aumentos observados nas produções (QUAGGIO, 1989;1992).

A calagem é considerada o ponto de partida para qualquer empreendimento agrícola tecnificado na região dos cerrados (LOPES, 1984), mas de acordo com LOPES (1989), a calagem é apenas um componente na recuperação e manutenção da produtividade em solos ácidos.

Na prática da calagem são usados diferentes produtos de reação alcalina, principalmente calcários (MALAVOLTA, 1980). A reação do calcário no solo (equação 1) é relativamente lenta e depende da existência de água (SOUSA et al, 1987), do grau de acidez do solo, da granulometria do calcário e do grau de contato do calcário com o solo (RAIJ, 1989; 1991).



Os carbonatos de Ca ou de Mg reagem com OH^- do solo, liberando água e gás carbônico, e o Al é insolubilizado na forma de hidróxido (ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRÍCOLAS, 1988; VOLKWEISS, 1989). Um dos aspectos mais relevantes da calagem ao elevar o pH, refere-se ao efeito indireto que este parâmetro exerce na fertilidade do solo através da influência na solubilidade e disponibilidade de muitos nutrientes (MALAVOLTA, 1980).

Um ponto que deve ser considerado, quando na determinação de doses de calcário para os solos sob cerrado, é o grau de tolerância das espécies e cultivares a acidez e a toxidez de Al, Fe e Mn (LOPES, 1984). A calagem em doses adequadas, além de elevar o pH, neutraliza a acidez (KAMINSKI, 1989; PAULA et al, 1991), fornece Ca e Mg como nutrientes, diminui os efeitos tóxicos do Al, Mn e/ou Fe (LOPES, 1984; MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985; ANDRADE et al, 1986; SOUSA et al, 1987; RAIJ, 1991), reduz a saturação de Al (LOPES, 1984), aumenta a disponibilidade de P, Mo, N, K e S (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985; ANDRADE et al, 1986; RAIJ, 1991) e diminui de B, Mn e Zn, diminui a "fixação" de P e a lixiviação de K (LOPES, 1984) devido ao aumento da CTC do solo (SOUSA et al, 1987), estimula a atividade microbiana e a fixação simbiótica de N pelas leguminosas, melhora as propriedades físicas dos solos (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985; LOPES, 1989; RAIJ, 1991) e aumenta a eficiência dos fertilizantes (SOUSA et al, 1987).

As respostas à calagem dependem de fatores ligados à planta, ao solo e ao corretivo empregado, de tal modo que quando eles são corretamente considerados obtém-se a máxima eficiência (QUAGGIO, 1989). Devido à uma certa tolerância ao Al e a outros fatores de acidez, diversas gramíneas forrageiras tropicais nem sempre respondem satisfatoriamente à calagem (ANDRADE et al, 1986). No entanto, há situações em que a aplicação de calcário em

pastagens se faz necessária, sendo uma delas, quando os níveis de Ca e Mg no solo são muito baixos (CARVALHO, 1985). Segundo MALAVOLTA (1987), uma das causas de se ter pouca forragem e de má qualidade está na falta de adubação e de calagem. Dentre os diversos trabalhos demonstrando respostas de espécies forrageiras à calagem tem-se: FRANÇA & CARVALHO (1970), JONES & FREITAS (1970), WERNER et al (1979), ROSOLEM et al (1984), SANZONOWICZ et al (1987) e CARVALHO et al (1992).

Os benefícios da calagem, a curto prazo, limitam-se apenas à camada de incorporação do calcário ao solo (GUILHERME, 1986; RAIJ, 1988; VITTI et al, 1992), não sendo eficaz nas camadas mais profundas. Esta limitada ação do calcário à camada arável é devida a uma baixa mobilidade do produto no solo, que por sua vez é afetada pela granulometria e origem do produto, quantidade de água que passa através do solo (RIRIE et al, 1952) e depende ainda da concentração de Ca na solução do solo, das características químicas, físicas e biológicas deste, das condições climáticas e da concentração e efetividade do ânion "acompanhante" (PAVAN, 1986). A importância deste ânion se deve ao fato do $\text{CO}_3^{=}$ reagir nos solos ácidos e se transformar em CO_2 , perdendo-se na atmosfera (DAL BO et al, 1986; ERNANI, 1986; PAVAN & VOLKWEISS, 1986). Portanto, o carbonato de Ca ou Mg é um sal de baixíssima solubilidade (RAIJ, 1989), sendo sua movimentação maior em solos com textura mais grossa (SOPRANO, 1986) e com baixa CTC (SOUSA et al, 1992a).

A movimentação de bases proporcionada pelo calcário ocorre naturalmente quando se utiliza doses altas ou se está sob altas precipitações sendo verificada somente a longo prazo (SOUSA & RITCHEY, 1986; FERREIRA, 1991; SOUSA et al, 1992a). Uma incorporação mais profunda do calcário promove benefícios ao solo associados a uma diminuição na saturação de Al e aumento nos teores de Ca e Mg mais homogênea no perfil do solo (PAVAN et al, 1984; RAIJ, 1988, 1991) possibilitando um melhor desenvolvimento do sistema radicular e exploração de um maior volume de solo (SOUSA et al, 1992a). Mas, de

acordo com RAIJ (1991), a maior parte do Ca e do Mg lixiviado para fora da camada arável, simplesmente passa através do solo, pouco afetando o subsolo. No entanto, o uso de doses elevadas de calcário pode levar a desbalanços nutricionais no solo (SOPRANO, 1986; RAIJ, 1988), ocasionando queda nos teores de micronutrientes, principalmente Zn, B e Mn (RAIJ, 1991), P e Mo (FRIESEN et al, 1980) e indiretamente, pode provocar deficiência de S, por atuar na mineralização da matéria orgânica (SOPRANO, 1986), refletindo num menor desenvolvimento das plantas. A este respeito, GROVE & SUMNER (1985) verificaram um estresse nutricional de P, Zn e Mg em milho (*Zea mays* (L.) Merr) na presença de alta dose de calcário calcítico.

A incorporação profunda do calcário é dificultada devido à falta de equipamentos apropriados e também, ao alto custo da operação (PAVAN et al, 1984; LOPES & GUILHERME, 1992) além de expor um subsolo geralmente menos fértil (LOPES, 1984).

2.3. Efeitos do gesso agrícola no solo e no crescimento das plantas

Devido à ocorrência quase generalizada de acidez subsuperficial e baixos teores de Ca nos solos brasileiros, e as limitações do uso do calcário para a sua correção, tem-se buscado novas alternativas para a solução deste problema, dentre as quais tem-se a gessagem, ou seja, o uso de gesso agrícola. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um subproduto da indústria de fertilizantes, originário da fabricação do ácido fosfórico, sendo produzido, em média, 4,5 toneladas de gesso para cada tonelada de P_2O_5 , o que vem promovendo um grande acúmulo do produto ao longo dos anos (GUILHERME, 1986; VITTI et al, 1986).

O gesso tem em sua composição teórica 26-28% CaO; 15 -16% S; 0.60 - 0.75% P₂O₅; 0.63% F e 15 - 17% de umidade livre (VITTI et al, 1986). É um sal de reação neutra, não alterando de modo geral o pH do solo, embora isso possa ocorrer em certas condições, como resultado de um fenômeno de troca, e em função da dose aplicada (MALAVOLTA et al, 1986). O deslocamento do Al⁺³ pelo Ca⁺² resultaria na liberação de íons H⁺ para a solução do solo (DAL BO, 1985), ou seja, hidrólise do Al, com consequente abaixamento do pH. O aumento do pH pode ser atribuído à liberação de OH⁻, como resultado da adsorção de sulfato em superfícies de óxidos (RAIJ, 1988, 1991). Os íons OH⁻, por sua vez, reagiriam com o alumínio, resultando na sua polimerização, promovendo um efeito chamado "auto calagem", o qual foi descrito por REEVE & SUMNER (1972), no primeiro trabalho envolvendo gesso, em Oxissolos da África do Sul. Embora seja um aspecto contravertido, parece existir um efeito direto da competição entre hidroxila e sulfato (DIAS, 1992). No entanto, mesmo diante de algumas possíveis alterações de pH, o gesso agrícola não deve ser usado como substituto do calcário na correção da acidez dos solos.

Os benefícios proporcionados pela aplicação do gesso no solo sobre o desenvolvimento das plantas se baseiam principalmente no fornecimento de cálcio e enxofre (GUILHERME, 1986; ERNANI et al, 1992; GUIMARÃES, 1992) aumento nos teores de Ca nas camadas subsuperficiais do solo, com consequente redução na saturação de alumínio (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985; PAVAN, 1986; SUMNER, 1992; VITTI et al, 1992), devido a um aumento da soma de bases (RAIJ, 1988, 1991; LOPES & GUILHERME, 1992). Diante de tais modificações no solo, cria-se condições favoráveis para o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade, tornando as plantas mais resistentes à seca e um maior aproveitamento dos nutrientes do solo e dos adubos (MALAVOLTA, 1987). De acordo com RAIJ (1988), o efeito do gesso é muito complexo e sua ação favorável sobre as raízes, quando

ocorre, deve-se a um conjunto de fatores atuando ao mesmo tempo, cujos efeitos são difíceis de isolar.

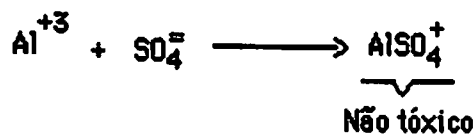
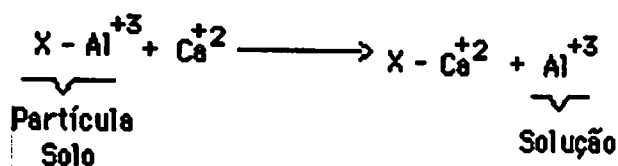
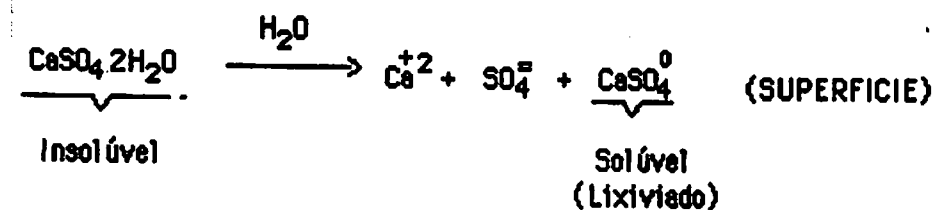
↙ O uso do gesso agrícola como fonte de Ca^{+2} justifica-se pelos baixos teores do nutriente encontrado nos solos, e principalmente por uma diminuição sistemática deste elemento em profundidade (PAVAN, 1986). A presença do Ca no volume de solo explorado pelas raízes se faz necessária (DIAS et al, 1984) porque para que ocorra o crescimento do sistema radicular das plantas, Ca tem que estar presente no meio ambiente da extremidade da raiz devido a sua baixa mobilidade no floema (DAL BO, 1985). Portanto, o Ca por si só pode constituir um obstáculo ao crescimento e desenvolvimento do sistema radicular.

↙ O fornecimento de S-SO_4^- pelo gesso é importante devido a essencialidade deste nutriente para as plantas e animais (HADDAD, 1983; COUTO & RITCHEY, 1987), e a pobreza natural dos solos, agravada pelo aumento no uso de adubos concentrados (ALVAREZ V., 1988), pobreza e deficiência na mineralização da matéria orgânica, falta de introdução de S atmosférico no sistema solo-planta em quantidades suficientes (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985) e cultivo intensivo por vários anos, esgotando a baixa reserva natural deste nutriente (LOPES, 1984). No Brasil, a deficiência tende a se agravar ainda mais com a utilização crescente de solos em áreas de cerrados, os quais são notoriamente pobres deste nutriente (HADDAD, 1983), sendo as reservas neste solos consideradas muito baixas (JONES & QUAGLIATO, 1970). A distribuição do enxofre no perfil do solo varia qualitativa e quantitativamente, sendo que geralmente o teor de S total diminui com a profundidade (BISSANI & TEDESCO, 1988). No entanto, o S é sumariamente relegado nas adubações básicas de plantio (FERRARI NETO, 1991).

A forma de enxofre predominante nos solos minerais é o sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), que é a principal forma absorvida pelas plantas superiores (VITTI, 1986). Deficiências de S em culturas e plantas forrageiras têm sido relatadas (MONTEIRO & CARRIEL, 1987). Considerando-se de um lado a pobreza em S dos solos e de outra exigência das plantas, as respostas a este nutriente têm se multiplicado (MALAVOLTA, 1992). A aplicação de S a vários tipos de solos tem proporcionado aumento significativo na produção de matéria seca de gramíneas pertencentes a uma série de gêneros e cultivares, nas regiões tropicais e subtropicais (CASAGRANDE & SOUZA, 1982). SARAIVA et al (1986) constataram que a ausência de enxofre promoveu redução significativa no crescimento de Capim-Gordura e redução no peso seco da parte aérea de Centrosema, não afetando porém, a nodulação da leguminosa. Em Capim-Colonião, DRUDI & BRAGA (1990) não encontraram diferenças na produção de matéria seca/ha em diferentes níveis de S.

O potencial de correção das camadas subsuperficiais pela adição do gesso depende basicamente das características físicas e químicas do solo e do volume de água que passa por este (DIAS, 1992).

As reações do gesso no solo podem ser esquematizadas da seguinte maneira (MALAVOLTA, 1987):

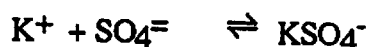
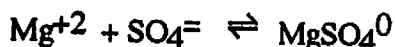
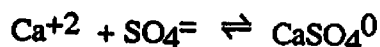
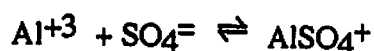


Como se pode observar, a dissociação do gesso na solução do solo produz os íons Ca^{+2} , SO_4^{\equiv} e CaSO_4^0 . Os íons Ca^{+2} e SO_4^{\equiv} podem ser absorvidos pelas raízes das plantas como íons livres ou participar das reações de troca de cátions e ânions, respectivamente (GUIMARÃES, 1986 ; ROCHA, 1986 ; SOPRANO, 1986), aumentando a concentração destes na solução (PAVAN & VOLKWEISS, 1986).

O ânion sulfato, uma vez na solução do solo, pode ser absorvido pelas plantas, imobilizado pela biomassa microbiana, precipitado ou lixiviado juntamente com outros cátions do solo (DIAS, 1992). O SO_4^{\equiv} favorece a formação do par de íons solúveis CaSO_4^0 , sendo que cerca de 40% do total do Ca solúvel está presente nesta forma não dissociada, solúvel e neutra, portanto, potencialmente móvel no solo (PAVAN et al, 1984;

ROCHA, 1986; SOPRANO, 1986). Do ponto de vista prático, não é interessante o movimento do Ca no solo como CaSO_4^0 , porque ele não será absorvido pelas raízes e, provavelmente, será perdido na água de drenagem (PAVAN & VOLKWEISS, 1986). O Ca^{+2} dissociado desloca Al para a solução do solo onde este combina-se com o sulfato e dá origem ao AlSO_4^+ que é uma forma pouco fitotóxica (MALAVOLTA et al, 1986) e menos absorvida pelas raízes (PAVAN, 1982). Portanto, há uma queda na atividade do íon Al^{+3} na solução (PAVAN & VOLKWEISS, 1986). A formação de Fluoreto de Alumínio também tem sido considerada um mecanismo de neutralização do Al (RAIJ, 1988).

As principais associações do sulfato com os cátions nos solos podem ser assim representadas :



A velocidade de lixiviação do Ca é uma função direta da solubilidade do sal (cloreto > sulfato > carbonato) (PAVAN, 1986). A presença de um ânion estável e pouco retido pelas partículas do solo, como Cl^- e SO_4^- , que possa acompanhar o íon Ca^{+2} , é essencial para sua movimentação (DAL BO, 1985).

Devido a essa movimentação, tem sido constatado lixiviação de bases, principalmente Mg^{+2} e K^+ , para fora da camada de incorporação do solo (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985; PAVAN & VOLKWEISS, 1986; SUMNER, 1992), com possíveis

reflexos negativos na produção das culturas. Esta lixiviação de bases trocáveis geralmente é mais intensa em solos arenosos, com baixo teor de matéria orgânica, pobres em bases e baixa CTC (ROSOLEM & MACHADO, 1984), sendo que a intensidade ou velocidade de lixiviação depende de vários fatores, como o tipo de solo, manejo, precipitação pluviométrica, nutriente envolvido e seu sal, características da planta e as interações desses fatores (SOPRANO & ALVAREZ V., 1989). De acordo com DEMATTE (1992), o uso isolado do gesso pode trazer problemas nutricionais devido a lixiviação de bases, principalmente no que se refere à relação Ca/Mg. O problema deverá ser mais sério em solos com pequena capacidade de retenção de sulfato (RAIJ, 1991). Portanto, é necessário conhecer as propriedades dos solos que afetam esta lixiviação, para que seja possível controlar o processo, de forma a manter as bases ao alcance das raízes (RAIJ, 1988).

Outro efeito negativo são as reações de troca que ocorrem em alguns solos, provocando o aparecimento ou acentuando a toxidez de Mn, pelo menos durante um certo período após a aplicação do gesso (PAVAN & VOLKWEISS, 1986).

Quanto à recomendação de gesso agrícola pouco se sabe à respeito das doses, principalmente quando se considera as diferentes causas de acidez nas camadas subsuperficiais (SILVA, 1990). O uso do gesso como fonte de S é recomendado sempre que o solo apresentar teores baixos de S disponível (MALAVOLTA, 1992) e como fonte de Ca quando as relações Ca/Mg forem muito baixas ($< 3,0$) e o pH do solo for adequado (GUIMARÃES, 1992). Outra recomendação sugere o uso de 2 t/ha do produto quando se quer aumentar $1 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$ de Ca ou para neutralizar $1 \text{ meq}/100 \text{ cm}^3$ de Al (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985). De acordo com a COMISSÃO DE FERTILIZANTES DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (1989), quando se tem nas camadas subsuperficiais do solo $\leq 0,3 \text{ meq Ca}/100 \text{ cm}^3$ e/ou $\geq 0,5 \text{ meq Al}/100 \text{ cm}^3$ e/ou $\geq 30\%$ de saturação de Al da CTC efetiva, o gesso agrícola pode ser recomendado. Neste caso, as doses são de acordo com o

teor de argila do solo, o que é uma boa base para a aplicação de gesso, pois reflete a capacidade de adsorção do solo (RAIJ, 1992) e está altamente correlacionada com o poder tampão de S (SOUSA et al, 1992a).

2.4. Combinação calcário-gesso agrícola

Diante das possíveis perdas de cátions básicos do solo pelo uso isolado do gesso agrícola, tem sido sugerido a sua combinação com calcário em proporções adequadas, como uma alternativa para minimizar a lixiviação de bases e possíveis desbalanços nutricionais. A calagem, pela liberação das cargas dependentes de pH, aumenta a CTC do solo, promove uma maior retenção do Mg e K no complexo de troca (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985; SOUZA & RITCHEY, 1986), minimizando a lixiviação, principalmente do K (ROSOLEM & MACHADO, 1984; MALAVOLTA et al, 1986). Portanto, a associação calcário-gesso agrícola parece ser a melhor opção (QUAGGIO et al, 1982; DEMATTE, 1992), pois a vantagem reside no poder de movimentação dos componentes do gesso, atuando na subsuperfície (GUIMARÃES, 1992) e na correção do solo superficial pelo calcário. A associação complementa os efeitos, assim sendo, a gessagem deve ser feita após ou juntamente com a calagem (VITTI et al, 1992), de preferência usando calcário dolomítico (PAVAN, 1986).

Combinando calcário calcítico comercial, calcário micro-pulverizado e gesso em colunas com Latossolo Vermelho Amarelo, ALVES (1984) verificou aumento no teor de Ca trocável e redução na saturação de Al nas camadas inferiores à zona de incorporação. DAL BO (1985) constatou redução parcial das perdas de K e Mg, quando se utilizou calcário calcítico associado com gesso agrícola. GOMES et al (1991), observou reduções de aproximadamente 50 e 35% na saturação de Al e aumento de 120 e 20% na saturação de bases, nas camadas de 0-30 e 30-60 cm, respectivamente, quando se utilizou combinação de 2 t/ha de

calcário e 0,5 t/ha de gesso. Porém, ERNANI et al (1992), trabalhando com diversas culturas de interesse econômico, constataram que o gesso não aumentou o rendimento da maioria das culturas, principalmente em presença de calcário.

✓ Diversos trabalhos utilizando combinações calcário-gesso agrícola em colunas de solo (SOPRANO, 1986; SILVA, 1990; DIAS, 1992), vasos (COLOZZA et al, 1983; HADDAD, 1983; MONTEIRO et al, 1983; GUILHERME, 1986; OLIVEIRA et al, 1986; MONTEIRO & CARRIEL, 1987) e experimentos de campo (ROSOLEM & MACHADO, 1984; ERNANI, 1986; MARTINS, 1991) têm confirmado, na sua grande maioria, a superioridade da combinação, em comparação com o uso isolado dos produtos. No entanto, as doses e proporções adequadas de calcário e gesso devem ser avaliadas para as diferentes relações solo-planta, em vista do comportamento diferencial das espécies à acidez e às variações dos solos, como textura, teor de matéria orgânica e proporção de Ca em relação aos outros cátions.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo, da Escola Superior de Agricultura de Lavras (MG), de agosto/91 a fevereiro/92.

Utilizaram-se colunas de PVC com 20 cm de diâmetro, divididas em duas seções de 15 cm de comprimento, unidas com fita adesiva. Na parte superior da coluna foi deixada uma borda de 3 cm e a parte inferior foi vedada com pratos plásticos.

3.1. Solo

O solo utilizado foi um Latossolo variação Una (LU), proveniente da Região dos Campos das Vertentes, Micro região Campos da Mantiqueira (MG). A região apresenta altitudes superiores a 600 m, temperatura média anual entre 18 e 21°C, e precipitação média anual variando entre 1100 e 2000 mm, sendo a estação chuvosa de aproximadamente sete meses, com deficiência hídrica nos meses de agosto a setembro (FERREIRA & ANTUNES, 1980).

Para caracterizações químicas e físicas do solo foram coletadas amostras nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, sendo que para o enchimento das colunas utilizou-se solo da camada de 0-20 cm.

As determinações químicas constaram de pH em água por potenciometria e, Ca, Mg e Al trocáveis extraídos com KCl 1N e analisados por titulometria (VETTORI, 1969), teores de P e K foram extraídos pelo Mehlich I e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente (VETTORI, 1969), teor de sulfato ($S-SO_4^{=}$) por turbidimetria (BLANCHAR et al, 1965); acidez potencial (H + Al) em solução tampão SMP (RAIJ et al, 1987).

3.2. Espécies vegetais

As espécies estudadas constaram de uma gramínea (*Andropogon gayanus* Kunth var *bisquamulatus*) e uma leguminosa (*Stylosanthes macrocephala* M.B. Ferr et Souza Costa cv. Pioneiro), que foram escolhidas por serem consideradas como promissoras para a região.

3.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com os tratamentos arranjados em estrutura fatorial (2 x 5), constatando de dois tipos de calcário (calcítico e dolomítico), cinco doses de gesso agrícola, duas espécies de plantas (gramínea e leguminosa), em quatro repetições, totalizando 80 colunas de solo.

QUADRO 1 - Principais características químicas e físicas do LU, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

Parâmetros	Profundidade (cm)	
	0-20	20-40
pH (H ₂ O)	4,9	5,2
P (ppm)	4,0	1,0
K(ppm)	47	16
Ca (meq/100cc)	0,8	0,3
Mg (meq/100cc)	0,2	0,1
Al (meq/100cc)	0,2	0,1
H + Al (meq/100cc)	4,0	2,9
S - SO ₄ (ppm)	3,74	4,37
S (meq/100cc)	1,1	0,4
τ (meq/100cc)	1,3	0,5
T (meq/100cc)	5,1	3,3
m (%)	15	18
V(%)	22	13
Areia (%)	33	21
Limo (%)	30	26
Argila (%)	37	53
Dp (g/cm ³)	2,63	--
Ds (g/cm ³)	1,27	--

Análises realizadas nos laboratórios de Análises Químicas e Físicas de Solo - DCS/ESAL.

- **Calagem:**

A necessidade de calcário foi calculada pelo método da saturação de bases (QUAGGIO, 1983), considerando $V_2=50\%$, o que resultou em uma recomendação de 1,3t/ha de calcário calcítico (PRNT=111,57%) e 1,6 t/ha de calcário dolomítico (PRNT=89,68%) (Quadro 2).

Quadro 2 - Características dos calcários e do gesso utilizados

Produto	CaO(%)	MgO(%)	PN	PRNT
Calc. Calcítico	53.28	1.61	111.77	111.57
Calc. Dolomítico	40.38	13.30	113.07	89.68
Gesso	11.22	1.61	-	-

- **Gessagem:**

A dose total de gesso foi calculada em função da textura do solo, mais precisamente da % de argila (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1989), resultando na dose de 1,5 t gesso/ha, pelo fato do solo apresentar 37% de argila na camada de 0-20cm. As doses foram 0.00; 0.38; 0.75; 1.13 e 1.50 t/ha, ou seja, 0%; 25%; 50%; 75% e 100% da dose recomendada.

Quadro 3 - Tratamentos utilizados

Calcário	Gesso Agrícola (t/ha)				
	0.00	0.38	0.75	1.13	1.50
Calcítico (1.3 t/ha)	CG0	CG1	CG2	CG3	CG4
Dolomítico (1.6 t/ha)	DG0	DG1	DG2	DG3	DG4

• **Adubação**

As doses e fontes das adubações básicas foram as seguintes : P- 200ppm, na forma de KH_2PO_4 e $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$; K - 150 ppm na forma de KH_2PO_4 ; N - 150 ppm, parcelado 1/3 no plantio e o restante em duas coberturas; Cu - 1,5 ppm na forma de $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; Zn - 5,0 ppm no plantio e 1,0ppm em cobertura, ambos na forma de ZnCl_2 ; B - 0,5 ppm na forma de H_3BO_3 ; Mo - 0,1ppm na forma de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Os tratamentos (Quadro 3) e as adubações básicas foram incorporados ao solo somente na primeira seção da coluna (15 cm) por mistura manual em bandejas plásticas. Foi feita incubação por 85 dias, após a qual foram retiradas subamostras na 1ª seção das colunas para realização de análises químicas.

3.4. Condução do experimento

As duas espécies forrageiras tiveram suas sementes pré-germinadas em "Gerbox" contendo papel de filtro umedecidos com água desmineralizada, sendo que o *Andropogon* germinou em quatro dias e o *Estilosantes* em dois dias. Não foi feita a inoculação das sementes da leguminosa. Após a pré-germinação, as mesmas foram transplantadas para as colunas nos dias 26 e 27/08/91 para o *Andropogon* e o *Estilosantes*, respectivamente. Foram realizados 3 desbastes deixando 4 plantas/coluna.

A umidade das colunas foi mantida através de irrigação com água desmineralizada, sendo calculada pela média da precipitação pluviométrica mensal da região em questão, considerando os últimos 5 anos (Quadro 14A).

3.5. Corte das plantas e amostragem do solo

Foram realizados 3 cortes da parte aérea do *Andropogon*, sendo o primeiro 86 dias após o plantio e os outros dois com intervalos de 40 a 45 dias. Os dois primeiros cortes foram efetuados a 3 cm do solo e o terceiro rente ao mesmo. No *Estilosantes* foram realizados 2 cortes da parte aérea, sendo o primeiro 120 dias após o plantio, a 5 cm do solo, e o segundo 60 dias após o primeiro, rente ao solo.

Após o último corte das duas espécies forrageiras, o sistema radicular foi coletado em duas partes de acordo com a separação das colunas.

Todo o material vegetal (parte aérea e sistema radicular) foi lavado com água desmineralizada e acondicionado em sacos de papel identificados, seco em estufa de circulação forçada, por 72 horas a 76°C, após o que foi obtido o peso de matéria seca. Em

seguida, a forragem resultante de cada corte foi triturada, em moinho tipo Willey, e acondicionada em frascos de vidro previamente identificados, para posteriores análises químicas.

3.6. Parâmetros analisados

Em cada corte nas espécies forrageiras foram avaliadas a produção de matéria seca da parte aérea. Após o último corte, o sistema radicular foi coletado em cada seção da coluna. Determinou-se na matéria seca da parte aérea os teores de K, Ca, Mg e S e estimou-se o teor de Proteína Bruta ($N \times 6,25$) e relação Ca/Mg.

Os teores dos nutrientes na matéria seca da parte aérea foram determinados da seguinte forma: N total pelo método semimicro Kjeldahl, segundo LIAO (1981), destilação e titulação de acordo com BREMNER & EDWARDS(1965); K, Ca, Mg e S através da digestão nitroperclórica (ZAROSKI & BURAU (1977), e a determinação no extrato, como se segue: K-Fotometria de chama; S total-turbidimetria (BLANCHAR et al, 1965), Ca e Mg - espectrofotometria de absorção atômica (SARRUGE & HAAG, 1974).

Das amostras de solo retiradas antes dos plantios das espécies forrageiras determinou-se pH, K^+ , Ca^{+2} , $S-SO_4^-$, Ca/Mg, Saturação de Alumínio (m%) e Saturação de Bases (V%).

O pH em água foi determinado por potenciometria, Ca e Mg trocáveis extraídos com KCl 1N e analisados por titulometria, teores de K foi extraído pelo Mehlich e analisados por fotometria de chama (VETTORI, 1969), teor de sulfato ($S-SO_4^-$) por turbidimetria (BLANCHAR et al, 1965), $m\% = Al^{+3}/t \times 100$ e $V\% = S/T \times 100$.

Os dados de produção e nutrição mineral das espécies forrageiras e das análises químicas do solo foram submetidos às análises de variância, regressão e correlação, utilizando-se para tanto o programa SANEST.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Alterações químicas no solo após a incubação, antes do cultivo

Os valores de alguns parâmetros químicos do solo estão apresentados no Quadro 4. Observa-se que, de maneira geral, ligeiros acréscimos nos valores de pH foram encontrados quando se utilizou o calcário dolomítico, o que provavelmente se deve à maior reatividade do mesmo quando comparado ao calcário calcítico. No entanto, não houve diferenças para este parâmetro em função das doses de gesso.

Quanto às bases trocáveis, não foram observadas diferenças entre as doses de gesso na combinação com os calcários. Este fato se deve possivelmente, à lixiviação de bases ocorridas durante o período de incubação, quando se aplicava água na superfície das colunas. O mesmo foi constatado por ALVES (1984) e DAL BO (1985) quando utilizaram combinações calcário-gesso. Os maiores teores de Ca^{+2} e Mg^{+2} quando utilizou os calcários calcítico e dolomítico, respectivamente, se deve aos maiores teores de CaO e MgO nestes corretivos. Apesar do gesso agrícola fornecer Ca para o solo, não foram observados aumentos nos teores deste cátion com a aplicação de doses crescentes de gesso, fato que também pode ser explicado pela lixiviação. De modo geral, houve aumento dos teores de S.SO_4^- em função das doses de gesso, exceto para a maior dose (G4), onde não se verifica este comportamento. De acordo com MARTINS (1991), o aumento da porcentagem de gesso agrícola nas misturas

corretivas fazem com que as doses de $S-SO_4^{=}$ se tornem altas demais para serem retidas nas camadas superficiais.

Quadro 4 - Análise química do LU após 85 dias de incubação, antes do cultivo (médias de 8 amostras).

trat.	pH	Ca ---meq/100cc---	Mg	K -----ppm-----	S-SO ₄ ⁼ -----ppm-----	m -----%-----	V
CG0	5,8	1,5	0,3	189	2,87	4	42
CG1	5,9	1,5	0,6	182	10,85	3	45
CG2	5,9	1,5	0,6	194	22,64	3	47
CG3	5,6	1,5	0,9	188	30,43	5	48
CG4	5,7	1,5	0,7	200	28,61	3	47
DG0	5,9	1,0	0,8	192	3,62	4	40
DG1	5,9	1,0	0,7	186	10,84	4	39
DG2	5,9	1,1	0,8	205	21,00	4	41
DG3	5,9	1,2	0,7	195	34,00	4	40
DG4	5,9	1,1	0,6	182	24,38	4	44

Análises realizadas nos Laboratórios de Análises Químicas de Solo - DCS/ESAL.

Quanto à saturação de alumínio e de bases, em todos os tratamentos, os valores destes parâmetros se apresentaram melhores que os dados iniciais do solo (Quadro 1), ou seja, houve redução nos valores de m e aumento de V. Quando se utilizou o calcário calcítico, obteve-se os maiores valores de V, possivelmente devido ao seu maior teor de CaO, não alcançando no entanto, o valor de V esperado ($V = 50\%$).

4.2. Crescimento e nutrição mineral das espécies forrageiras

4.2.1. Andropogon

4.2.1.1. Produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea

Observando-se os quadros 1A e 2A, nota-se que as doses de gesso influenciaram significativamente as produções de matéria seca (MS) do sistema radicular e da parte aérea do Andropogon, respectivamente.

Os comportamentos das produções de matéria seca das raízes nas profundidades de 0-15 cm, 15-30 cm e total, em função das doses crescentes de gesso, estão ilustradas na Figura 1. A análise de regressão mostra distribuição linear para as produções das raízes na profundidade de 15-30 cm e quadráticas para 0-15 cm e total. A maior produção total foi estimada na dose de 1,12 t/ha de gesso e os aumentos observados, nas duas profundidades estudadas, se deve ao maior teor de $S-SO_4^{2-}$ no solo, que foi crescente com o aumento das doses de gesso. (Quadro 4).

Somente a interação calcário-gesso agrícola se mostrou significativa para produção de matéria seca da parte aérea (Quadro 2A), cujo desdobramento revelou efeito quadrático nas diferentes combinações (Figura 2). HADDAD (1983) estudando diferentes níveis de enxofre aplicados na forma de gesso, juntamente com calcário dolomítico, encontrou efeito quadrático do S sobre a produção de matéria seca do Capim Colômbio.

O aumento observado na produção de matéria seca da parte aérea com as doses de gesso é devido provavelmente, assim como para as raízes, ao S adicionado ao solo pelo gesso. De acordo com FERRARI NETO (1991), solos com baixos teores de enxofre tem

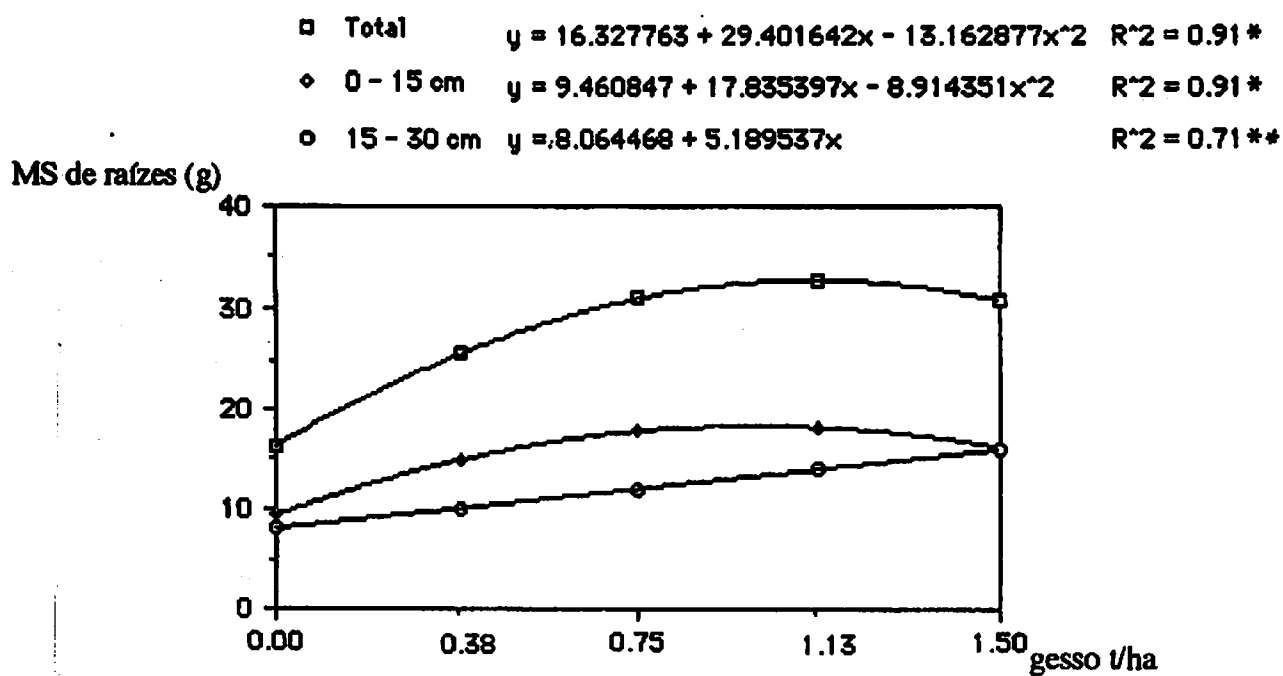


Figura 1 - Produção de matéria seca do sistema radicular do Andropogon, em função das doses de gesso.

- Calc. Calcítico $y = 13.898603 + 14.185911x - 7.09931516x^2$ $R^2 = 0.48^{**}$
◇ Calc. Dolomítico $y = 14.708010 + 12.1143241x - 5.98691638x^2$ $R^2 = 0.49^*$

MS da Parte Aérea
(g/coluna)

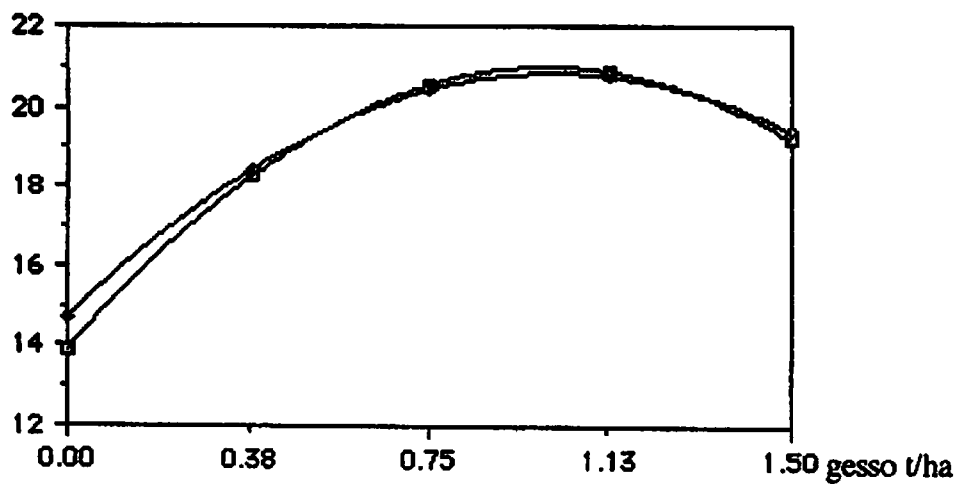


Figura 2 - Produção de matéria seca da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso e tipos de calcário.

grande possibilidade de respostas das plantas, a este nutriente. O solo em questão apresentava um teor inicial baixo de $S-SO_4^{2-}$ (Quadro 1). CASAGRANDE & SOUZA (1982), obtiveram respostas de 4 gramíneas forrageiras quanto à produção de matéria seca com a adição de S ao solo. CARVALHO et al (1992) constataram pequeno aumento, porém significativo, de adição de S na profundidade de 0-15 cm sobre a produção de matéria seca do Capim Gordura. Através da técnica do elemento faltante, FERRARI NETO (1991) observou redução na produção de matéria seca de Capim Colômbio e Braquiária, na parte aérea e raízes, quando foi omitido ao S na adubação.

O aumento do sistema radicular com o tempo, também influencia a produção de matéria seca da parte aérea, o que é confirmado pelo coeficiente de correlação altamente significativo entre a produção de matéria seca do sistema radicular da parte aérea (Quadro 11A).

Através do Quadro 2A e Figura 2 observa-se semelhança na resposta da produção de matéria seca entre os calcários calcítico e dolomítico, mostrando não haver diferenças entre estes sobre a produção da parte aérea do Capim Andropogon, quando combinados com gesso agrícola.

Não foram observados efeitos significativos para as interações entre calcário, gesso e corte (Quadro 2A). Para o fator corte, significativo ao nível de 1%, houve diferenças entre as produções de matéria seca, ou seja, a maior produção ocorreu no terceiro corte (165 dias) realizado na parte aérea. Isto foi devido à própria fisiologia da planta que tem um aumento do número de perfilhos à medida que se sucedem os cortes, aumentando a produção de matéria seca com o tempo.

4.2.1.2. Proteína Bruta

A porcentagem de proteína bruta - PB ($N\% \times 6,25$) (Figuras 3 e 4) na parte aérea do *Andropogon* foi influenciada de maneira significativa pela interação calcário x gesso x corte (Quadro 3A). Houve resposta quadrática, exceto para a combinação gesso-calcário calcítico no 2º corte, onde ocorreu resposta linear. HADDAD (1983) obteve distribuição quadrática para os dados referentes ao teor de proteína bruta na matéria seca do Capim Colômbio, quando empregou doses crescentes de S na forma de gesso agrícola. Isto porque o S está intimamente ligado ao metabolismo do N, convertendo-o em proteína (VITTI, 1988). CARVALHO et al (1986) obtiveram aumento no teor de N em folhas de milho, com o aumento das doses de gesso.

Os menores teores de proteína bruta foram obtidos nas doses de gesso onde foram encontrados, de maneira geral, as maiores produções de matéria seca da parte aérea (Figura 2) havendo portanto, um efeito de diluição. De acordo com Jardim et al (1962), citados por MALAVOLTA et al (1974), o valor mínimo de proteína bruta necessário para bovinos em engorda é de 8%, valor este atingido somente no 1º corte, nos 2 tipos de calcário, e 2º corte, no calcário dolomítico.

Houve uma redução nos teores de proteína bruta com os cortes, o que segundo FERRARI NETO (1991) pode ser devido a uma menor quantidade de N disponível no solo para a rebrota. No entanto, de acordo com ANGHINONI et al (1989), há uma diminuição na taxa de absorção máxima da planta com a idade. A este respeito, ORELLANA(1981) constatou uma diminuição no teor de N no *Andropogon* com o aumento da idade.

- 1º Corte $y = 11.849199 - 5.3837373x + 3.61657491x^2$ $R^2 = 0.46^{**}$
 ◇ 2º Corte $y = 6.794246 + 0.53115871x$ $R^2 = 0.41^{**}$
 ○ 3º Corte $y = 6.592137 - 2,1724278x + 1,25717894x^2$ $R^2 = 0.91^{**}$

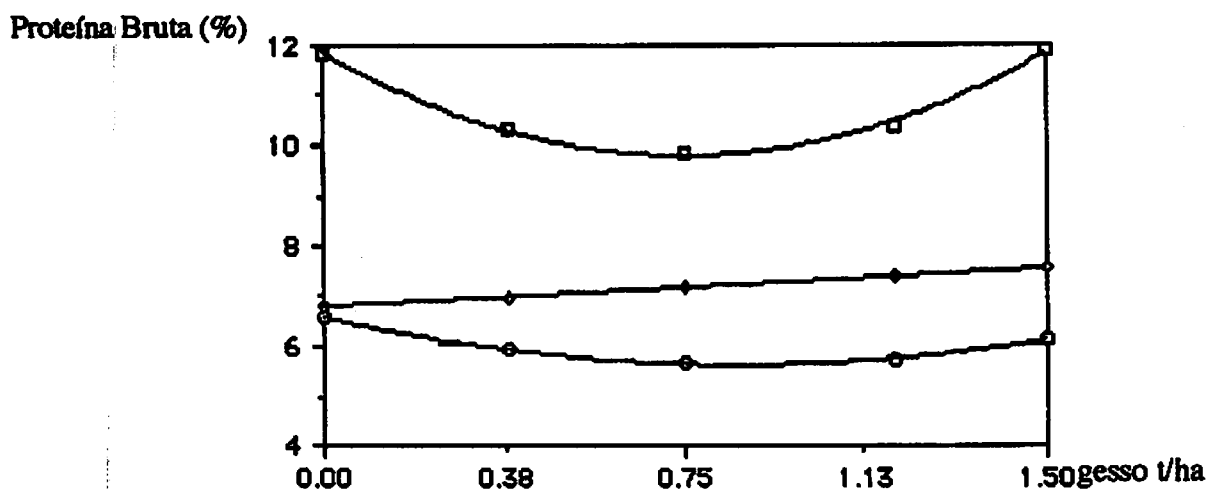


Figura 3 - Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

- 1º Corte $y = 10.291163 - 0.9615441x + 1.92075465x^2$ $R^2 = 0.59^{**}$
 ◇ 2º Corte $y = 8.540736 - 2.7886370x + 1.11521455x^2$ $R^2 = 0.80^{**}$
 ○ 3º Corte $y = 7.539741 - 2.9813348x + 1.16174948x^2$ $R^2 = 0.93^{**}$

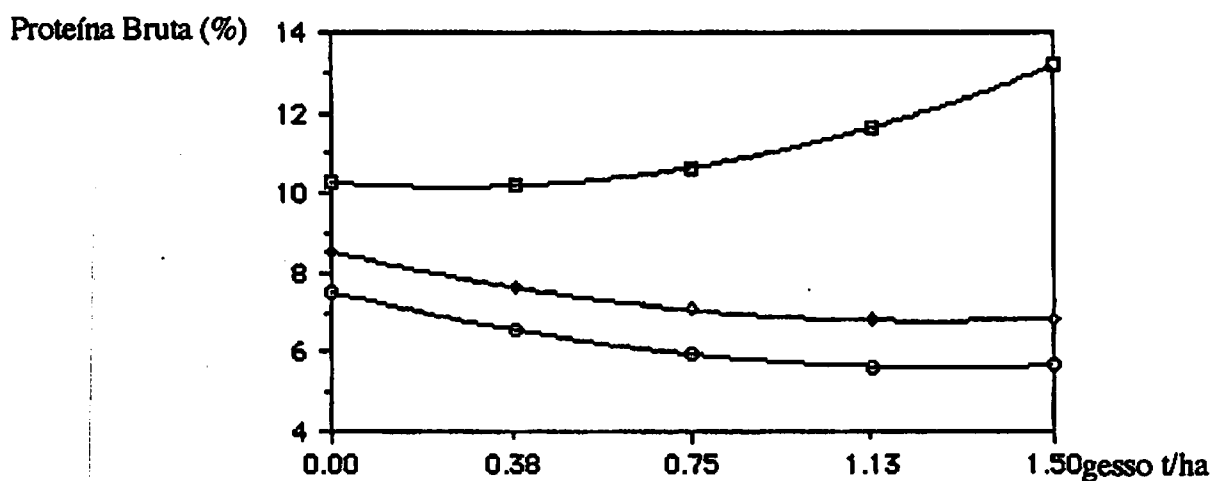


Figura 4 - Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

4.2.1.3. Cálcio

De modo geral, observou-se resposta quadrática para os teores de Ca^{+2} na parte aérea (Figuras 5 e 6). Os maiores teores de cálcio foram obtidos quando se utilizou o calcário calcítico, por este ter um maior teor de CaO em comparação com o calcário dolomítico.

As doses de gesso promoveram aumento nos teores de Ca na parte aérea, sendo que os maiores teores foram obtidos, de modo geral, quando se utilizou 0,80 t/ha de gesso agrícola. Diversos trabalhos têm demonstrado aumento nos teores de Ca na parte aérea do milho (CARVALHO et al, 1986; GUILHERME, 1986; FERREIRA, 1991), e do Capim Colonião (HADDAD, 1983; MONTEIRO & CARRIEL, 1987) com o aumento das doses de gesso. Verificou-se que os teores foram crescentes com os cortes (Figura 5 e 6). No entanto, MONTEIRO & CARRIEL (1987) trabalhando com Capim Colonião e ORELLANA (1981) com *Andropogon*, não constataram efeito da idade das plantas sobre a absorção de Ca^{+2} .

4.2.1.4. Magnésio

Os teores de Mg na parte aérea foram influenciados pelos tratamentos (Quadro 4A), diferindo entre os 3 cortes (Figuras 7 e 8). Em todos os tratamentos, os valores encontrados foram próximos ou superiores ao considerado ideal para o *Andropogon gayanus*, ou seja, 0,16% de Mg (MALAVOLTA, 1987). A nutrição da forragem em Mg é importante também em relação à nutrição animal, pois os animais, principalmente vacas leiteiras, ao se alimentarem com plantas deficientes em Mg podem sofrer de deficiência deste nutriente o que pode ocasionar o aparecimento da doença chamada "Tetania das Pastagens" (NEPTUNE, 1986; KAMINSKI,

$$\square \text{ 2º Corte } y = 0.401724 + 0.1546656x - 9.451660e-2x^2 \quad R^2 = 0.63^{**}$$

$$\diamond \text{ 3º Corte } y = 0.450557 + 0.5683107x - 0.31995719x^2 \quad R^2 = 0.70^{**}$$

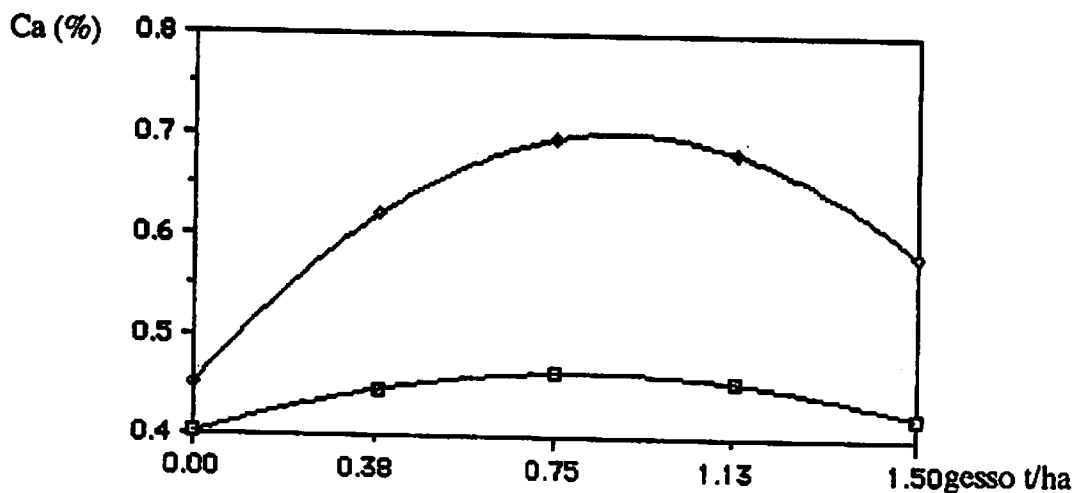


Figura 5 - Teores de Cálcio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

$$\square \text{ 1º Corte } y = 0.421642 + 9.59019e-2x - 8.474639e-2x^2 \quad R^2 = 0.76^{**}$$

$$\diamond \text{ 2º Corte } y = 0.499688 - 6.40804e-2x \quad R^2 = 0.88^{**}$$

$$\circ \text{ 3º Corte } y = 0.542873 + 0.2238185x - 0.13662017x^2 \quad R^2 = 0.89^{**}$$

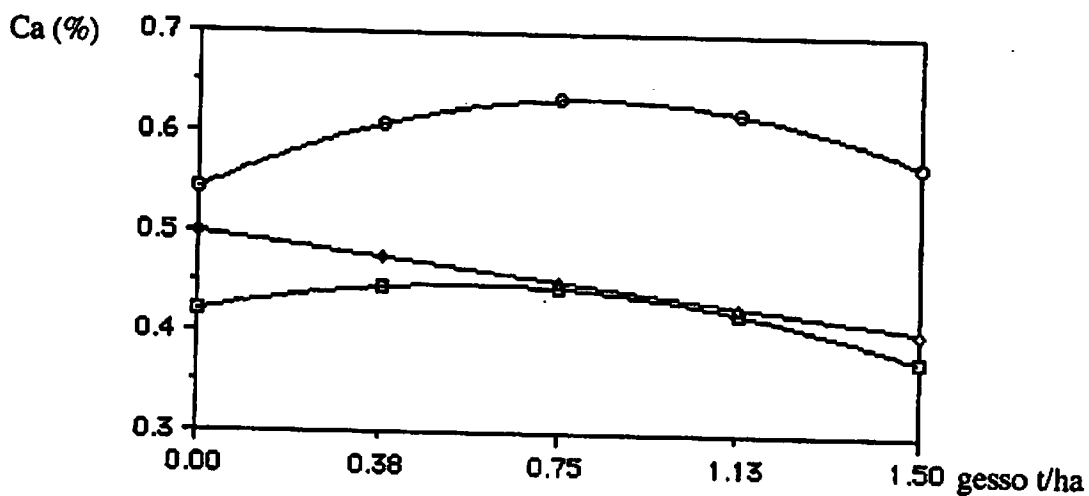


Figura 6 - Teores de Cálcio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

□ 1ª Corte $y = 0.167534 + 0.1288049x - 4.888644e-2x^2$ $R^2 = 0.89**$
 ◇ 2ª Corte $y = 0.157445 + 0.175249x - 8.106050e-2x^2$ $R^2 = 0.98**$
 ○ 3ª Corte $y = 0.184456 + 0.1867679x - 5.598420e-2x^2$ $R^2 = 0.92**$

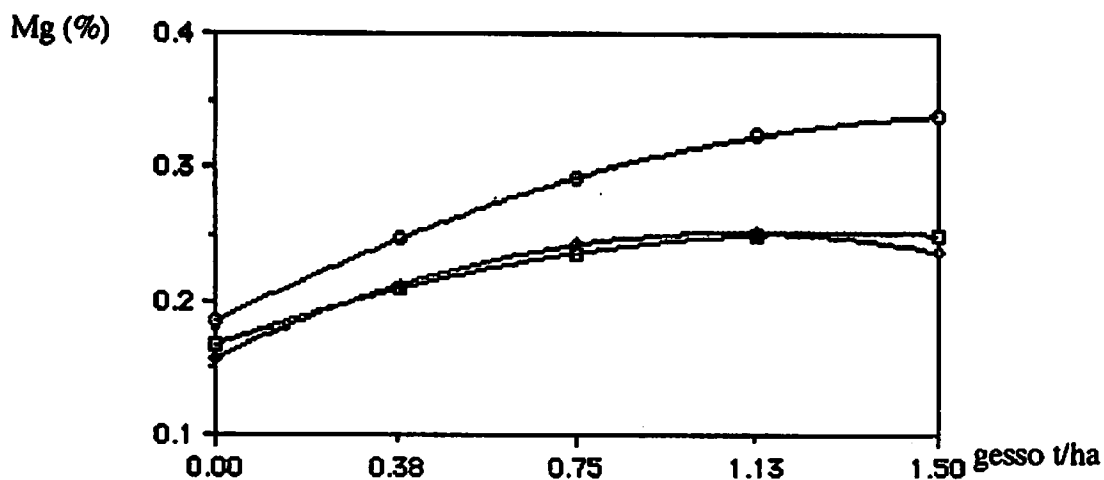


Figura 7 - Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

□ 1ª Corte $y = 0.273819 - 5.81042e-2x + 2.937750e-2x^2$ $R^2 = 0.69*$
 ◇ 2ª Corte $y = 0.215833 + 0.1311244x - 6.074761e-2x^2$ $R^2 = 0.73**$
 ○ 3ª Corte $y = 0.250837 + 0.2913936x - 0.14344666x^2$ $R^2 = 0.81**$

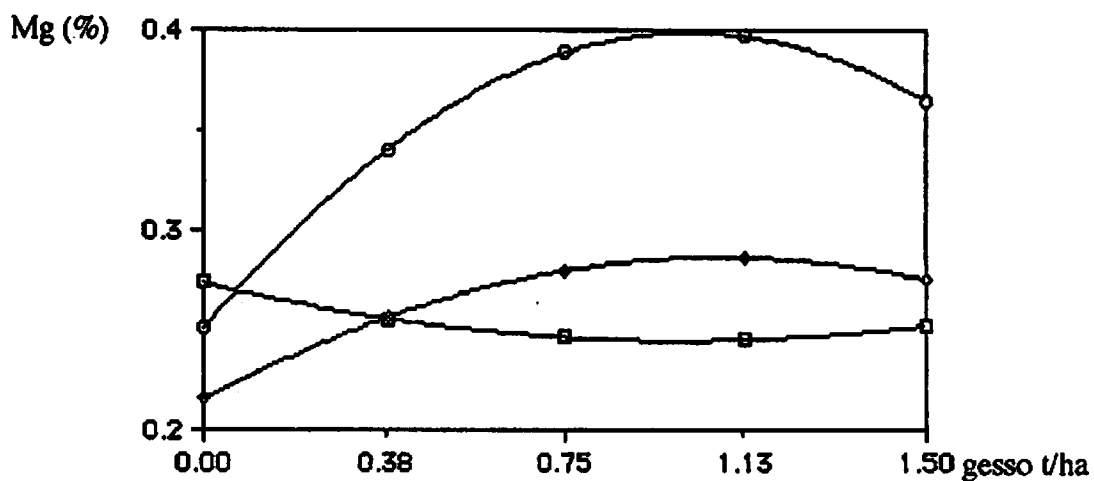


Figura 8 - Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

1989). Os maiores teores de Mg encontrados nas combinações com calcário dolomítico são devidos ao maior teor de MgO neste corretivo, propiciando maiores teores na planta.

4.2.1.5. Potássio

Nas Figuras 9 e 10 estão representados os teores de K na parte aérea do *Andropogon*. Observa-se, de maneira geral, que a tendência foi diminuir o teor na parte aérea com o aumento das doses de gesso, indicando um efeito diluição, por ter-se os menores teores de K nas doses onde se obteve as maiores produções de matéria seca da parte aérea, estando estes teores abaixo do considerado ideal para o *Andropogon* (MALAVOLTA, 1987).

Como observado para a PB, houve uma diminuição dos teores de K com o tempo. O mesmo foi constatado por ORELLANA (1981), nesta mesma espécie forrageira, e FERRARI NETO (1991) em Capim Colonião e Braquiária, o que pode ser explicado por uma menor disponibilidade de K no solo para as plantas, com a sucessão de cortes ou uma menor absorção pelas plantas devido à idade destas.

4.2.1.6. Enxofre

Para os teores de enxofre na parte aérea houve influência das doses de gesso somente na combinação com o calcário calcítico (Figura 11).

Como esperado, a aplicação de doses crescentes de gesso promoveu aumento nos teores de enxofre na matéria seca da parte aérea ao aumentar a sua disponibilidade no solo (Quadro 4), confirmando a capacidade do gesso em fornecer enxofre para o solo,

□ 1º Corte $y = 2.077863 - 0.5212376x + 0.47133491x^2$ $R^2 = 0.61^{**}$
 ◇ 3º Corte $y = 1.559126 - 0.9806524x + 0.44620054x^2$ $R^2 = 0.82^{**}$

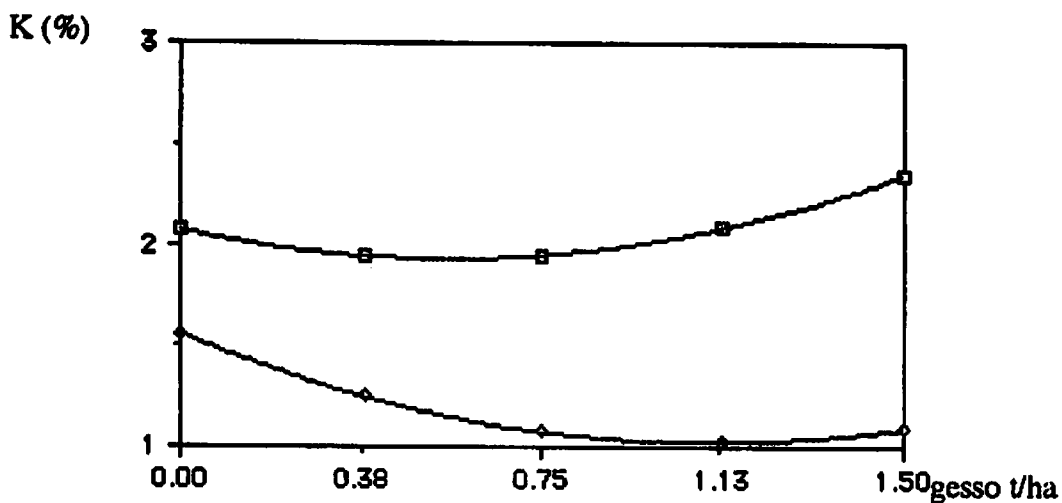


Figura 9 - Teores de Potássio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

□ 1º Corte $y = 2.211659 - 0.5857494x + 0.50347708x^2$ $R^2 = 0.84^{**}$
 ◇ 2º Corte $y = 1.876479 - 0.6201178x + 0.34820926x^2$ $R^2 = 0.37^{**}$
 ○ 3º Corte $y = 1.734538 - 1.2740464x + 0.56987206x^2$ $R^2 = 0.84^{**}$

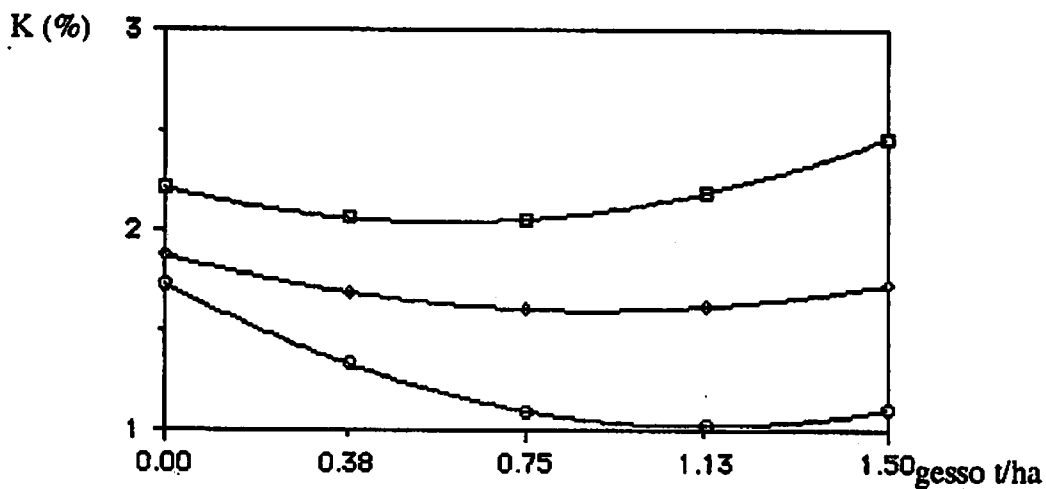


Figura 10 - Teores de Potássio (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

□ Calc Calcítico $y = 5.8802e-2 + 1.59997e-2x$ $R^2 = 0.96^{**}$

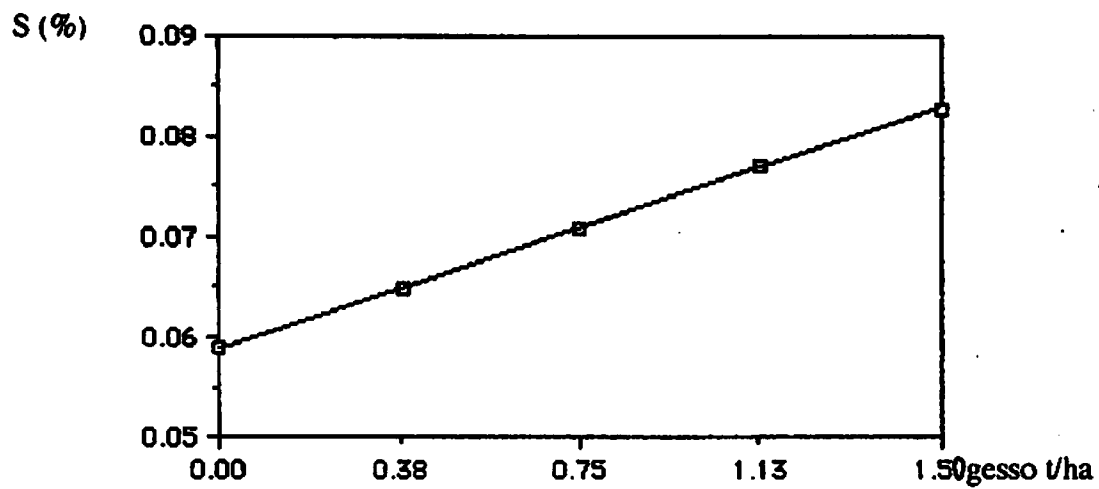


Figura 11 - Teores do Enxofre (%) na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

afetando de maneira positiva os teores na parte aérea. O mesmo foi constatado por CARVALHO et al (1986), GUILHERME (1986) e FERREIRA (1991) em milho e, HADDAD (1983) e MONTEIRO & CARRIEL (1987) em Capim Colonião.

Observa-se pela Figura 11 que o teor de S foi superior ao considerado ideal para as plantas, que se situa entre 0,02 a 1,8% da matéria seca (VITTI et al, 1988), sendo que para *Andropogon gayanus* este valor é de 0,05% (MALAVOLTA, 1987). Não houve diferenças nos teores de S com o tempo, o que pode ter ocorrido em função dos teores no solo não serem limitantes. ORELLANA (1981) constatou que a concentração de S na parte aérea do *Andropogon* não foi afetada com a idade da planta.

4.2.1.7. Relação Ca/Mg

Os valores da relação Ca/Mg na matéria seca da parte aérea do *Andropogon* foram influenciados significativamente pelas doses de gesso e tipos de calcário havendo diferenças com o tempo (Quadro 5A) e mostrando resposta quadrática (Figura 12 e 13). Observa-se também, um efeito diluição, ou seja, maiores relações ocorreram quando se obteve as menores produções de matéria seca da parte aérea.

A maior influência sobre o valor de Ca/Mg foi exercida pelo teor de Mg (Quadro 13A) na parte aérea, ou seja, os aumentos observados nos teores de Mg (Figuras 7 e 8) diminuíram os valores das relações, o que foi constatado por MARUN (1990). FERREIRA (1991) constatou acréscimos nas relações com o aumento do teor de Ca na parte aérea do milho. Os menores valores nas combinações com o calcário dolomítico se justificam pelo maior teor de Mg presente neste corretivo, proporcionando maior teor na planta, diminuindo conseqüentemente as relações.

- 1º Corte $y = 2.535053 - 1.2915064x + 0.59776096x^2$ $R^2 = 0.89^{**}$
 ◇ 2º Corte $y = 2.712876 - 1.6514203x + 0.80187042x^2$ $R^2 = 0.87^{**}$
 ○ 3º Corte $y = 2.729322 - 1.0559285x + 0.72598638x^2$ $R^2 = 0.53^{**}$

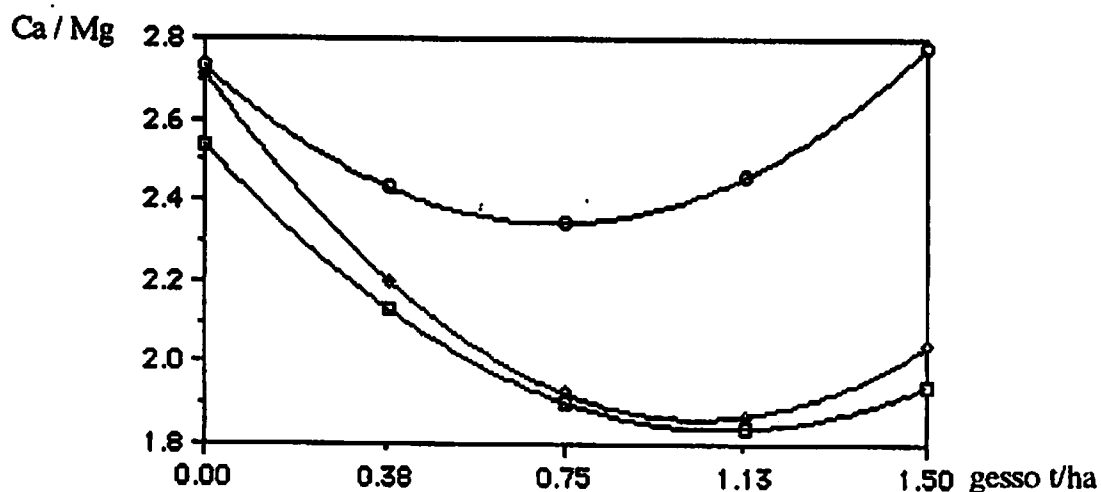


Figura 12 - Relação Ca/Mg na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

- 1º Corte $y = 1.546663 + 0.5701510x - 0.41973695x^2$ $R^2 = 0.87^{**}$
 ◇ 2º Corte $y = 2.213306 - 0.9987079x + 0.32798193x^2$ $R^2 = 0.93^{**}$
 ○ 3º Corte $y = 2.062713 - 0.8885655x + 0.37848773x^2$ $R^2 = 0.98^{**}$

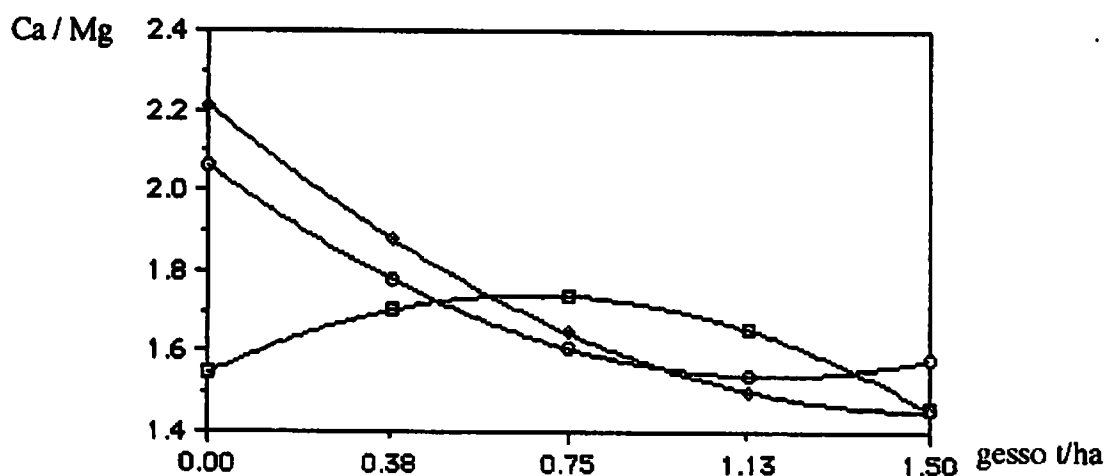


Figura 13 - Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Andropogon, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

4.2.2. Estilosantes

4.2.2.1. Produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea

As produções de matéria seca do sistema radicular (Quadro 6A) e da parte aérea (Quadro 7A) do Estilosantes sofreram influência apenas da aplicação das doses de gesso, não sendo observados efeitos das interações sobre estes parâmetros.

Na produção de matéria seca das raízes, o aumento das doses de gesso, independente do calcário utilizado nas combinações, promoveu resposta quadrática na profundidade de 0-15 cm e total (Figura 14) e na maior profundidade, não houve diferenças significativas entre as doses de gesso, possivelmente devido à uma certa tolerância da leguminosa a valores de m% elevados. Em estudo com soja, MARTINS (1991) concluiu que as diferenças não significativas para a produção de raízes, em maiores profundidades, se deve a uma certa tolerância da leguminosa a valores elevados de m% nas camadas subsuperficiais. As maiores produções de raízes na camada de 0 - 15 cm e total foram estimadas nas doses de 0,97 e 0,82 t/ha de gesso, respectivamente. Com exceção das doses extremas de gesso (0,00 e 1,50 t/ha), praticamente não houve diferença entre as doses intermediárias usadas.

A produção de matéria seca da parte aérea da leguminosa teve influência somente das doses de gesso, não variando com o tempo (Figura 15), sendo o aumento observado devido, possivelmente, aos teores de enxofre no solo. Em trabalhos com soja (CASAGRANDE et al, 1982; OATES & CALDWELL, 1985; NOVAIS et al, 1989), *Stylosanthes guyanensis* (MILLER & JONES, 1977) e *S. gracilis* (MILTON & QUAGLIATO, 1970) constataram-se respostas à adições de S ao solo, na forma de gesso ou de H₂SO₄. Houve resposta quadrática, sendo que a maior produção foi estimada na dose de 1,13 t/ha de gesso agrícola. Para a produção máxima de matéria seca de

- Total $y = 7.466224 + 3.177660x - 1.942787x^2$ $R^2 = 0.99^{**}$
◇ 0 - 15 cm $y = 3.341811 + 1.682474x - 0.865099x^2$ $R^2 = 0.96^{**}$

MS de raízes (g)

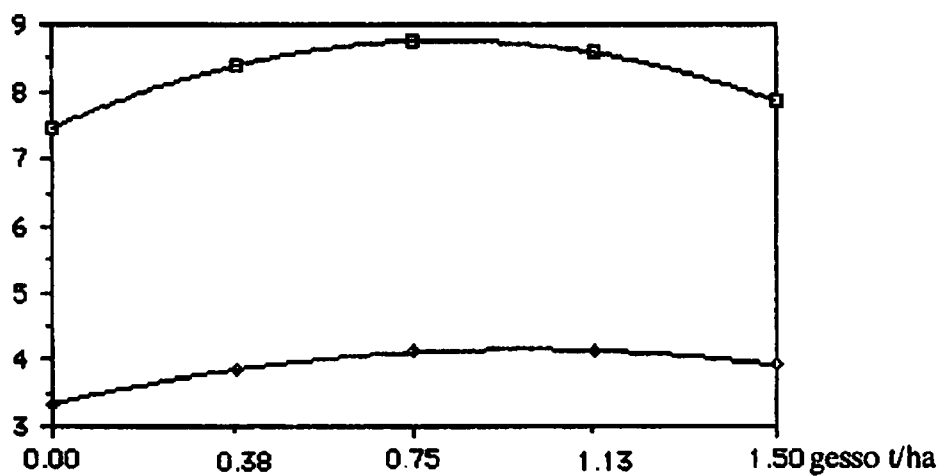


Figura 14 - Produção de matéria seca do sistema radicular do Estilosantes, em função das doses de gesso.

□ Prod. Total $y = 18.306995 + 9.8131604x - 4.34980580x^2$ $R^2 = 0.8744$

MS da parte aérea
(g/columna)

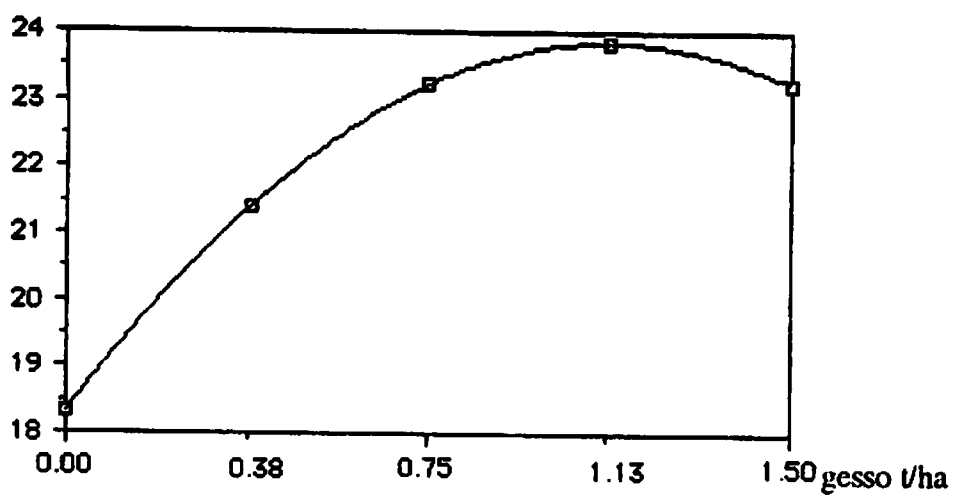


Figura 15 Produção da matéria seca da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso.

Stylosanthes guyanensis, MILLER & JONES (1977) relatam serem necessários 20-50kg/ha de S. No presente estudo, a dose de 1,13t/ha (maior produção) corresponde a 169,5kg/ha de S, considerando como 15% (VITTI et al, 1986) o teor de S no gesso. De acordo com MALAVOLTA et al (1974), as leguminosas exigem quantidades bastante elevadas de S para o seu perfeito desenvolvimento.

Não houve correlação significativa entre as produções de raízes e parte aérea (Quadro 11A).

4.2.2.2. Proteína Bruta

Os teores de proteína bruta-PB (N% x 6,25) (Figuras 16 e 17), foram influenciados de maneira altamente significativa pela interação calcário x gesso x cortes (Quadro 8A). De modo geral, os maiores teores de PB foram obtidos nas combinações que não utilizaram gesso (0,00 t/ha). No 1º corte, na combinação com o calcário calcítico, o maior teor foi alcançado na dose de 0,57 t/ha de gesso, podendo-se observar que os teores decresceram com o aumento das doses de gesso. Numa primeira análise, pode-se considerar que estes dados estão discordando de trabalhos que constataram a importância do enxofre nos teores de N e proteína bruta em leguminosas, ou seja, em estudos com *S. humilis* (ANDREW, 1977) e *S. guyanensis* (MILLER & JONES, 1977) foram observadas influências positivas dos níveis de S no solo sobre os teores de N e PB. No presente estudo, o que provavelmente ocorreu foi um efeito diluição dos teores com o aumento da produção da parte aérea, já que os menores valores de PB, principalmente no 2º corte, foram obtidos próximos da dose de gesso onde ocorreu maior crescimento da parte aérea (1,13 t/ha), sendo observado correlação significativa entre estas duas variáveis (Quadro 12A). Em feijão Guandu, COSTA et al (1989) não observaram este efeito diluição.

□ 1^o Corte $y = 9.215347 + 1.5501256x - 1.36525244x^2$ $R^2 = 0.61^{**}$
 ◇ 2^o Corte $y = 9.252847 - 4.1266219x + 1.87287102x^2$ $R^2 = 0.98^{**}$

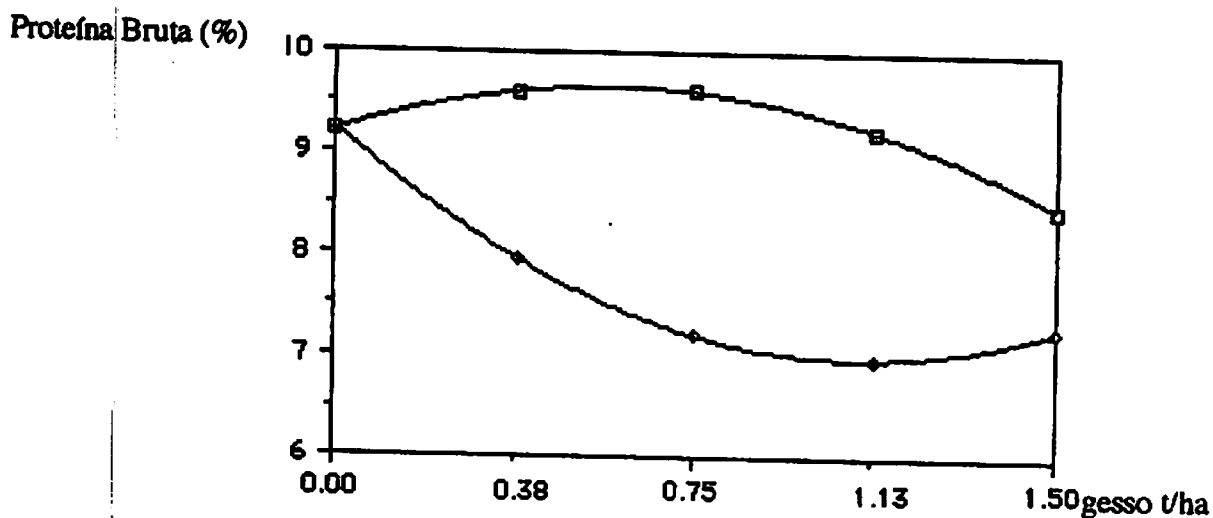


Figura 16 - Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

□ 1^o Corte $y = 11.022602 - 1.5978756x$ $R^2 = 0.80^{**}$
 ◇ 2^o Corte $y = 8.491570 - 2.3138062x + 1.02852355x^2$ $R^2 = 0.46^{**}$

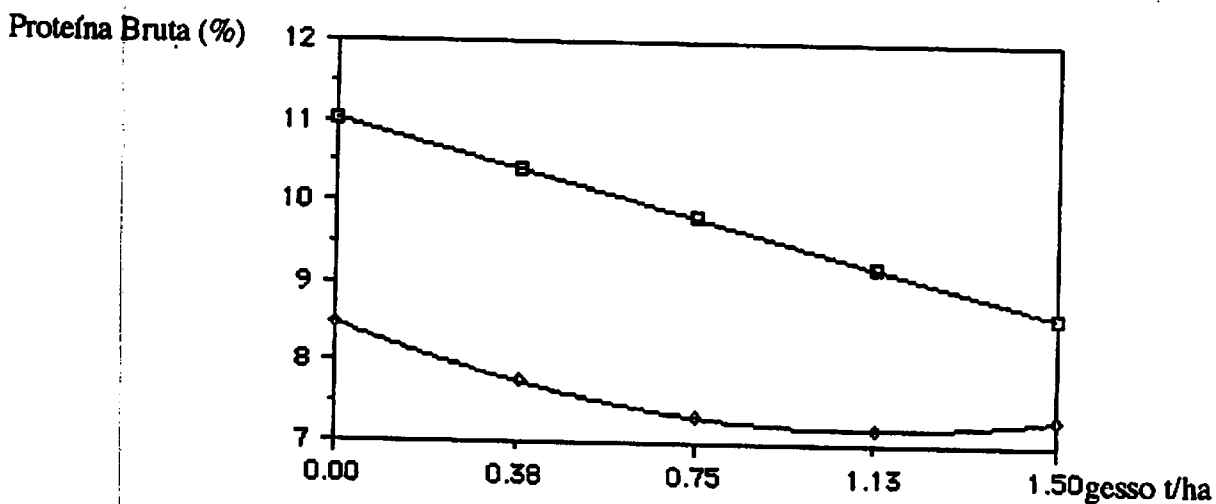


Figura 17 - Teores de Proteína Bruta (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

Observou-se correlação significativa entre os teores de S e PB na parte aérea da planta (Quadro 13A). ANDREW (1977) encontrou ótimas correlações entre os teores de S e PB, já que uma das funções do S é a conversão do N não protéico em proteína (VITTI et al, 1988). Possivelmente os maiores teores obtidos quando se utilizou o calcário dolomítico foram devidos à influência do Mg no metabolismo do N (MALAVOLTA, 1980). Observou-se um decréscimo nos teores de proteína bruta com o tempo o que pode ser devido a uma queda na observação máxima da planta com a idade (ANGHINONI et al, 1989) ou um menor teor de N disponível.

4.2.2.3. Cálcio

Para os teores de Ca na parte aérea a interação Calcário x Gesso x Cortes se mostrou significativa Quadro 9A. As doses de gesso influenciaram os teores apenas nas combinações com o calcário calcítico (Figura 18), não havendo resposta para o calcário dolomítico. Os maiores teores de Ca foram obtidos nas doses 1,50 e 0,00 t/ha de gesso, para o 1º e 2º cortes, respectivamente. No 1º corte verificou-se um acréscimo nos teores de Ca com o aumento das doses de gesso, devido a um maior fornecimento de Ca pelo produto. A este respeito, FERREIRA (1991) constatou uma tendência de aumento na absorção de Ca por plantas de feijão com o uso de doses crescentes de gesso, sendo que a menor absorção ocorreu na dose 0 (zero). QUAGGIO et al (1982) em plantas de amendoim, também constataram acréscimos nos teores foliares com o aumento das doses de gesso em combinação com calcário dolomítico.

No 2º corte, houve uma inversão dos dados, ou seja, diminuição dos valores com o aumento das doses de gesso, ocorrendo um efeito diluição. Como verificado para a PB, os teores de Ca decresceram com o tempo. De acordo MALAVOLTA et al (1974), a

□ 1º Corte $y = 1.252852 - 0.6236957x + 0.62020775x^2$ $R^2 = 0.84**$
◇ 2º Corte $y = 0.958867 - 9.22434e-2x$ $R^2 = 0.34**$

Ca (%)

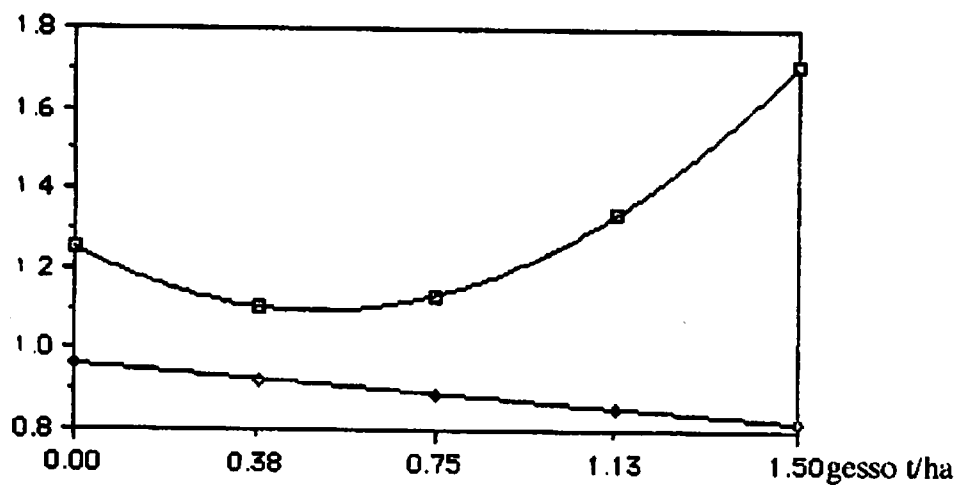


Figura 18 Teores de Cálcio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso - Calcário calcítico.

intensidade de absorção de um nutriente é maior ou menor de acordo com o período considerado.

4.2.2.4. Magnésio

Para os teores de Mg, a interação Calcário x Gesso x Cortes foi significativa (Quadro 9A), cujos desdobramentos são representados nas Figuras 19 e 20. Observa-se que, de maneira geral, os teores de Mg na parte aérea do Estilosantes foram crescentes com o aumento das doses de gesso, sendo bem superiores quando se utilizou o calcário dolomítico devido ao seu maior teor de MgO. O mesmo foi observado por FERREIRA (1991) em feijão. Em todas as situações os maiores teores de Mg foram obtidos na dose 1,50 t/ha de gesso. Assim como para a PB e o Ca, os teores de Mg foram maiores no 1º corte, ou seja, houve uma diminuição dos teores de Mg com a idade da planta.

4.2.2.5. Potássio

O fator gesso se mostrou significativo para os teores de K na parte aérea da leguminosa (Quadro 9A) não havendo diferenças entre os dois calcários. A resposta linear (Figura 21), demonstra o aumento nos teores com a utilização das doses crescentes de gesso. Os maiores teores de Ca fornecidos pelo gesso pode ter aumentado os teores de K na solução do solo, devido à uma competição pelos sítios de troca, aumentando assim a absorção.

O maior teor (1,17% K) foi obtido na dose de 1,50 t/ha de gesso, podendo-se dizer que os teores acompanharam a produção da matéria seca não ocorrendo um efeito diluição. A correlação significativa entre produção de MS da parte aérea e teor de K na planta ($r=0,61^*$) confirma tal fato (Quadro 12A). No entanto, em plantas de amendoim,

□ 1º Corte $y = 0.198725 - 2.17933e-2x + 1.6726889e-2x^2$ $R^2 = 0.40*$
 ◇ 2º Corte $y = 0.143460 + 1.73401e-2x$ $R^2 = 0.52**$

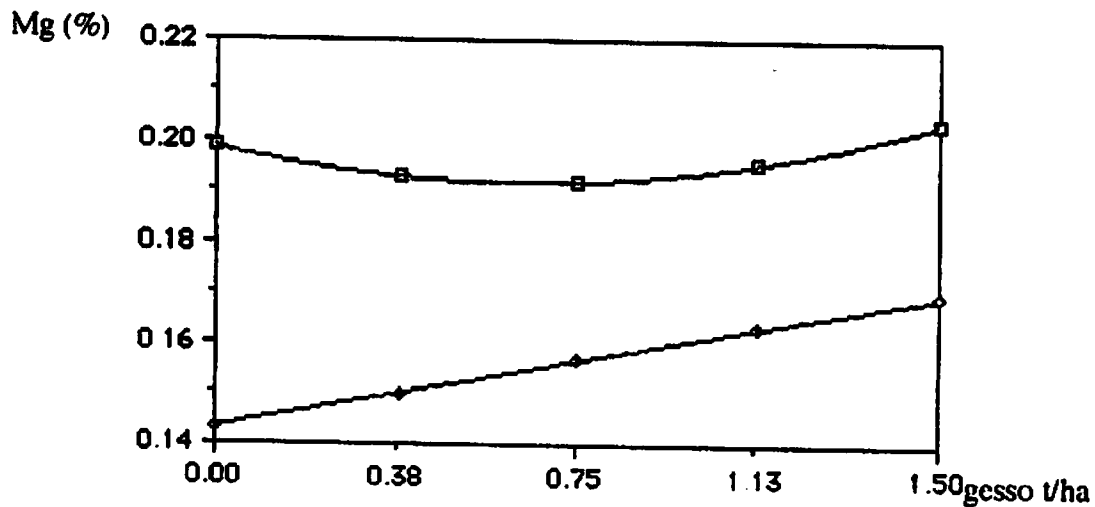


Figura 19 Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes em função das doses de gesso - calcário calcítico.

□ 1º Corte $y = 0.201144 + 6.57361e-2x - 1.308180e-2x^2$ $R^2 = 0.59*$
 ◇ 2º Corte $y = 0.174856 - 5.2711e-3x + 2.433772e-2x^2$ $R^2 = 0.88**$

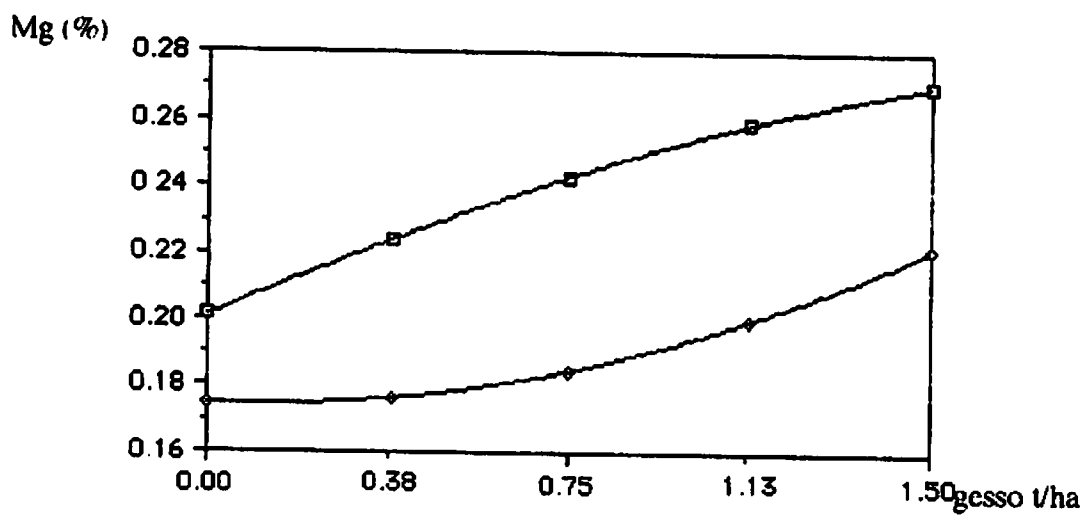


Figura 20 - Teores de Magnésio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

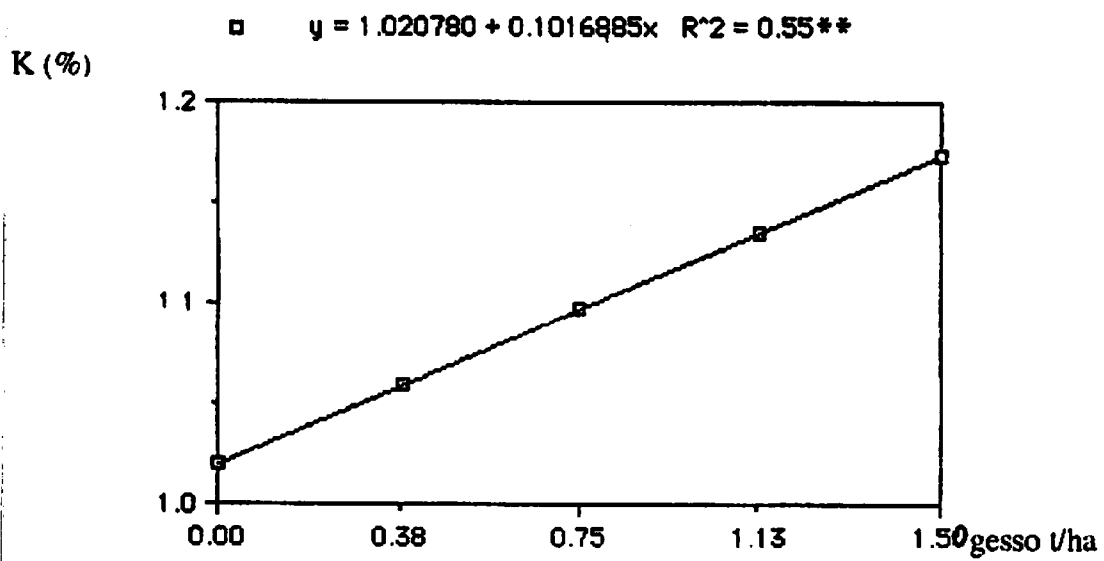


Figura 21 - Teores de Potássio (%) na MS da parte aérea do Estilosantes em função das doses de gesso.

QUAGGIO et al (1982) não verificaram alterações nos teores de K sob influência de diferentes combinações calcário-gesso.

4.2.2.6. Enxofre

Nas figuras 22 e 23 são ilustrados os teores de enxofre na matéria seca da parte aérea. Verificou-se acréscimos nos teores de S com o aumento das doses de gesso, sendo que de maneira geral os maiores valores foram obtidos na dose máxima de gesso (1,50 t/ha) devido ao maior fornecimento de $S-SO_4^{2-}$ pelo gesso, aumentando conseqüentemente a sua absorção. ANDREW (1977), trabalhando com 7 leguminosas tropicais e 5 temperadas e MILTON & QUAGLIATO (1970) estudando *S. gracilis*, constataram aumentos nas concentrações de S com o aumento das doses de gesso, confirmando o uso do gesso agrícola como uma excelente fonte de S. Segundo WERNER & MONTEIRO (1988), o S absorvido pela planta em quantidade excedente a requerida na síntese de proteína, acumula-se no tecido, principalmente na forma de sulfato. Por outro lado QUAGGIO et al (1982) não encontraram alterações nos teores de S em plantas de amendoim quando utilizaram diferentes combinações calcário-gesso.

Verificou-se que os teores foram crescentes com o tempo, ou seja, no 2º corte houve maior concentração de enxofre. No entanto, em *S. gracilis* MILTON & QUAGLIATO (1970) constataram que o teor de S decresceu com a idade da planta.

4.2.2.7. Relação Ca/Mg

Com exceção do 1º corte, quando na combinação com o calcário calcítico, verificou-se decréscimos nos valores das relações Ca/Mg com o aumento das doses

$$\square \text{ 1º Corte } y = 5.2968e-2 + 1.59997e-2x \quad R^2 = 0.90^{**}$$

$$\diamond \text{ 2º Corte } y = 4.1876e-2 + 6.53248e-2x \quad R^2 = 0.91^{**}$$

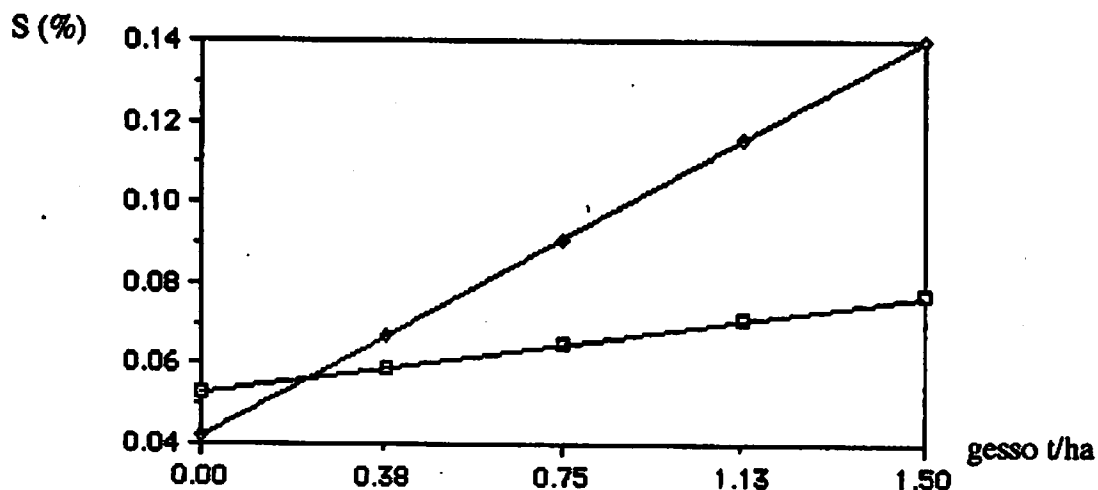


Figura 22 - Teores de Enxofre (%) na MS da parte aérea do Estilosantes em função das doses de gesso - calcário calcítico.

$$\square \text{ 1º Corte } y = 4.1881e-2 + 5.89207e-2x - 3.033835e-2x^2 \quad R^2 = 0.91^{**}$$

$$\diamond \text{ 2º Corte } y = 6.6423e-2 + 3.73361e-2x \quad R^2 = 0.90^{**}$$

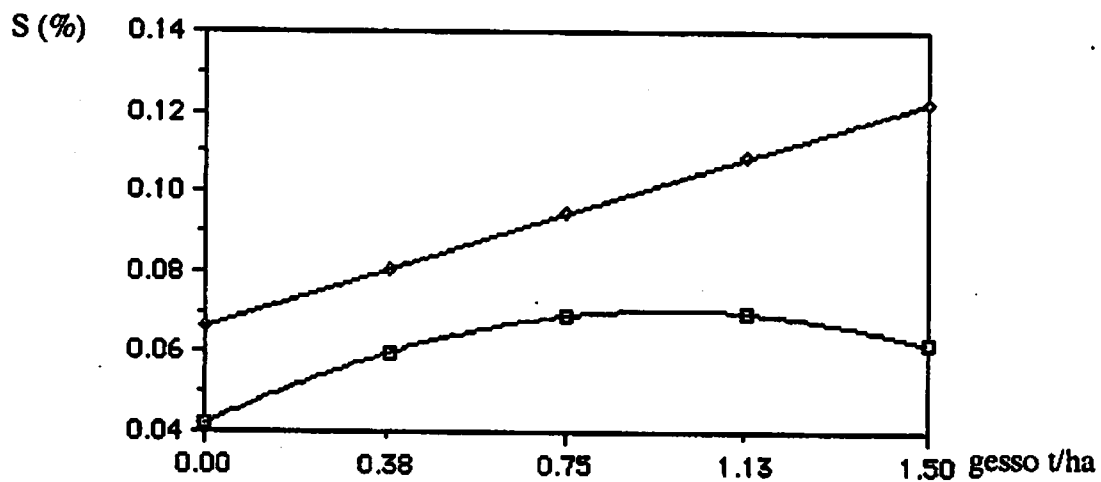


Figura 23 - Teores de Enxofre (%) na MS da parte aérea do Estilosantes em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

de gesso (Figuras 24 e 25). Na dose de 1,13 t/ha de gesso, onde obteve-se a maior produção de matéria seca da parte aérea, os valores de Ca/Mg foram sempre superiores ao considerado ideal para as plantas, ou seja, 4:1. Nas combinações das doses de gesso com calcário dolomítico deteve-se os menores valores das relações Ca/Mg devido ao maior teor de MgO neste corretivo.

De maneira geral, observa-se que as relações Ca/Mg decresceram com a idade da planta, acompanhando os teores de Ca (Figura 18) e Mg (Figuras 19 e 20) na parte aérea, encontrando-se correlações significativas entre estes (Quadro 13A).

- 1^o Corte $y = 6.340034 - 2.6799595x + 2.52172482x^2$ $R^2 = 0.64^{**}$
 ◇ 2^o Corte $y = 6.680566 - 1.0512842x$ $R^2 = 0.57^{**}$

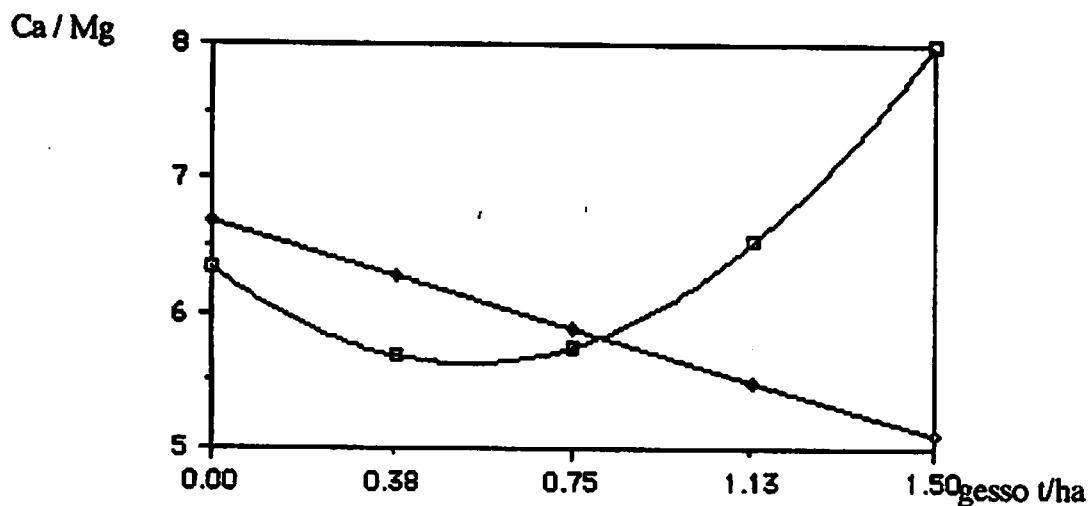


Figura 24 - Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso - calcário calcítico.

- 1^o Corte $y = 5.810454 - 1.7517350x + 0.46866959x^2$ $R^2 = 0.90^{\#}$
 ◇ 2^o Corte $y = 5.005500 - 9.65512e-2x - 0.44628121x^2$ $R^2 = 0.98^{\#}$

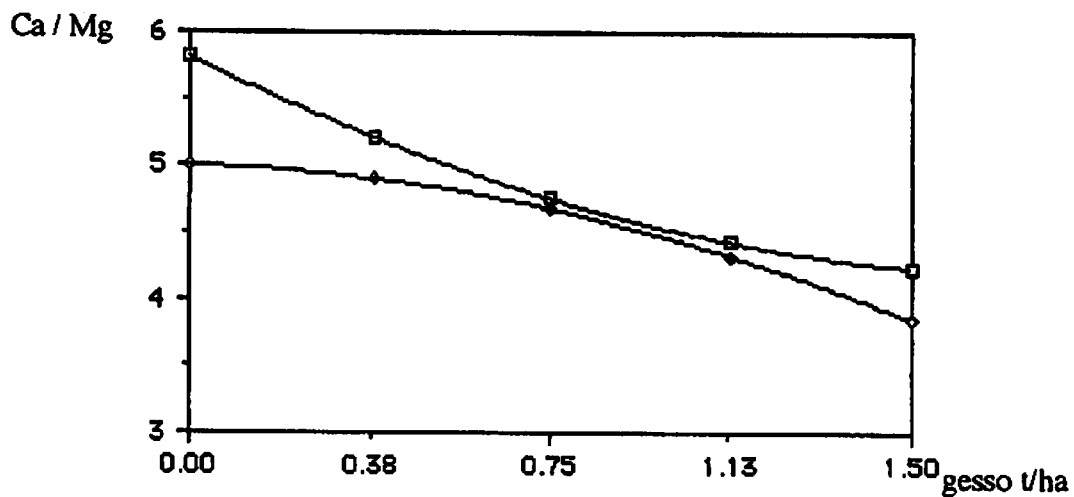


Figura 25 - Relações Ca/Mg na MS da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso - calcário dolomítico.

5. CONCLUSÕES

- As doses de gesso agrícola promoveram aumento nos teores de enxofre ($S-SO_4^{2-}$) no solo.
- As duas espécies forrageiras responderam em termos de produção de matéria seca da parte aérea às doses de gesso, independente do tipo de calcário utilizado.
- As combinações calcário-gesso agrícola proporcionaram melhoria na nutrição da parte aérea das espécies.

6. RESUMO

EFEITO DO CALCÁRIO-GESSO AGRÍCOLA NA NUTRIÇÃO MINERAL E CRESCIMENTO DE FORRAGEIRAS EM LATOSSOLO VARIAÇÃO UNA

Foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciências do Solo/ESAL, um experimento cujo objetivo foi testar diferentes combinações calcário-gesso agrícola no crescimento e nutrição mineral de uma gramínea (*Andropogon gayanus*) e uma leguminosa (*Stylosanthes macrocephala*). Utilizou-se um Latossolo variação Una (camada de 0 - 20cm), proveniente da Região dos Campos das Vertentes, MG. Foram combinados calcário calcítico (1,3t/ha) e dolomítico (1,6t/ha), cujas doses foram calculadas pelo Método de Saturação de Bases ($V_2 = 50\%$), com cinco doses de gesso agrícola (0.00; 0.38; 0.75; 1.13 e 1.50t/ha) correspondendo, respectivamente, a 0%, 25%, 50%, 75% e 100% da dose recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais.

Utilizou-se colunas de PVC com 20cm de diâmetro, divididas em duas seções de 15cm de altura e 3cm de borda, unidas por fita adesiva e vedadas ao fundo com pratos plásticos. Os tratamentos foram aplicados somente na primeira seção da coluna (0 - 15cm). Após 85 dias de incubação, foram retiradas amostras de solo para serem realizadas análises químicas, procedendo-se em seguida o plantio das duas espécies vegetais, deixando-se 4 plantas/coluna através de desbastes. A umidade das colunas foi mantida com base na precipitação pluviométrica da região, média de 5 anos, através de irrigações diárias. O

delineamento experimental utilizado foi o de Blocos Casualizados em esquema fatorial com 4 repetições. Realizou-se três cortes na parte aérea do Andropogon e dois no Estilosantes, coletando-se o sistema radicular nas duas profundidades (0 - 15 e 15 - 30cm).

Com relação aos valores de pH e aos teores das bases trocáveis no solo antes do cultivo, não foram observadas variações para as diferentes doses de gesso, devido possivelmente, à lixiviação das bases. Observou-se um aumento nos teores de $S - SO_4^{=}$ em função das doses de gesso. De modo geral, a interação calcário-gesso-cortes se mostrou significativa sobre o crescimento e nutrição das espécies forrageiras. As produções de matéria seca responderam às doses de gesso, não havendo diferenças entre os dois calcários. As maiores produções de matéria seca das raízes e da parte aérea do Andropogon foram estimadas nas doses de 1,12 e 1,00t/ha de gesso, respectivamente. O Estilosantes teve sua maior produção de matéria seca alcançada nas doses de gesso de 0,82t/ha para o sistema radicular e 1,13t/ha para a parte aérea. As combinações calcário-gesso agrícola promoveram aumento nos teores de Proteína Bruta (PB), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Potássio (K), Enxofre (S) e Relação Ca/Mg na matéria seca da parte aérea das espécies, sendo observado efeito diluição sobre os teores de K, PB e relação Ca/Mg no Andropogon e Ca, PB e Ca/Mg no Estilosantes.

7. SUMMARY

EFFECT OF LIME-AGRICULTURAL GYPSUM UPON MINERAL NUTRITION AND GROWTH OF FORAGES IN UNA VARIANT LATOSOL

It was conducted in greenhouse of Soil Science Department/ESAL, an experiment with the objective of testing different combinations of lime-agricultural gypsum upon growth and mineral nutrition of a grass (*Andropogon gayanus*) and of a legume (*Stylosanthes macrocephala*). It was used a Una variant Latosol (layer of 0 - 20cm), from Campos das Vertentes (MG) region. It were combined calcitic (1,3 t/ha) and dolomitic (1,6 t/ha) lime with doses calculated by the bases saturated method ($V_2 = 50\%$), with five doses of agricultural gypsum (0; 0,38; 0,75; 1,13 and 1,50 t/ha) corresponding, respectively, to 0; 25; 50; 75 and 100% of the recommended dose by the Soil Fertility Commission of Minas Gerais State, Brazil.

It were utilized PVC columns with 20cm of diameter, divided into two sections of 15cm of height and 3cm of border, jointed by adhesive ribbon and closed to the bottom with plastic plates. The treatments were applied only in the first section of the column (0 - 15cm). After 85 days of incubation, it were collected soil samples for chemical analyses, performing after that the planting of two vegetal species, leaving 4 plants/column through

prunings. The moisture of the columns was maintained with basis upon the pluviometric precipitation of the region, average of 5 years, through each day irrigations. The experimental design was randomized blocks in factorial scheme with 4 replications. It were done 3 cuts in the aerial part of Andropogon and 2 in the Stylosanthes, collecting the root system in the depths (0 - 15 and 15 - 30).

With respect to pH values and amounts of exchangeable bases in the soil before cultivation, it were not observed variations for the different doses of gypsum, due, probably, to bases leaching. It was observed an increase in the amounts of $S.SO_4^{=}$ as a function of gypsum doses. In general, the lime-gypsum-cuts interaction showed significant upon growth and nutrition of forages species. The productions of dry matter answered to doses of gypsum; it were not observed differences between the two limes. The highest amount of dry matter of roots and of aerial part of Andropogon were estimated on doses of 0,82 t/ha for the roots system and 1,13 t/ha of gypsum for the aerial part. The lime-agricultural gypsum combinations promoted increase on amounts of total protein, calcium, magnesium, potassium, sulphur and Ca/Mg ratio in the aerial part of the species, being observed dilution effect over the amounts of potassium, total protein and Ca/Mg ratio on Andropogon and calcium, total protein and Ca/Mg ratio on Stylosanthes.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

01. ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G. de & MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J., ed. **Solos dos Cerrados**. São Paulo, Nobel/EMBRAPA, 1985. p. 33-74.
- ↓
02. ALVAREZ V., V. H. Enxofre: critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiência e excessos. In: REUNIÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Londrina, EMBRAPA-CNPSO/ IAPAR/SBCS, 1988. p.31-59.
- ↓
03. ALVES, H. M. R. Alterações de características químicas em profundidade pela aplicação superficial de calcário e gesso em um latossolo vermelho amarelo câmbico distrófico textura média fase cerrado. Lavras, ESAL, 1984. 84p. (Tese MS).
04. ANDRADE, I. F.; ARRUDA, M. L. R. & BARUQUI, F. M. Recomendação e prática de adubação e calagem em pastagens para a região sudeste do Brasil. In: MATTOS, H. B., ed. **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba, POTAFOS, 1986. p. 333-63.

05. ANDREW, C. S. The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, **28** (5):807-20, Sept. 1977.
06. _____ ; JOHNSON, A. D. & SANDLAND, R. L. Effect of aluminium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, **24**(3):325-39, May. 1973.
07. ANGHINONI, I. ; VOLKART, C. R. ; FATTORE, N. & ERNANI, P. R. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e genótipos de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, **13**(3):355-61, set./dez, 1989.
08. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS AGRICOLAS. **Acidez do solo e calagem**. São Paulo, 1988. 16p. (Boletim técnico, 1).
09. BISSANI, C. A. & TEDESCO, M. J. O enxofre no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Londrina, EMBRAPA - CNPS./IAPAR/SBCS, 1988. p. 11-27.
10. BLANCHAR, R. W.; REHM, G. & CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, **29**(1):71-2, Jan./Feb. 1965.

11. BREMNER, J. M. & EDWARDS, H. P. Determination and isotoperatio analysis different form of nitrogen in soils. I Apparatus and procedores for destillation and determination for amonium. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 29(5):504-7, Sept./Oct. 1965.
12. CARVALHO, L. J. C. B.; GOMIDE, R. L.; RODRIGUES, G. C.; SOUZA, D. M. G. de & FREITA JUNIOR, E. de. Resposta do milho à aplicação de gesso e déficit hídrico em solo de cerrado. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA, 1985. p. 61 - 84.
13. CARVALHO, M. M. de. Melhoramento da produtividade das pastagens através da adubação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 11 (132): 23-32, dez. 1985.
14. _____; ANDREW, C. S. ; EDWARDS, D. G. & ASHER, C. J. Comparative performance of six Stylosanthes species in three acid soils. **Australian Journal Agriculture Research**, Melbourne, 31(1):61-76, Jan. 1980.
15. _____; BOTREL, M. de A. & CRUZ FILHO, A. B. da. Estudo exploratório de um latossolo vermelho-amarelo da zona dos Campos das Vertentes, MG. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 21(2):320-8, fev./mar. 1992.
16. _____; OLIVEIRA, F. T. T. de; SARAIVA, O. F. & MARTINS, C. E. Fatores nutricionais limitantes ao crescimento de forrageiras tropicais em dois solos da Zona da Mata, MG. I. Latossolo Vermelho-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 20(5): 519-28, maio. 1985.

17. CASAGRANDE, J. C. & SOUZA, O. C. de Efeito de níveis de enxofre sobre quatro gramíneas forrageiras tropicais em solos sob vegetação de cerrado do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 17(1): 21-5, jan. 1982.
18. _____ : _____ & SCHUNKE, R. M. Avaliação da fertilidade de quatro solos do estado de Mato Grosso do Sul: enxofre e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 17(3): 381-4, mar., 1982.
19. COLOZZA, M. T.; SAVASTANO, S. A. DE L. ; WERNER, J. C. & MONTEIRO, F. A. Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos cultivados com soja perene. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, 40 (1):75-96, jan./jun. 1983.
20. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**; 4ª aproximação. Lavras, EPAMIG, 1989. 176p.
21. COSTA, N. L. ; PAULINO V. T. & SCHAMMAS, E. A. Produção de forragem, composição mineral e nodulação do guandu afetadas pela calagem e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 13(1):51-8, jan./abr. 1989.
22. COUTO, W. & RITCHEY, K. D. Enxofre, In: GOEDERT, W. J., ed. **Solos dos Cerrados**. São Paulo, Nobel/EMBRAPA, 1987. p. 223-35.
23. 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. 62 p. (Tese MS).

24. DAL BO, M. A.; RIBEIRO, A. C.; COSTA, L. M.; THIEBAUT, J. T. L. & NOVAIS, R. F. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio em colunas de solo cultivadas com cana-de-açúcar. I . movimentação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 10 (3): 195-8, set./dez. 1986.
25. DEMATTE, J. L. I. Aptidão agrícola dos solos e uso do gesso. In:SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba, IBRAFOS. 1992. p.307-24.
26. DIAS, L. E. Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes doses de fósforo e de gesso. Viçosa, UFV, 1992. 147p. (Tese Doutorado).
27. _____; FERREIRA, F. A. S.; RIBEIRO, A. C. & COSTA, L. M. da Movimentação de cálcio em colunas de solo tratadas com carbonato e sulfato de cálcio. **Revista Ceres**, Viçosa, 31(178):407-14, nov./dez. 1984.
28. DRUDI, A. & BRAGA, A. F. Níveis de fósforo, enxofre e micronutrientes na recuperação de pastagens degradadas em solos arenosos na região do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 25(9): 1317-22, set. 1990.
29. _____ & FAVORETTO, V. Influência da frequência, época e altura do corte na produção e na composição química do capim-andropogon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 22(11/12): 1287-92, nov./dez. 1987.
30. 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.

31. ERNANI, P. R. ; CASSOL, P. C. & PERUZO, G. Eficiência agrônômica do gesso agrícola no sul do Brasil. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. Anais... Uberaba, IBRAFOS, 1992. p. 263 - 76.
32. FAQUIN, V & VALE, F. R. do. Toxidez de alumínio e de manganês. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 15(170):17-28, 1991.
- ↓
33. FENSTER, W. E. & LEON, L. A. Manejo de la fertilizacion con fosforo para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados en suelos e infértiles de America tropical. In: TERGAS, L. E. & SANCHEZ, P. A., eds. **Produccion de pastos en suelos acidos de los tropicos**. Colombia, Cali, CIAT, 1978. p. 119-34.
34. FERRARI NETO, J. Limitações nutricionais para o colônio (*Panicum maximum* Jacq) e bioquária (*Brachiana decumbens* Stapf) em latossolo da região noroeste do estado do Paraná. Lavras, ESAL, 1991. 126p. (Tese MS).
- ↓
35. FERREIRA, I. 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. Lavras, ESAL, 1991, 140 p. (Tese MS).
- ↓
36. FERREIRA, M. B. & ANTUNES, Z. Fatores ecológicos de importância para as pastagens de Minas Gerais: solo, clima e vegetação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 6 (70): 3-5, out. 1980.
37. FRANÇA, G. E. de & CARVALHO, M. M. de. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 5 (único): 147-53, 1970.

38. FRIESEN, D. K.; JUO, A. S. R. & MILLER, M. H. Liming and lime-phosphorus-zinc interactions in two Nigerian ultisols. I -Interactions in the soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 44(6): 1221-6, Nov./Dec. 1980.
39. FURLANI, P. R. & BERTON, R. S. Atividade de cálcio e alumínio e desenvolvimento radicular. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba, IBRAFOS, 1992. p. 121-38.
- ↓
40. GOMES, R. V.; TABOSA, J. N.; SIMÕES, A. L.; CAVALCANTI, F. J. de A., MELO, P. C. S. de; LIRA, M. de A. & BRADÃO, A. R. de M. Utilização do calcário + gesso em solos ácidos na cultura da sorgo (PE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 23, Porto Alegre, 1991. **Resumos...** Porto Alegre, SBCS, 1991. p.97.
- ↓
41. GROVE, J. H. & SUMNER, M. E. Lime induced magnesium stress in corn impact of magnesium and phosphorus availability. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 49 (5):1192-6, Sept./Oct. 1985.
- ↓
42. GUILHERME, M. R. **Efeitos da aplicação de calcário calcinado, gesso e misturas de calcário dolomítico calcinado e gesso em culturas de interesse econômico.** Piracicaba, ESALQ, 1986. 56p. (Tese MS).
43. GUIMARÃES, P. T. G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas subsuperficiais do solo : aplicações às culturas anuais e perenes. In : SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. **Anais...** Brasília, EMBRAPA, 1986. p.145-68.

44. GUIMARÃES, P. T. G. . O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: **SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2**, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba, IBRAFOS, 1992. p. 175-90.
45. HADDAD, C. M. **Efeito de enxofre, aplicado na forma de gesso, sobre a produção e qualidade do capim colônio (*Panicum maximum* JACQ).** Piracicaba, ESALQ, 1983. 115p. (Tese Doutorado).
46. HUTTON, E. M. Problemas y exitos en praderas de leguminosas y gramíneas, especialmente em America Latina Tropical. In : TERGAS, L. E. & SANCHES, P. A., ed. **Production de pastos en suelos acidos de los tropicos.** Colombia, Cali, CIAT, 1978. p.87-102.
47. JONES, M. B. & FREITAS, L. M. M. de. Resposta de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e calcário num latossolo vermelho-amarelo de campo cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 5(único): 91-9, 1970.
48. _____ & QUAGLIATO, J. L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e de alfafa a vários níveis de enxofre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 5(único): 359-63, 1970.
49. KAMINSKI, J. Acidez do solo e a fisiologia das plantas. In: KAMINSKI, j. & BECKER, F. C., Coord. **Seminário sobre corretivos da acidez do solo, 2.**, Santa Maria, 1989. **Anais...** Santa Maria, UFSM, 1989. p. 39-61.
50. LIAO, C. F. H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 45 (5):852-5, Sept./Oct. 1981.
51. LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. **Solos dos Cerrados.** São Paulo, ANDA, 1992. 49p.

52. LOPES, A. S. **Manual de Fertilidade do Solo.** São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989. 155p.
53. _____ **Solos sob "cerrado": características, propriedades e manejo.** 2. ed. Piracicaba, ANDA, 1984. p. 162.
54. MALAVOLTA, E. **Elemento de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
55. _____ . **O gesso agrícola no ambiente e na nutrição da planta.** In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba, IBRAFOS, 1992. p. 41-66.
56. _____ . **Manual de calagem e adubação das principais culturas.** São Paulo, Agronômica Ceres, 1987. 496p.
57. _____ . GUILHERME, M. R. & LIEM, T. H. **Associação fosfogesso-calcário princípios e aplicações.** In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1986. **Anais...** Brasília, EMBRAPA, 1986. p. 177-96.
58. _____ ; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F. & BRASIL SOBR^o, M.O.C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas.** São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1974. 727 p.
59. _____ & KLIEMANN, H. J. **Desordens nutricionais no cerrado.** Piracicaba, POTAFOS, 1985. 136 p.

60. 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. (Tese MS).
61. MARUN, F. **Produção de matéria seca e nutrição mineral de gramíneas forrageiras em função da relação Ca/Mg do corretivo.** Lavras, ESAL, 1990. 81 p. (Tese MS).
62. MILLER, C. P. & JONES, R. K. Nutriente requirements of *Stylosanthes guianensis* pastures on a eucrozem in north Queensland. **Australian Journal Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, Melbourne, 17 (87): 606-13, August 1977.
63. MILTON, B. J. & QUAGLIATO, J. L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa a vários níveis de enxofre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 5 (único): 359-63, 1970.
64. MONTEIRO, F. A. & CARRIEL, J. M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para o cultivo de capim-colonião em dois solos arenosos do estado de São Paulo. **Boletim da Indústria Animal**, São Paulo, 44(2) : 335-47, jul./dez., 1987.
65. _____ ; _____ ; MARTINS, L.; CASTRO, J. V. de & LIEM, T. H. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso, para cultivo de leguminosas forrageiras. **Boletim da Indústria Animal**, São Paulo, 40(2) : 229-40, jul./dez. 1983.
66. NEPTUNE, A. M. L. O magnésio como nutriente para as culturas. In : SILVA, M. de C. S. **Seminário : fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes-situação atual e perspectivas na agricultura**, São Paulo, 1984. **Anais...** São Paulo, MANAH, 1986. p.74-82.

67. NOGUEIRA, F. D. ; PAULA, M. B. de; GUIMARÃES, P. T. G. & CARVALHO, J. G de. Importância do ph do solo para a agricultura. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 15(170):29-38, 1991.
68. NOVAIS, R. F. ; NEVES, J. C. L. ; BARROS, N. F. & SEDIYAMA, T. Deficiência de manganês em plantas de soja cultivadas em solos e cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 13(2) : 199-204, maio/ago. 1989.
69. OATES, 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.
70. 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, 1986. p.45-60.
71. ORELLANA, A. P. Nutrição mineral e coeficiente de digestibilidade in vivo de matéria seca do *Andropogon gayanus* var. *bisquamulatus* (HOCHST) HACK. Piracicaba, ESALQ, 1981. 91p. (Tese MS).
72. PAULA, M. B. de; ALVAREZ V., H. A. & NOGUEIRA, F. D. Determinação da necessidade de calagem dos solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 15 (170): 45-55, 1991.
73. PAVAN, M. A. O cálcio como nutriente para as culturas. In: SEMINARIO: fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes - situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. **Anais...** São Paulo, MANAH, 1986. p.82-98.

74. PAVAN, M. A. Efeitos tóxicos de alumínio em mudas de cafeeiro em relação de cálcio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 6 (3): 209-13, set./dez., 1982.
75. _____ ; BINGHAM, F. T. & PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime and gypsum application on a brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, 48(1) : 33-38, Jan. 1984.
76. _____ & VOLKWEISS, S. J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. **Anais... Brasília, EMBRAPA**, 1986. p. 107-18.
77. QUAGGIO, J. A. Critérios de calagem em solos do estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ, 1983. 76p. (Tese MS).
78. _____. Respostas das culturas à calagem em outros estados. In: SEMINARIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2, Santa Maria, 1989. **Anais... Santa Maria, UFSM**, 1989. p. 177-99.
79. _____. Resposta das culturas de milho e soja, à aplicação de calcário, gesso e movimento de íons em solos do Estado de São Paulo. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais... Uberaba, IBRAFOS**, 1992. p. 241-62.
80. _____ ; DECHEN, A. R. & RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 6(3): 189-94, set./dez. 1982.

81. RAIJ, B. van. Acidez e calagem. In: SEMINARIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2, Santa Maria, 1989, Anais... Santa Maria, UFSM, 1989. P. 74-100.
82. _____ . Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres, Potafos, 1991. 343p.
83. _____ . Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo. São Paulo, ANDA, 1988. 88p.
84. _____ . Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. Anais... Uberaba, IBRAFOS, 1992. p. 121-38.
85. _____; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S. & BATAGLIA, D. C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170 p.
86. REEVE, N. G. & SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal oxisols by leaching of surface-applied amendments. *Agrochemophysica*, Pretoria, 4:1-6, 1972.
87. _____ & SUMNER, M. E. Effects of aluminium toxicity and phosphorus fixation on crop growth on oxisols in Natal. *Soil Science of America Proceedings*, Madison, 34(2):263-8, Mar./Apr. 1970.
88. RIRIE, D.; TOTH, S. J. & BEAR, F. E. Movement and effect of lime and gypsum in soil. *Soil Science*, Baltimore, 73 (1): 23-36, Jan.1952.

89. ROCHA, M. Difusão do uso agrícola do fosfogesso : diretrizes. In : SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. **Anais...** Brasília, EMBRAPA, 1986. p. 217-27.
90. ROSOLEM, C. A. ; MACHADO, J. R. & BRINHOLI, O. . 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.
91. _____ ; _____ & _____ Efeito das relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K do solo na produção de sorgo sacarino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 19(12):1422-48, dez. 1984.
92. SANCHEZ, P. A. **Suelos del trópico : características y manejo**. Costa Rica, IICA, 1981. 634p.
93. SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E. & GOEDERT, W. J. Efeito residual calagem e de fontes de fósforo numa pastagem estabelecida em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 22(3):233-43, mar. 1987.
94. SARAIVA, O. F.; CARVALHO, M. M. de; OLIVEIRA, F. T. T. de & MARTINS C. E. Fatores nutricionais limitantes ao crescimento de forrageiras tropicais em dois solos da Zona da Mata, M.G. II Podzólico vermelho amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 21 (7): 709-14, jul., 1986.
95. SARRUGE, J. R. & HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

96. SILVA, A. de A. Efeito de relações $\text{CaCO}_3/\text{CaSO}_4$ no movimento de nutrientes no solo e no desenvolvimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). Lavras, ESAL, 1990. 80p. (Tese MS).
97. SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. In : MATOS, H. B. , ed. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, POTAFOS, 1986. p. 77-91.
98. 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).
99. _____ & ALVAREZ V., H. V. Nutrientes lixiviados de colunas de solo tratadas com diferentes sais de cálcio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 13(1):25-9, jan./abr. 1989.
100. SOUSA, D. M. G. de; CARVALHO, L. J. C. B. & MIRANDA, L. N. de. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W. J., ed. *Solos dos cerrados*. São Paulo, Nobel, 1987 p.99-127.
101. _____ , REIN, T. A.; LOBATO, E. & RITCHEY, K. D. Resposta das culturas anuais e leucena a gesso no cerrado. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. *Anais...* Uberaba, IBRAFOS, 1992b. p.277-306.
102. _____ ; _____ ; _____ & _____ Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de cerrado. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. *Anais...* Uberaba, IBRAFOS, 1992a. p.139-58.

103. SOUZA, D. M. G. de & RITCHEY, K. D. Uso de gesso no solo de cerrado. In : SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA, 1986. p.119-44.
104. SUMNER, M. E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In : SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. *Anais...* Uberaba, IBRAFOS, 1992. p.7-40.
105. THOMAS, D.; ANDRADE, R. P. de; COUTO, W.; ROCHA, C. M. C. da & MOORE, P. *Andropogon gayanus* var. *Bisquamulatus* cv. Planaltina: principais características forrageiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 16 (3): 347-55, maio/jun. 1981.
106. VETTORI, L. *Métodos de análises do solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim técnico, 7).
107. VITTI, G. C. *Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta*. Jaboticabal, FUNEP, 1988. 37p.
108. _____ . O enxofre na agricultura-situação, perspectiva e sugestões. In: SEMINARIO: fósforo, cálcio, magnésio, enxofre e micro-nutrientes - situação atual e perspectivas na agricultura, São Paulo, 1984. *Anais...* São Paulo, MANAH. 1986. p. 98-110.
109. _____ ; FERREIRA, M. E. & MALAVOLTA, E. Respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA, 1986. p. 17-44.

110. VITTI, G. C. ; MALAVOLTA, E. & FERREIRA, M. E. Resposta de culturas anuais e perenes à aplicação de enxofre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Londrina, EMBRAPA - CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p. 61-85.
111. _____ ; MAZZA, J. A.; PEREIRA, H. S. & DEMATTE, J. L. I. Resultados experimentais do uso do gesso na agricultura - cana-de-açúcar. In: SEMINARIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba, IBRAFOS, 1992. p. 191-224.
112. VOLKWEISS, S. J. Química da acidez dos solos. In: SEMINARIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2, Santa Maria, 1989. **Anais...** Santa Maria, UFSM, 1989. p.7-38.
- ↓ *
113. WERNER, J. C. & MONTEIRO, F. A. Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. **Anais...** Londrina, EMBRAPA - CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p. 87-102.
- ↓
114. _____ ; _____ & CARRIEL, J. M. Efeitos da calagem em capim-colonião (*Panicum maximum* JACQ.) estabelecido. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, **36** (2): 247-53, jul./dez. 1979.
115. ZAROSKI, R. J. & BURAU, R. G. A rapid nitric perchloric acid digestion method for multi-element tissue analysis. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, **8** (5): 425-36, 1977.

APENDICE

QUADRO 1A Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca do sistema radicular do *Andropogon*, nas profundidades de 0-15 , 15-30 cm e total, em função dos tratamentos.

Causas de variação	GL	Q.M.		
		0-15	15-30	Total
Calcário(C)	1	18,92	73,01	166,30
Gesso (G)	4	109,13*	107,20**	395,06*
Interação CxG	4	53,06	45,53	175,08
Resíduo	27	36,65	20,75	98,91
C.V (%)		39,51	38,07	36,44
R:G	(8)	(417,89)	(385,86)	(1505,19)
RL	1	223,28*	302,98**	1046,38**
RQ	1	176,01*	39,97	383,76**

(**) Significativo a 1% de prob. (*) Significativo a 5% de prob.

QUADRO 2A - Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca da parte aérea do *Andropogon*, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.

Causas de variação	GL	QM
Calcário(C)	1	1,13
Gesso (G)	4	235,54**
Corte (D)	2	3163,94**
Interação CxG	4	104,55**
CxD	2	1,39
GxD	8	10,00
CxGxD	8	31,98
Resíduo	87	20,82
C.V (%)		24,46
R:CC ₁	(8)	(578,29)
RL	1	210,11**
RQ	1	167,45**
R:CD	(8)	(432,75)
RL	1	165,11**
RQ	1	119,09**

(**) Significativo a 1% de prob. (*) Significativo a 5% de prob.

Quadro 3A - Resumos das análises de variância e regressão da proteína bruta (%) na parte aérea do *Andropogon*, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.

Causas de variação		GL	QM
Calcário (C)		1	2,048**
Gesso (G)		4	4,719**
Corte (D)		2	260,310**
Interação C x G		4	2,630**
C x D		2	0,047
G x D		8	3,179**
C x G x D		8	5,772**
Resíduo		87	0,142
CV (%)			4,62
R (CG):1°C	RL RQ	(4) 1	(22,916) 0,011 14,485**
R (CC):2°C	RL RQ	(4) 1	(2,770) 1,589** 0,122
R (CC):3°C	RL RQ	(4) 1	(2,320) 0,458 1,750**
R (CD):1°C	RL RQ	(4) 1	(33,441) 20,769** 4,085**
R (CD):2°C	RL RQ	(4) 1	(9,420) 6,989** 1,377**
R (CD):3°C	RL RQ	(4) 1	(10,507) 8,615** 1,494**

(**) Significativo a 1% de probabilidade

Quadro 4 A Resumos das análises de variância e regressão dos teores de Ca, Mg, K e S na parte aérea do *Andropogon*, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário

Causas de variação	GL	QM			
		Ca	Mg	K	S
Calcário (C)	1	0,001	0,0705**	0,004	0,0002
Gesso (G)	4	0,030**	0,0295**	0,366**	0,0007**
Corte (D)	2	0,359**	0,0704**	8,420**	0,0326**
Interações C x G	4	0,017**	0,0050**	0,051**	0,0005**
C x D	2	0,003*	0,0040**	0,172**	0,0037**
G x D	8	0,013**	0,0049**	0,318**	0,0004**
C x G x D	8	0,004**	0,0032**	0,0332*	0,0001
Resíduo	87	0,001	0,0002	0,009	0,000
C V. (%)		5,70	5,72	5,57	14,13
R(CC):1°C	(4)	(0,0092)	(0,0209)	(0,580)	_____
RL	1	0,0002	0,0172**	0,195**	_____
RQ	1	0,0020	0,0026**	0,246**	_____
R(CC):2°C	(4)	(0,0138)	(0,0234)	(0,097)	_____
RL	1	0,0009	0,0160**	0,002	_____
RQ	1	0,0099**	0,0072**	0,011	_____
R(CC):3°C	(4)	(0,1886)	(0,0654)	(0,845)	_____
RL	1	0,044**	0,0593**	0,543**	_____
RQ	1	0,113**	0,0034**	0,220**	_____
R(CD):1°C	(4)	(0,014)	(0,0024)	(0,484)	_____
RL	1	0,006**	0,0011	0,162**	_____
RQ	1	0,008**	0,0009*	0,280**	_____
R(CD):2°C	(4)	(0,024)	(0,0153)	(0,351)	_____
RL	1	0,023**	0,0090**	0,053*	_____
RQ	1	0,000	0,0041**	0,134**	_____
R(CC):3°C	(4)	(0,024)	(0,0618)	(1,476)	_____
RL	1	0,002	0,0326**	0,986**	_____
RQ	1	0,021**	0,0228**	0,360**	_____

(**) Significativo a 1% de probabilidade (*) Significativo a 5% de probabilidade

QUADRO 6A - Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca do sistema radicular do Estilosantes, nas profundidades de 0-15, 15-30 cm e total, em função dos tratamentos.

Causas de variação	GL	QM		
		0-15	15-30	Total
Calcário (C)	1	0,22	0,15	0,09
Gesso (G)	4	0,87*	0,69	2,30*
Interação C x G	4	0,14	0,46	0,89
Resíduo	27	0,19	0,46	0,71
C.V. (%)		11,15	15,65	10,27
R:G	(8)	(3,39)	—	(9,17)
RL	1	1,66**	—	0,77
RQ	1	1,66**	—	8,36**

(**) Significativo a 1% de probabilidade

(*) Significativo a 5% de probabilidade

QUADRO 6A - Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca do sistema radicular do Estilosantes, nas profundidades de 0-15, 15-30 cm e total, em função dos tratamentos.

Causas de variação	GL	QM		
		0-15	15-30	Total
Calcário (C)	1	0,22	0,15	0,09
Gesso (G)	4	0,87*	0,69	2,30*
Interação C x G	4	0,14	0,46	0,89
Resíduo	27	0,19	0,46	0,71
C.V. (%)		11,15	15,65	10,27
R:G	(8)	(3,39)	—	(9,17)
RL	1	1,66**	—	0,77
RQ	1	1,66**	—	8,36**

(**) Significativo a 1% de probabilidade

(*) Significativo a 5% de probabilidade

QUADRO 7 A - Resumos das análises de variância e regressão da produção de matéria seca da parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso.

Causas de variação	GL	QM
Calcário (C)	1	24,89
Gesso (G)	4	93,68**
Corte (D)	1	1,62
Interação C x G	4	3,33
C x D	1	0,18
G x D	4	10,84
C x G x D	4	1,09
Resíduo	57	7,05
C.V. (%)		12,07
R:G	(4)	(350,59)
RL	1	242,67**
RQ	1	83,82**

(**) Significativo a 1% de probabilidade

Quadro 8A - Resumos das análises de variância e regressão da proteína bruta (%) na parte aérea do Estiloseantes, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.

Causas de variação			GL	QM
Calcário (C)		1	1,166**	
Gesso (G)		4	8,208**	
Corte (D)		1	68,007**	
Interações C x G		4	0,458**	
C x D		1	2,513**	
G x D		4	1,536**	
C x G x D		4	1,622**	
Resíduo		57	0,025	
C.V. (%)			1,84	
R(C,C):1° C	RL	(4)	1,401**	(4,565)
	RQ	1	2,064**	
R(C,C):2° C	RL	(4)	9,734**	(13,750)
	RQ	1	3,885**	
R(C,D):1° C	RL	(4)	14,362**	(16,166)
	RQ	1	0,020	
R(C,D):2° C	RL	(4)	3,335**	(7,143)
	RQ	1	1,172**	

(**) Significativo a 1% de probabilidade.

Quadro 9A - Resumos das análises de variância e regressão dos teores de Ca, Mg, K e S na parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.

Causas de Variação	GL	QM			
		Ca	Mg	K	S
Calcário (C)	1	0,145**	0,030**	0,013	0,000
Gesso (G)	4	0,040**	0,003**	0,106**	0,006**
Corte (D)	1	2,538**	0,038**	0,571**	0,018**
Interações C x G	4	0,127**	0,001**	0,020	0,001**
C x D	1	0,080**	0,000	0,005	0,000
G x D	4	0,071**	0,001**	0,060**	0,002**
C x G x D	4	0,138**	0,001**	0,008	0,001**
Resíduo	57	0,002	0,000	0,013	0,000
CV (%)		4,49	3,45	10,76	15,31
R(CC): 1° C	(4)	(1,045)	(0,0005)	—	(0,001)
RL	1	0,530**	0,0003	—	0,001**
RQ	1	0,425**	0,0002*	—	0,000
R(CC): 2° C	(4)	(0,094)	(0,0025)	—	(0,025)
RL	1	0,047**	0,0016**	—	0,024**
RQ	1	0,004**	0,0001	—	0,000
R(CD): 1° C	(4)	(0,093)	(0,0161)	—	(0,002)
RL	1	0,005	0,0119**	—	0,001**
RQ	1	0,001	0,0002*	—	0,001**
R(CD): 2° C	(4)	(0,024)	(0,0064)	—	(0,007)
RL	1	0,001	0,0054**	—	0,007**
RQ	1	0,001	0,0006**	—	0,000

(**) Significativo a 1% de probabilidade

(*) Significativo a 5% de probabilidade

Quadro 10 A - Resumos das análises de variância e regressão das relações Ca/Mg na parte aérea do Estilosantes, em função das doses de gesso e dos tipos de calcário.

Causas de variação	GL	QM
Calcário (C)	1	42,19**
Gesso (G)	4	1,57**
Corte (D)	1	4,09**
Interações C x G	4	2,21**
C x D	1	0,27**
G x D	4	3,32**
C x G x D	4	3,72**
Resíduo	57	0,03
CV (%)		3,41
R (CC):1°C	(4)	(17,90)
RL	1	6,87**
RQ	1	7,04**
R (CC):2°C	(4)	(8,50)
RL	1	6,21**
RQ	1	0,00
R (CD):1°C	(4)	(6,75)
RL	1	6,18**
RQ	1	0,24*
R (CD):2°C	(4)	(3,55)
RL	1	3,30**
RQ	1	0,22*

(**)Significativo a 1% de probabilidade (*)Significativo a 5% de probabilidade

QUADRO 11A - Coeficientes de correlação e níveis de significância entre produção de matéria seca do sistema radicular e parte aérea

	Andropogon	Estilosantes
SR vs PA	0,85**	0,57

(**) Significativo a 1% de probabilidade.

QUADRO 12A - Coeficiente de correlação e níveis de significância entre teores (%) de Ca, Mg, K, S e relação Ca/Mg na parte aérea do Andropogon e Estilosantes, e produção de matéria seca da parte aérea.

MS	Ca	Mg	K	S	Ca/Mg
Andropogon	0,03	0,51	-0,53	0,57	-0,43
Estilosantes	-0,03	0,38	0,61*	0,69*	-0,42

(**) Significativo a 1% de probabilidade (*) Significativo a 5% de probabilidade

Quadro 13A - Coeficientes de correlação e níveis de significância entre os teores (%) na matéria seca da parte aérea.

Parâmetro	Andropogon	Estilosantes
Ca vs Mg	0,38	-0,21
Ca vs K	-0,23	-0,30
Ca vs S	0,38	0,15
Ca vs Ca/Mg	-0,14	0,65
Ca vs PB	-0,16	-0,16
Mg vs K	-0,40	-0,37
Mg vs S	0,53	0,24
Mg vs Ca/Mg	-0,84**	-0,86**
Mg vs PB	0,06	-0,20
K vs S	-0,29	-0,77**
K vs Ca/Mg	0,30	0,13
K vs PB	0,67*	0,69*
S vs Ca/Mg	-0,25	-0,17
S vs PB	-0,24	-0,73*
Ca/Mg vs PB	-0,00	0,14

(**) Significativo a 1% de probabilidade (*) Significativo a 5% de probabilidade

Quadro 14 A - Precipitação pluviométrica (mm) na Região dos Campos das Vertentes (MG), em cinco anos.

Mes/Ano	1986	1987	1988	1989	1990	Média
Janeiro	292,8	237,6	174,0	240,1	140,5	217,0
Fevereiro	147,8	146,1	412,4	232,7	85,4	204,9
Março	136,3	160,5	113,5	120,6	282,1	162,6
Abril	23,2	120,6	156,7	64,3	65,7	86,1
Mai	27,3	114,6	19,5	43,0	32,2	47,3
Junho	10,2	12,2	20,1	81,7	0,0	24,8
Julho	44,6	0,5	0,0	29,7	36,2	22,2
Agosto	58,7	8,1	0,0	26,4	32,2	25,1
Setembro	6,2	114,4	39,2	85,0	86,6	66,3
Outubro	7,3	186,7	325,7	162,4	83,7	153,2
Novembro	152,6	129,9	219,0	176,3	224,1	180,4
Dezembro	535,7	200,6	188,9	345,0	136,5	281,3
Valores do ano	1442,7	1328,8	1669,0	1607,2	1205,2	