**CALCÁRIO E GESSO EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
CULTIVADO COM UMA PASTAGEM CONSORCIADA DE SOJA-
-PERENE E COLONIAÇÃO**

MARIA TEREZA COLOZZA

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO ROQUE DECHEN

Dissertação apresentada à Escola
Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", da Universidade de São
Paulo, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, Área de
Concentração: Solos e Nutrição
de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Janeiro - 1993

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Colozza, Maria Tereza
C719c Cálcario e gesso em um latossolo vermelho-amarelo
cultivado com uma pastagem consorciada de soja-perene
e colonião. Piracicaba, SP, ESALQ, 1993.
218f.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Calcário em latossolo vermelho-amarelo - Efeito
2. Capim colonião-soja - Consorciação 3. Gesso em la-
tossolo vermelho-amarelo - Efeito 4. Pastagem consor-
ciada - Teor de nutriente 5. Solo - Calagem I. Escola
Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba,
SP.

CDD 631.821

**CALCÁRIO E GESSO EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
CULTIVADO COM UMA PASTAGEM CONSORCIADA DE SOJA-
-PERENE E COLONIZAÇÃO**

MARIA TEREZA COLOZZA

Aprovada em 26-03-93

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Antonio Roque Dechen	ESALQ/USP
Prof. Dr. Francisco Antonio Monteiro	ESALQ/USP
Dr. Joaquim Carlos Werner	IZ/CPA/SAA

Roque Dechen

Aos meus queridos pais e irmãos,
pelo apoio e incentivo prestados
em todos os momentos.

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Antonio Roque Dechen, pela orientação dedicada na realização deste trabalho;

Ao Pesq. Cient. PhD. Joaquim Carlos Werner, pela atenção especial, sugestões e transmissão de conhecimentos técnicos;

Aos funcionários da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia, na pessoa da senhora Maria Alice Crestani e dos Senhores Antonio Marco Pigato e Flávio Rubens de Jesus, pelo valioso auxílio prestado durante a condução do experimento;

Ao Prof. PhD. Francisco Antonio Monteiro, pelo acompanhamento da fase experimental;

À Pesq. Cient. Eliana Aparecida Schammass, pela colaboração durante as análises estatísticas;

À Srta. Maria Cristina Maceira Puente, pelo trabalho de datilografia;

Aos funcionários do Laboratório de Análises Minerais da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia, pela realização das análises;

À Bibl. Katia Maria de Andrade Ferraz, pela revisão das referências bibliográficas;

À Petrofértil - Petrobrás Fertilizantes S/A,
pelo auxílio financeiro, para execução do projeto;

À Coordenação do Aperfeiçoamento de Pessoal
de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudos;

E a todos que de alguma maneira tornaram possível a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	xx
SUMMARY	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Considerações sobre acidez dos solos	5
2.2. Respostas da soja-perene à calagem	9
2.3. Respostas do colonião à calagem	17
2.4. Considerações sobre o uso do enxofre em solos	22
2.5. Teor de enxofre e a relação N/S em soja-perene e colonião	28
2.6. Respostas da soja-perene ao gesso	33
2.7. Respostas do colonião ao gesso	36
2.8. Respostas da consorciação soja-perene e colo- nião ao gesso	39
2.9. Associação calagem e gesso em pastagens	42
3. MATERIAL E MÉTODOS	44
3.1. Local	44
3.2. Solo	44
3.3. Espécies estudadas	45
3.4. Preparo do solo e calagem	45
3.5. Semeadura	46
3.6. Adubação	47
3.7. Tratos culturais	48

3.8. Delineamento experimental	49
3.9. Colheitas e preparo de amostras	50
3.10. Análises químicas das plantas	52
3.11. Análise química do solo	53
3.12. Dados meteorológicos	54
3.13. Análises estatísticas	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.1. Solo	57
4.1.1. Efeitos do calcário nas características químicas do solo	57
4.1.2. Efeitos do gesso nas características químicas do solo	85
4.2. Efeitos do calcário nas forrageiras	106
4.2.1. Produção de matéria seca da soja-perene, do colônio e da consorciação soja- -perene + colônio	106
4.2.2. Teores de proteína na soja-perene e no colônio	116
4.2.3. Quantidade total de proteína da soja- -perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio	120
4.2.4. Teores de nutrientes e relação N/S	125
4.2.4.1. Soja-perene	125
4.2.4.2. Colônio	134

4.3. Efeitos do gesso nas forrageiras	144
4.3.1. Produção de matéria seca da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio	144
4.3.2. Teor de proteína da soja-perene e do colônio	151
4.3.3. Quantidade total de proteína da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio	156
4.3.4. Teores de nutrientes e relação N/S	161
4.3.4.1. Soja-perene	161
4.3.4.2. Colônio	172
5. CONCLUSÕES	180
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183
APÊNDICE	203

**CALCÁRIO E GESSO EM UM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO
CULTIVADO COM UMA PASTAGEM CONSORCIADA DE SOJA-
-PERENE E COLONIÃO**

Autora: MARIA TEREZA COLOZZA

Orientador: PROF. DR. ANTONIO ROQUE DECHEN

RESUMO

O experimento foi conduzido em parcelas, em área situada na Estação Experimental do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, Estado de São Paulo. Estudaram-se os efeitos de doses de calcário dolomítico e de gesso sobre a produção de matéria seca, teor de proteína, quantidade total de proteína, composição química da soja-perene (Neonotonia wightii (Wightii & Arn.) Lackey cv. Tinaroo) e colonião (Panicum maximum Jacq. cv. IZ-1). Na consorciação soja-perene e colonião estudaram-se a produção de matéria seca e a quantidade total de proteína. Os efeitos dos insumos sobre as principais características químicas do solo foram verificadas em duas profundidades.

Utilizou-se um solo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e avaliaram-se três doses de calcário dolomítico (0; 1,6 e 3,2t/ha) combinadas com três doses de

gesso (0; 300 e 600kg/ha). Os nove tratamentos obtidos foram dispostos em blocos ao acaso, com três repetições.

Durante o período experimental de 4 anos efetuaram-se onze cortes na soja-perene e quatorze cortes no colômbio.

A aplicação do calcário dolomítico foi realizada 98 dias antes da semeadura das espécies, enquanto que as doses de gesso foram aplicadas, por ocasião da semeadura, somente nas linhas da leguminosa, e nos anos seguintes em cobertura em toda a parcela. Realizou-se uma adubação básica diferenciada para cada espécie. Durante o decorrer do experimento efetuaram-se adubações de reposição para potássio, fósforo e micronutrientes.

Verificou-se que as doses de calcário dolomítico reduziram a acidez potencial e os teores de alumínio, elevaram o pH, os teores de cálcio e magnésio trocáveis e a porcentagem de saturação por bases do solo, durante os quatro anos do experimento.

As doses de gesso utilizadas fizeram variar significativamente, os teores de cálcio, potássio, alumínio trocável, enxofre (SO_4^{2-}), acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e porcentagem de saturação por alumínio na profundidade de 0-20cm e 20-40cm do solo, ocorrendo diferenças entre anos. Até a profundidade de amostragem realizada neste experimento, não se detectou arrastamento de cátions pelo gesso.

Devido às condições de acidez do solo em estudo, a soja-perene não conseguiu se estabelecer na ausência de calagem;

A partir do terceiro e quarto anos a soja-perene e o colônio apresentaram aumentos significativos de produção de matéria seca e quantidades totais de proteína com a aplicação das doses de calcário, sendo que, para a consorciação, a resposta ocorreu nos quatro anos. A resposta do colônio à calagem é atribuída às maiores quantidades de nitrogênio incorporado ao sistema pela soja-perene, que foi tanto maior quanto maior a dose de calcário, do que uma resposta direta do colônio à aplicação do corretivo.

Os teores de proteína do colônio a partir do segundo ano aumentaram significativa e linearmente em função das doses de calcário estudadas.

As produções de matéria seca e as quantidades totais de proteína da soja-perene e da consorciação soja-perene + colônio apresentaram diferenças significativas com aplicação das doses de gesso, com variações entre anos, enquanto que para o colônio não ocorreram, durante os quatro anos.

O emprego das doses de calcário dolomítico resultou em variações significativas nos teores de cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco na matéria seca da soja-perene e colônio, sendo que os teores de potássio do colônio também apresentaram diferenças significativas, com variações entre anos.

A aplicação das doses de gesso resultou em variações significativas nos teores de cálcio, magnésio, potássio e enxofre encontrados na matéria seca da soja-perene, com variações entre anos e nos teores de cálcio encontrados na matéria seca do colônio durante os quatro anos.

LIMING AND GYPSUM APPLICATION TO A PERENNIAL SOYBEAN - GUINEA GRASS MIXED PASTURE

Author: MARIA TEREZA COLOZZA

Adviser: PROF. DR. ANTONIO ROQUE DECHEN

SUMMARY

A plot's trial was conducted, at Estação Experimental do Instituto de Zootecnia, in Nova Odessa, State of São Paulo. The effects of dolomitic limestone and gypsum rates upon the dry matter production, protein content, total protein quantity, and chemical composition of perennial soybean (Neonotonia wightii (Wightii & Arn.) Lackey cv. Tinaroo) and guinea grass (Panicum maximum Jacq. cv. IZ - 1) were studied. In the perennial soybean and guinea grass mixture, dry matter production and total protein quantity were studied. The effects of the fertilizers on the main soil chemical characteristics were verified in two depths.

Three dolomitic limestone's rates (0; 1.6 and 3.2t/ha) combined with three gypsum rates (0; 300 and 600kg/ha) were evaluated, using a dystrophic Red-Yellow Latossol. The nine treatments were placed in a randomized complete block design with three replications.

During the experimental period, eleven and fourteen cuts were made on perennial soybean and guinea grass, respectively.

The dolomitic limestone rates were applied 98 days before sowing the species, while the gypsum rates were applied at planting time, only in the legume rows, and broadcasted over the whole plot in the following years. A basic fertilization differentiated for each species was performed. During the experimental period dressing fertilizations to potassium, phosphorus and micronutrients were made.

The dolomitic limestone reduced the potencial acidity and the aluminum levels, and raised the pH, the exchangeable calcium and magnesium levels and the percentage of soil saturation basis, during the four years of the experiment.

The gypsum doses used caused a significant variation in the calcium, potassium, and exchangeable aluminium, and SO_4^{2-} levels, in the potencial acidity, basis sum, cation exchange capacity, basis saturation and aluminum percent saturation at the soil depths of 0-20cm and 20-40cm, with differences between years. Up to the sample depth used in this experiment, no cations dragged by the gypsum were detected.

Due to the acid soil conditions, perennial soybean could not be established in the absence of lime.

After the third and fourth years both perennial soybean and guinea grass presented significant increases in dry matter production and total protein quantities with the application of lime rates, while for the mixture the responses occurred during the four years. The guinea grass response to lime is attributed to the highest quantities of nitrogen incorporated to the system by the perennial soybean, which increased with the increase in the lime rates. This effect on nitrogen supply was considered more effective than a direct response of guinea grass to the application of lime.

The guinea grass protein levels increased significantly and linearly according to the lime rates applied, after the second year.

Dry matter productions and total protein quantities of perennial soybean and of the mixture perennial soybean + guinea grass presented significant differences with the application of gypsum rates, with variation between years observed. No variation occurred for the guinea grass, during the four years.

The use of dolomitic limestone rates resulted in significant variation in the concentrations of calcium, magnesium, iron, manganese and zinc in the dry matter of perennial soybean and guinea grass. The potassium concentrations of guinea grass also showed significant differences, with variations among years.

The application of gypsum rates resulted in significant variation in the concentrations of calcium, magnesium, potassium and sulphur in the dry matter of perennial soybean, with variation among years, and in the calcium concentrations in the dry matter of guinea grass during the four years.

1. INTRODUÇÃO

As leguminosas forrageiras capazes de aproveitar o nitrogênio atmosférico, na forma de nitrogênio prontamente utilizável pelas plantas, representa uma alternativa econômica de introduzir esse nutriente no sistema solo-planta. Geralmente, os fertilizantes nitrogenados são de alto custo, além de sua simples adição não preencher as necessidades de proteína, principalmente nos períodos secos, em que as leguminosas superam em muito as gramíneas em valor nutritivo.

A manutenção de um pasto produtivo depende de um sistema de manejo adequado e do fornecimento de quantidades adequadas de nitrogênio, além dos outros nutrientes minerais. A inclusão da leguminosa na pastagem seria uma alternativa para fornecimento de nitrogênio.

As áreas tradicionalmente ocupadas com atividades pecuárias, ocorrem predominantemente em condições de solos que são originalmente ácidos e de baixa fertilidade ou naqueles originalmente mais férteis, que levados àquela condição pelo uso se tornaram menos férteis. Se as necessárias exigências nutricionais ao crescimento das forrageiras ou aos processos de nodulação e fixação de N_2 em leguminosas

não forem atendidos, o sucesso no estabelecimento e manutenção de pastagens altamente produtivas será comprometido.

Um dos fatores que tem limitado a implantação de pastagens consorciadas, no Estado de São Paulo e demais regiões do Brasil Central, é a acidez do solo. A correção dessa acidez pela prática da calagem visa propiciar às plantas, condições favoráveis ao seu pleno desenvolvimento.

Diversos trabalhos de pesquisa relatam os efeitos benéficos da adição de calcário ao solo, sobre produção, nodulação e fixação de N_2 pelas leguminosas tropicais.

A deficiência de enxofre pode constituir um grande problema de fertilidade nos solos tropicais, principalmente nos solos arenosos e em áreas muito lixiviadas. Assim, pesquisas têm demonstrado efeitos positivos da aplicação de enxofre em leguminosas, gramíneas e outras culturas. Essas respostas foram verificadas principalmente em solos sob vegetação de cerrado e com baixo teor de matéria orgânica ou em áreas de cerrado em que se usaram adubos concentrados (uréia, superfosfato triplo, fosfato de amônio) isentos de enxofre.

Uma fonte alternativa de enxofre é o gesso agrícola que é o sulfato de cálcio dihidratado e é um subproduto da obtenção do ácido fosfórico, utilizado na fabricação de superfosfato triplo e fosfatos de amônio. Para cada tonelada de P_2O_5 produzida, atualmente, produz-se 4,2 toneladas de gesso.

Até o final do ano de 1991, estima-se que o gesso acumulado junto às fábricas de ácido fosfórico, instaladas no Brasil, representava uma reserva de 29 milhões de toneladas, correspondentes a cerca de 5,5 milhões de toneladas de enxofre recuperável e equivalentes a 625 milhões de dólares (BARTI & ALBUQUERQUE, 1992).

Além de sua elevada disponibilidade no mercado, o gesso constitui-se em uma das alternativas mais promissoras como fertilizante, principalmente como fonte de enxofre para as culturas, além desse produto ser efetivo num enriquecimento mais rápido em cálcio das camadas mais profundas do perfil do solo. Entretanto, a sua aplicação para tal fim deve ser feita com restrições, porque ela pode conduzir a um desequilíbrio na relação das bases do solo ou a lixiviação indesejável de outros cátions, como por exemplo, potássio e o magnésio. Segundo RITCHEY et al. (1981) para evitar, em parte, os efeitos negativos da aplicação do gesso, esta deve ser combinada à calagem (com calcário dolomítico) para que não ocorra um desequilíbrio de cátions no solo e sejam reduzidas as perdas de potássio.

A pesquisa mundial e brasileira sobre a utilização do gesso em pastagens, suas implicações econômicas, seu comportamento no solo e seu aproveitamento pelas plantas, encontra-se ainda, praticamente, na sua fase inicial, necessitando portanto de estudos mais aprofundados. Trabalhos na literatura sobre o emprego do calcário seguido do

gesso ou do uso conjunto dos dois, entretanto, é ainda muito limitado.

Em vista dos motivos expostos, o presente trabalho teve por objetivos:

- determinar os efeitos de doses de calcário e de gesso, na produção de matéria seca, teores de proteína e quantidades totais de proteína numa consorciação de soja-perene e colonião cultivados em solo de cerrado do Estado de São Paulo;

- verificar a influência do calcário e do gesso nos teores de nutrientes da soja-perene e do colonião;

- observar possíveis alterações químicas ocorridas no solo em função do emprego do calcário e do gesso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Considerações sobre acidez dos solos e calagem

A grande maioria dos solos brasileiros são ácidos, com um alto grau de intemperização, geralmente apresentando uma baixa capacidade de troca catiônica, que é ocupada em sua maior parte por hidrogênio e alumínio trocáveis, e em consequência o pH é baixo e a saturação por alumínio é alta. Os dados de LOPES (1984) ao estudar 518 amostras de solos representativas do cerrado, revelaram com números a típica condição ácida destes solos. Solos com acidez média (pH em água de 5,0 a 5,9) foram encontrados em 50,2% das amostras enquanto 48,3% apresentavam acidez elevada (pH em água abaixo de 5). Verificou ainda que 58% dos solos situava-se numa faixa de pH (em água) entre 4,8 e 5,2. Os dados para os valores de alumínio trocável (Al^{3+}) encontravam-se acima de 0,25meq Al/100cm³ (a maioria entre 0,25 e 1,0meq Al/100cm³) para 91% das amostras e 78,6% destas amostras apresentavam problemas devido à falta de equilíbrio entre concentração de bases e alumínio. Os valores para a capacidade de troca de cátions (CTC) efetiva foram muito baixos, menores que 4meq/100cm³, em 97% das amostras estudadas. Além da CTC, a saturação por bases também é baixa e foram encon-

trados valores médios de 0,25; 0,09 e 0,08meq/100cm³ de solo para os cátions trocáveis cálcio, magnésio e potássio, respectivamente.

A acidez do solo é originada de diversos fatores e afeta o desenvolvimento e a produção das plantas, seja pelo efeito direto que é a influência da concentração hidrogeniônica sobre a planta seja pelos efeitos indiretos como; a) solubilidade de elementos tóxicos como Al³⁺ e Mn²⁺; b) influência positiva ou negativa na disponibilidade de macro e micronutrientes para a planta; c) influência na atividade da matéria orgânica e na fixação biológica de N₂ do ar atmosférico (MALAVOLTA, 1985).

O alumínio trocável é o cátion dominante nas condições de solo ácido (COLEMAN & THOMAS, 1967) e ocupa grande parte desses solos. O trabalho de OLMOS & CAMARGO (1976) mostrou a ocorrência generalizada de alumínio trocável na maioria dos solos brasileiros.

O alumínio trocável aparece no solo de duas maneiras: por dissolução de hidróxido de alumínio amorfo e cristalino em meio ácido e por decomposição de minerais de argila, também em meio ácido. A formação de monômeros e polímeros de alumínio é reponsável por parte da acidez potencial (MELLO, 1985).

Vários trabalhos, entre eles os de CATANI & ALONSO (1969), MELLO (1977) e QUAGGIO (1983) demonstraram que existe uma correlação negativa entre pH e teor de Al³⁺

trocável e que em pH em água entre 5,4 e 5,8 aproximadamente já não existe o referido cátion na forma trocável.

Para as plantas, o alumínio é o principal elemento tóxico associado à acidez dos solos. Sua ação se faz sentir nas raízes das plantas, que paralizam o seu crescimento e sofrem alterações morfológicas profundas. Como consequência das alterações no desenvolvimento das raízes, o sistema radicular como um todo, é pouco desenvolvido e, em condições de campo, pode acarretar reduções significativas na capacidade de absorção de água e nutrientes contidos nas camadas subsuperficiais do solo, induzindo maior susceptibilidade das plantas às deficiências hídricas e nutricionais durante períodos curtos de estiagem, com reflexos negativos na produtividade (FURLANI, 1989).

Um segundo efeito do alumínio se refere à capacidade de fixação do fósforo em formas menos disponíveis no solo e/ou nas plantas (TISDALE et al., 1985).

Segundo MALAVOLTA (1980), as relações entre alumínio e fósforo têm sido muito estudadas, mas não foi estabelecida ainda explicação para o principal efeito observado (a precipitação do fosfato pelo Al) que resulta em produtos de baixa solubilidade no meio, na superfície da raiz, nos espaços intercelulares e nos tecidos condutores.

Como o alumínio, o manganês pode, também, se apresentar em quantidades tóxicas em condições de alta acidez do solo (pH abaixo de 5,0), provocando decréscimo na produtividade das culturas.

A acidez do solo influencia, também, a disponibilidade dos nutrientes para as plantas. Segundo MALAVOLTA (1985), para os micronutrientes cobre, ferro, manganês e zinco a elevação do pH causa progressiva insolubilização desses elementos e portanto, diminuição na disponibilidade. Ao contrário do que acontece com molibdênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio e magnésio que têm as suas disponibilidades aumentadas quando o pH sobe. Para MALAVOLTA (1979), quando o pH está entre 6,0 e 6,5 a disponibilidade dos macro e micronutrientes para a planta ou é máxima ou não é limitante.

A prática mais empregada para corrigir a acidez excessiva do solo é a da calagem, que além de aumentar o pH e os teores de Ca e Mg, pode reduzir o alumínio, o manganês e o ferro tóxicos e pode promover efeitos importantes para a fertilidade do solo como: a) aumento da atividade biológica no solo devido ao aumento do pH até próximo à neutralidade, portanto a fixação de N_2 pelas leguminosas e a mineralização da matéria orgânica, com conseqüente liberação de N, P e S são favorecidos com a aplicação de calcário no solo; b) aproveitamento mais eficiente pelas culturas de adubos fosfatados no solo; c) aumento na CTC (cargas negativas); d) melhoria nas condições físicas do solo; e) aumento na disponibilidade de P e Mo; f) diminuição na lixiviação de potássio aplicado (LOPES, 1989).

Basicamente, são utilizados três métodos para determinar a necessidade de calagem em solos no País: a)

critério baseado nos teores de alumínio, cálcio e magnésio trocáveis; b) método do tampão SMP; c) método baseado na elevação da saturação por bases (RAIJ, 1981).

No Estado de São Paulo, a partir de 1983 o Instituto Agronômico de Campinas passou a fazer recomendação de calcário pelo método baseado na correlação entre pH e saturação por bases, divulgado inicialmente por CATANI & GALLO (1955) e reformulado por QUAGGIO et al. (1983). Tal método constitui uma alternativa precisa e flexível, uma vez que permite o cálculo da dose de calcário para qualquer nível de saturação por bases, entre o atual do solo e aquele referente a pH 7,0, porém exige estimativa precisa do nível de saturação por bases adequado para as diversas culturas, cultivares e sistemas de manejo adequado.

2.2. Respostas da soja-perene à calagem

A correção da elevada acidez e fatores interligados, como os níveis tóxicos de alumínio e/ou manganês e das deficiências nutricionais, é imprescindível para aumentar a produção de forragem e a fixação de nitrogênio nas leguminosas.

Segundo ANDREW (1962) os efeitos da acidez do solo na nutrição das leguminosas podem ser desdobrados nos efeitos da concentração de íons hidrogênio, deficiências de cálcio e molibdênio e níveis tóxicos de alumínio e manganês. MUNNS & FOX (1977) acrescentaram que a tendência de diferen-

tes espécies responderem à calagem depende da relativa importância do alumínio, manganês, pH, cálcio, molibdênio ou outros fatores relacionados com o pH, em cada solo particular e, também, devido ao comportamento de cada espécie e seu Rhizobium associado, em relação a cada um destes fatores.

Para algumas leguminosas tropicais, ANDREW & HEGARTY (1969) encontraram a seguinte ordem relativa de tolerância à toxidez de manganês, comparada com a alfafa: Centrosema pubescens > Stylosanthes humilis > Lotononis bainesii > Macroptilium lathyroides > Leucaena leucocephala > Desmodium uncinatum > Medicago sativa > Glucine wightii > Macroptilium atropurpureum cv. Siratro.

Com relação à presença de alumínio na solução do solo, ANDREW (1978) comentou que a produção de matéria seca de Macroptilium lathyroides, Lotononis bainesii, Trifolium rupepelliianum e Stylosanthes humilis não foi deprimida até 2ppm de alumínio na solução, a de Desmodium uncinatum e Trifolium semipilosum foi deprimida com 2ppm, mas não com 1ppm ou menos. Entretanto, o crescimento de Glucine wightii e Medicago sativa foi severamente reduzido com 0,5ppm de alumínio na solução. Com respeito às plantas este autor mencionou que há fortes interrelações nutricionais: Glucine wightii e Medicago sativa são sensíveis a pH baixo, baixas disponibilidades de cálcio, fósforo e molibdênio e, também, a excesso de alumínio e manganês. Por outro lado, Lotononis bainesii e Stylosanthes humilis são relativamente tolerantes aos fatores mencionados. Já Centrosema pubescens, Macropti-

lium lathyroides, Desmodium uncinatum, Desmodium intortum, Leucaena leucocephala, Trifolium semipilosum e Trifolium rueppelianum são consideradas plantas intermediárias.

Dos trabalhos de ANDREW (1978) e de ANDREW & HEGARTY (1969) e os que serão mencionados a seguir é possível colocar a soja-perene no grupo das leguminosas forrageiras mais sensíveis à acidez do solo.

NEME & LOVADINI (1967) realizaram experimento a campo, com seis anos de duração, com soja-perene cultivada em terra de cerrado e pH de 4,2. Verificaram que a aplicação de 4, 6 e 8t de calcário/ha proporcionou aumentos na produção de matéria seca da soja-perene, respectivamente, de 69, 54 e 114%, quando comparada com a testemunha. Os valores de pH no final dos seis anos foram 5,05; 5,55 e 5,56 para as respectivas doses de calcário.

SOUTO & DÖBEREINER (1969) estudaram os efeitos da calagem (sem aplicação de carbonato de cálcio e quantidade de carbonato de cálcio para elevar o pH a 6,5) no estabelecimento de Glucine javanica SP-1 e Tinaroo. Observaram que a aplicação de carbonato de cálcio, para elevar o pH a 6,5, proporcionou redução na absorção de manganês e maior desenvolvimento e nodulação nas plantas, à época do desbaste. Ainda nesta época, o Tinaroo se mostrou mais precoce, com desenvolvimento mais rápido e mais sensível à toxidez de manganês. Por ocasião da colheita final a aplicação de carbonato apresentou efeitos significativos e positivos na produção de matéria seca, teor de nitrogênio, quantidade total

de nitrogênio e nodulação expressa em número e peso de nódulos, das duas leguminosas, sendo que o Tinaroo mostrou-se superior em relação ao SP-1 apenas na variável matéria seca.

Um Latossolo Vermelho foi utilizado por JONES et al. (1970) para o cultivo da soja-perene e verificaram que a calagem elevou o pH do solo de 4,7 para 7,6 e resultou em efeito significativo e positivo na produção de matéria seca e nitrogênio total, porém reduziu os teores de ferro, manganês, zinco e boro das plantas. Acréscimos na produção de matéria seca da soja-perene Tinaroo também foram obtidos por FRANÇA & CARVALHO (1970), em um Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado, quando o pH se elevou de 4,3 para 6,0, com o emprego da calagem.

JONES & FREITAS (1970) cultivaram a soja-perene em Latossolo Vermelho de cerrado onde aplicaram sete níveis de calagem que fizeram variar o pH de 4,5 a 6,8 e verificaram que a produção de matéria seca da soja-perene aumentou até o quinto nível de calagem (1000kg de cálcio/ha e 120kg de magnésio/ha), que elevou o pH a 6,4. Foram observados ainda os efeitos positivos da calagem nos teores de proteína, cálcio e magnésio e redução nos teores de potássio nas plantas.

RIBEIRO et al. (1970) realizaram experimento a campo com a soja-perene num solo massapé com pH = 4,5. Aplicaram 0, 2 e 4t de calcário/ha e obtiveram aumento na produção de matéria seca da leguminosa até o maior nível de calcário usado, sendo que os teores de proteína encontrados

nos tratamentos que receberam 2 e 4t de calcário/ha foram de 14,4 e 14,0%, respectivamente.

O cultivo da soja-perene Tinaroo e soja-perene Comum num Latossolo Vermelho-Escuro (pH = 4,7) foi efetuado por CARVALHO et al. (1971) que adicionaram a este solo 7t de calcário/ha, proporcionando elevação do pH para 5,8. Verificaram, nessa condição, aumento de produção de matéria seca da soja-perene Comum, enquanto que o nitrogênio total nas duas leguminosas não mostrou variação significativa.

Estudando o efeito da calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio em soja-perene Tinaroo cultivada em Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado, FRANÇA et al. (1973) obtiveram, com a aplicação de 6t de carbonato de cálcio/ha, elevação do valor pH de 4,3 para 5,7 e efeitos significativos e positivos para produção de matéria seca, teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio nas plantas.

Em experimento de campo, LOVADINI et al. (1977), trabalharam com a soja-perene num Latossolo Vermelho-Amarelo que apresentava pH 5,0 e alumínio trocável de 1,0e.mg/100ml. Aplicaram 0; 1,5 e 4,0t de calcário dolomítico/ha e obtiveram efeitos significativos e positivos para a produção de matéria seca com a aplicação da maior dose de calcário e não obtiveram diferenças significativas entre os níveis de 0 e 1,5t de calcário/ha, nos cinco cortes realizados. Com relação à produção total de proteína acumulada, dos cinco cortes, obtiveram 8% de aumento com a aplicação de 4t

de calcário/ha e o teor de proteína neste tratamento foi de 15%.

SANTOS et al. (1980) estudando, em condições de casa-de-vegetação, o efeito da aplicação de calcário sobre um Latossolo Vermelho-Amarelo e um Latossolo Vermelho-Escuro, com pH 4,7 e 4,8 e alumínio trocável de 1,7 e 0,6e.mg/100ml, respectivamente, obtiveram aumentos significativos na produção de matéria seca da soja-perene, quando o pH foi elevado para 5,4, nos dois solos. A calagem reduziu substancialmente a absorção de zinco e boro em ambos os solos e estimulou a absorção de nitrogênio no Latossolo Vermelho-Escuro.

MONTEIRO et al. (1983c), em experimento realizado em casa-de-vegetação com solos de seis localidades paulistas que apresentavam pH entre 4,7 e 5,3, os quais foram cultivados com a soja-perene Tinaroo, observaram que a ausência de calagem proporcionou reduções significativas nas produções de matéria seca em relação ao tratamento completo (pH 5,5 a 6,0) em todos os solos estudados. A quantidade total de nitrogênio foi significativamente reduzida nos solos que apresentavam pH entre 4,7 a 5,2 e as reduções nos teores de nitrogênio, em geral, estiveram associadas às diminuições significativas na produção de matéria seca e quantidade total de nitrogênio. As concentrações de cálcio e magnésio nas plantas, também sofreram reduções significativas para cinco das seis localidades estudadas, com a ausência de calagem.

Entretanto a presença de calagem reduziu significativamente a concentração de zinco e potássio na soja-perene.

MONTEIRO et al. (1983a) cultivaram a soja-perene Tinaroo num Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras com pH 4,7 e saturação por bases de 12%, o qual foi submetido a quatro níveis de calagem (0; 0,83; 1,66 e 2,49t/ha) que proporcionou elevação do pH para 5,1; 5,4 e 5,6 e elevação do nível de saturação por bases para 24,8; 34,6 e 44,8%, respectivamente. Verificaram que a produção de matéria seca e nitrogênio total da soja-perene foram crescentes até à maior dose de calcário dolomítico estudada e que os valores máximos para essas variáveis seriam obtidos com calagens superiores ao máximo nível testado. Foi observado, também, que os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco encontrados na soja-perene sofreram redução significativa com o emprego das doses de calcário.

CARRIEL et al. (1983) estudando a aplicação de nutrientes em soja-perene Tinaroo, observaram em um experimento tipo subtração, que o tratamento "completo menos calagem", em relação ao tratamento "completo" (com elevação do pH de 5,2 para 6,2) foi responsável por uma diminuição significativa na produção de matéria seca e tendência de redução na quantidade total de nitrogênio da leguminosa. Quanto aos teores dos elementos na planta observaram que o cálcio e magnésio diminuíram significativamente enquanto que os teores de manganês e zinco aumentaram significativamente no tratamento em que se omitiu a calagem.

COLOZZA et al. (1983) estudaram os efeitos da aplicação de três níveis de calcário dolomítico num Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (0; 1,20 e 2,40t/ha) e num Latossolo Vermelho-Amarelo fase terraço (0; 3,75 e 7,50t/ha) ambos cultivados com a soja-perene Tinaroo. Observaram para o primeiro e segundo cortes um efeito positivo e significativo para a produção de matéria seca e quantidade total de nitrogênio, sendo que os maiores acréscimos observados para essas variáveis, nos dois solos estudados, foram do nível intermediário para o mais alto nível de calcário aplicado.

Em experimento de casa-de-vegetação, COLOZZA & WERNER (1984) cultivaram a soja-perene Tinaroo em um Latossolo Vermelho-Amarelo cujo pH era 4,7 e alumínio trocável de 2,5e.mg/100ml e verificaram que a aplicação de 5,2t de calcário/ha elevou o pH para 5,7 e eliminou o alumínio trocável, proporcionando deste modo aumento na produção de matéria seca da soja-perene de 72 e 48% respectivamente para primeiro e segundo cortes, aumentos nas concentrações de nitrogênio, cálcio e magnésio e quantidade total de nitrogênio.

PAULINO (1990), estudando o efeito de níveis de calcário de 0; 0,93 e 2,79t/ha em um Latossolo Vermelho-Escuro álico (LEa) com pH = 4,2 e 0; 0,40 e 1,60t de calcário/ha em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVa) com pH 4,3, observou que estes níveis de calagem proporcionaram elevação do índice de saturação por bases para 18; 32 e 62%

e valores de pH 4,1; 4,4 e 5,3 para o LEa e 31; 38 e 57% de saturação por bases e valores de pH = 4,2; 4,4 e 5,2 para o LVd, de acordo com os níveis empregados de calcário. Observou que a soja-perene cultivada no LVd a calagem aumentou a produção de matéria seca e nitrogênio total até o maior nível de calcário utilizado e para o LVe os valores máximos obtidos para essas variáveis seriam alcançados com níveis de calagem superiores aos empregados.

Cultivando a soja-perene Tinaroo num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, mediante a aplicação de quatro níveis de calcário (0; 1,2; 2,4 e 3,6t/ha que corresponderam a uma saturação por bases de 13; 29; 43 e 57%, respectivamente). PREMAZZI (1991) observou que as máximas produções de matéria seca e quantidade total de nitrogênio nessa leguminosa foram obtidas ao nível de 57% de saturação por bases. Em relação à composição mineral, os nutrientes que melhor caracterizaram o efeito dos tratamentos no solo foram cálcio e magnésio cujos teores aumentaram e zinco e manganês cujos teores diminuíram em função dos níveis de saturação por bases.

2.3. Respostas do colônia à calagem

As gramíneas forrageiras tropicais não respondem ou respondem muito pouco à calagem (LOTERO et al., 1971; SPAIN et al., 1975; SIQUEIRA et al., 1980, entre outros). NEPTUNE (1975) citou que geralmente as gramíneas que respondem ao calcário são as espécies oriundas de regiões

semi-áridas e que as gramíneas nativas dos trópicos e subtropicais úmidos, onde os solos são altamente lixiviados, toleram bem a acidez. A tolerância à acidez não quer dizer que as forrageiras sejam imunes às deficiências de cálcio e magnésio, que quase sempre ocorrem em solos ácidos (FERRARI NETO, 1991). Elas respondem à aplicação de pequenas quantidades de calcário, em solos que normalmente exigem quantidades elevadas para neutralizar o alumínio e elevar o pH a valores próximos de 5,5.

Trabalhos realizados num Oxisolo de Carimagua (Colômbia) por pesquisadores do CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (1977) onde aplicaram 0; 0,5; 2 e 6t de calcário/ha e atingiram valores de saturação por alumínio na camada superficial do solo de 90; 80; 50 e 10%, respectivamente, observaram que o colônio respondeu à aplicação de 0,5t de calcário/ha, mostrando um certo nível de tolerância dessa espécie ao alumínio e a importância do cálcio e magnésio como nutrientes. Em outro experimento, também conduzido na Colômbia, pesquisadores do CIAT mostraram que a resposta dessa gramínea à calagem está relacionada com o requerimento de cálcio e obtiveram as saturações críticas no solo de 72% de alumínio e 24% de cálcio e a concentração crítica de cálcio no tecido vegetal de 0,60% (CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1981). Por outro lado, SPAIN (1978) cultivando o colônio em solução nutritiva com concentração de alumínio de 0 a 4ppm verificou redução na produção do colônio com o nível mais alto de alumínio.

Em experimento de vaso, em casa-de-vegetação, WERNER et al. (1967) estudaram os efeitos de diversos nutrientes no desenvolvimento do capim-colonião cultivado num Latossolo Vermelho-Escuro fase arenosa, com pH (em água) de 5,8. Observaram que as produções de matéria seca foram maiores nos tratamentos "com omissão de Ca e Mg" e "1/4 da dose de Ca e Mg" (34,1 e 33,1 gramas/vaso) respectivamente, em relação ao tratamento "completo" (31,4 gramas/vaso) sendo observadas diferenças significativas entre os tratamentos "completo" e "completo com omissão de Ca e Mg". A concentração de nitrogênio na matéria seca foi maior no tratamento "completo" do que nos outros dois mencionados.

WERNER et al. (1979) estudaram a resposta do capim-colonião, já estabelecido, a três níveis de calcário que corresponderam a 0; 1,50 e 3,375t de calcário/ha, os quais foram aplicados em cobertura. Observaram que, após dois anos, o pH (em água) era de 4,63, 4,85 e 5,10, respectivamente e que a produção de matéria seca no primeiro ano apresentou tendência de redução e no segundo ano esta redução foi significativa e no terceiro ano não se observou efeito algum da calagem. Os dados de proteína total seguiram o mesmo padrão observado para produção de matéria seca. Os teores de proteína e fósforo não variaram com os níveis de calagem e a calagem contribuiu para aumentar o teor de cálcio do capim no terceiro ano do experimento.

GUTERRES & GOMES (1982) estudaram o efeito de duas doses de calcário (0 e 2,5t/ha) sobre a produção de ma-

téria seca e de proteína bruta de *Panicum maximum* cv. Gatton, cultivado em condições de campo num solo pertencente à unidade de mapeamento Tupanciretã I do Rio Grande do Sul (pH 5,0). Observaram que os níveis de calcário não influíram significativamente na produção de matéria seca, na produção total e porcentagem de proteína bruta, embora tenha ocorrido uma tendência de aumento nessas variáveis com o emprego da calagem.

ITALIANO et al. (1984) realizaram experimento a campo com capim-colonião num Latossolo Amarelo textura argilosa com pH inicial de 4,5. Verificaram que a aplicação de 3t de calcário dolomítico/ha não proporcionou diferença significativa na produção de matéria seca da gramínea, quando comparada com a ausência de calcário.

CARRIEL et al. (1989) estudaram as limitações nutricionais de um Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (pH em água 5,0, Ca^{2+} e Mg^{2+} 0,3 e 0,1e.mg/100ml de T.F.S.A., respectivamente) para o cultivo do capim-colonião e verificaram que a aplicação de 2,4t de calcário dolomítico/ha fez elevar o pH final do experimento para 5,5 e os teores de cálcio e magnésio para 0,6 e 0,4e.mg/100ml, respectivamente e reduziu o teor de alumínio trocável no solo cujos efeitos foram refletidos em aumentos significativos nos teores de cálcio e magnésio dessa gramínea, sem entretanto, ser acompanhado de aumentos significativos na produção de matéria seca.

FERRARI NETO (1991) cultivou o capim-colonião num Latossolo Vermelho-Escuro, com pH (em água) de 5,5 e saturação por bases de 41%, onde aplicou 0,7t de calcário/ha a qual elevou a saturação por bases a 60%. Verificou que o colonião não respondeu significativamente à calagem e que esta gramínea é pouco exigente em cálcio e magnésio.

Alguns trabalhos realizados com capim-colonião mostram efeitos benéficos da calagem sobre a produção de matéria seca. Assim, tem-se: CHEW et al. (1980) aplicaram com 0; 3; 6 e 12t de calcário/ha num solo de floresta tropical (solo orgânico) recentemente desmatado e onde cultivaram o capim-colonião. Observaram que no primeiro ano o capim-colonião respondeu significativa e positivamente até o maior nível aplicado (pH = 4,2). Entretanto, no segundo e terceiro anos o capim-colonião não respondeu aos níveis de calagem maiores que 6t/ha (pH = 3,81).

Em um solo arenoso (pH 5,4), GOMIDE et al. (1986) estudaram durante 3 anos os efeitos da aplicação de 650kg de calcário/ha no estabelecimento e produção de matéria seca do colonião. Observaram que a incorporação do calcário antes do plantio reduziu significativamente a produção de matéria seca do primeiro corte. Já no segundo ano observaram diferenças significativas entre os tratamentos sem calcário e com calcário incorporado, cujas produções de matéria seca foram de 5,7 e 6,0t/ha, respectivamente.

PAULINO (1990), trabalhando com capim-colonião cultivado num Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, de

Nova Odessa (SP), com pH em CaCl_2 de 4,3, estudou os efeitos da aplicação de 1,60t de calcário/ha que correspondeu a uma elevação da saturação por bases do solo a 57% e concluiu que a produção de matéria seca nos quatro cortes realizados, nesta gramínea, sempre apresentou aumentos significativos com o emprego de calcário.

O efeito de quatro níveis de calcário sobre o desenvolvimento do capim-colônia cv. IZ-1, cultivado em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico com pH (CaCl_2)=4,0 e alumínio trocável 0,83meq/100cm³, foi estudado por PREMAZZI (1991). Os níveis de calagem aplicados nos vasos tiveram como objetivo a elevação da saturação por bases do solo a 30% (1,20t de calcário/ha), 50% (2,40t de calcário/ha) e 70% (3,60t de calcário/ha). Observou-se que os acréscimos significativos na produção de matéria seca no primeiro e segundo cortes e produção total foram representados por regressões quadráticas e que tais produções atingiram o máximo ao nível de 47% de saturação por bases. Com relação à quantidade total de nitrogênio acumulado e os teores de cálcio e magnésio apresentaram aumentos lineares com as doses estudadas.

2.4. Considerações sobre o uso do enxofre em solos

Entre os fatores que limitam diretamente o desenvolvimento das raízes destacam-se a toxidez de alumínio, de ocorrência generalizada em solos ácidos e a deficiência de cálcio, que se apresenta em teores trocáveis

muito baixos, em muitos solos do Brasil Central (SOUZA et al., 1992). Por estes fatos, o crescimento de raízes abaixo da camada arável é, muitas vezes, limitado, resultando em grande susceptibilidade à seca. As camadas superficiais de solos ácidos podem ser prontamente melhoradas pela incorporação de quantidades adequadas de calcário. Já no caso de subsolos ácidos, o calcário apresenta pouco benefício imediato, por ele não se movimentar rapidamente perfil abaixo (SUMNER, 1992). A melhoria do perfil do solo só com calcário é possível, mas requer tempo mais prolongado e doses superiores às recomendadas pelos laboratórios (SOUZA & RITCHEY, 1986). Além disso, a incorporação profunda do calcário é limitada por dificuldades operacionais e alto consumo de energia.

Por outro lado, trabalhos de GONZALES-ERICO et al. (1979) com milho, QUAGGIO et al. (1982a) com amendoim e QUAGGIO et al. (1982b) com soja e milho, têm demonstrado que a calagem, em doses superiores às necessárias à correção da camada arável, também proporciona correção de camadas do subsolo.

A aplicação superficial de cálcio na forma de gesso, tem promovido a melhoria do perfil do solo através da descida mais rápida de cálcio e outros nutrientes, ao contrário dos corretivos de acidez. Estudos realizados por LOPES & ALVES (1981), PAVAN et al. (1984), SOUZA & RITCHEY (1986) e GUIMARÃES (1986) entre outros, demonstraram que o

tratamento mais eficiente na redução do alumínio do subsolo, foi com o gesso.

Neste sentido, trabalhos com gesso foram feitos por REEVE & SUMNER (1972), em Oxissolos da África do Sul, os quais compararam a eficiência do Ca(OH)_2 e do $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ na redução da saturação por alumínio no subsolo. Verificaram que, enquanto o Ca(OH)_2 reduziu de 57 para 53% da saturação por alumínio, a mesma quantidade de cálcio, na forma de sulfato, reduziu em 43%.

Trabalhando com amostras de um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso RITCHEY et al. (1981) verificaram que o cálcio do sulfato de cálcio (em doses equivalentes a 2t de Ca/ha) movimentou-se em profundidade com a maior concentração entre 45-60cm. Pesquisadores da EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1982) verificaram que em um solo Latossolo Vermelho-Amarelo que havia recebido 4t de calcário/ha e 0; 2,5 e 5,0t de gesso/ha, após quatro anos, onde se aplicou apenas calcário, o cálcio e o magnésio haviam se movimentado até 35cm de profundidade, enquanto que nos tratamentos que receberam gesso, atingiram camadas mais profundas, tendo sido encontrados teores próximos de 1,0e.mg/100g na profundidade de 75-90cm.

Revisando trabalhos com várias culturas em solos intemperizados do Brasil, África do Sul e Sudeste dos Estados Unidos, SUMNER (1992) destacou os efeitos benéficos do gesso na melhoria das condições químicas dos solos como o decréscimo do alumínio trocável e aumento do cálcio trocável

em profundidade, que permitiram um enraizamento das culturas em profundidade e conseqüentemente maior absorção de água do subsolo.

Segundo MALAVOLTA et al. (1986) a utilização do gesso, não se considerando o seu uso em doses pequenas como fonte de cálcio e de enxofre, justifica-se em solos onde haja alta saturação por alumínio e baixo teor de cálcio, em camadas abaixo da arável, onde há dificuldade para o desenvolvimento do sistema radicular.

O entendimento do mecanismo pelos quais o gesso reduz o efeito tóxico do alumínio no solo não é tão simples. Algumas hipóteses têm sido sugeridas por vários autores para explicar tal mecanismo. RAIJ (1992) apresentou um resumo dessas hipóteses como segue: a) uma possibilidade seria a liberação de OH^- das superfícies dos óxidos de ferro e alumínio pelo SO_4^{2-} , através de troca de ligantes, com a formação de formas progressivamente hidroxiladas, iniciando-se com AlOH^{2+} , chamado de autocalagem; b) a precipitação com formação de minerais, como a alunita, e; c) a lixiviação de alumínio acompanhando o gesso, o que pode ser em parte favorecida pela formação dos pares iônicos ou complexos como o AlSO_4^+ ou de fluoreto de alumínio.

O gesso quando adicionado ao solo se dissolve em velocidade que depende da dosagem e da quantidade de água aplicada. Após a dissolução, é iniciado o processo de movimentação no solo cuja taxa depende do fluxo de água e das propriedades químicas do solo (SOUZA & RITCHEY, 1986).

Os dados do trabalho de Souza et al.¹ citado por SOUZA & RITCHEY (1986) em que foi observada a distribuição de $S-SO_4^{2-}$ em diferentes profundidades num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado (com pH 5,5) e que tinha recebido 6t de gesso/ha e submetido a diferentes lâminas de água, verificaram que a redução no teor de $S-SO_4^{2-}$ na camada de 0 a 15cm do solo foi tanto mais acentuada quanto maior a quantidade de água percolada e que nesse valor de pH a retenção de $S-SO_4^{2-}$ era mínima ou quase nula. A movimentação média do pulso de $S-SO_4^{2-}$, após a precipitação de 1154mm de água, foi de 0,4mm/mm de água, reduzindo-se para 0,3mm/mm de água, quando o total de água acumulada foi de 2276mm. Verificaram que a partir daí, o $S-SO_4^{2-}$ movimentou-se muito pouco, reduzindo a sua intensidade. Como o pH do solo abaixo dos primeiros 20cm era ácido, os autores comentaram que o $S-SO_4^{2-}$ provavelmente passou a ser retido pelo solo, o que reduziu a velocidade de movimentação do pulso, pois, segundo COSTA (1980), quanto maior o pH menor a capacidade de retenção de $S-SO_4^{2-}$ pelo solo.

Além da movimentação de cálcio em profundidade o gesso pode provocar deslocamento vertical de magnésio e potássio, podendo provocar deficiência desses nutrientes, caso desçam a profundidades abaixo daquelas ocupadas pelas raízes.

¹ SOUZA et al., dados não publicados, 1986.

Segundo COSTA (1980), a utilização do calcário combinada com a aplicação do gesso, além de favorecer a menor retenção de $S-SO_4^{2-}$ na camada arável, devido ao aumento de pH e da CTC do solo pela calagem (criando cargas negativas), aumenta a retenção de potássio, além de fornecer cálcio e magnésio.

REEVE & SUMNER (1972) em estudos em casa-de-vegetação, mostraram que a aplicação de gesso acima de 3meq/100g, causaram perdas de mais da metade do magnésio reativo (cerca de 1,7meq/100g).

Experimentos conduzidos em condições de coluna e de campo mostraram que aplicações isoladas de gesso promoveram uma lixiviação de potássio muito mais intensa do que a observada quando se aplicou calcário e gesso. Esse fato é explicado pelo aumento da CTC do solo (RITCHEY et al., 1981 e EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 1982).

ROSOLEM & MACHADO (1984) observaram experimentalmente num Latossolo Vermelho-Escuro textura média que a aplicação de gesso (1,8; 3,6 e 5,5t/ha) promoveu grande perda de potássio até uma profundidade de 40cm e que, com a associação gesso e calcário, essa lixiviação foi evitada em parte.

QUAGGIO (1992) aplicou 0; 2; 4 e 6t de calcário/ha e a mesma quantidade de gesso em um Latossolo Vermelho-Escuro endoeutrófico Podzólico e verificaram que na ausência de calagem, o gesso provocou perdas consideráveis

de magnésio da camada arável para outras mais profundas do perfil do solo (20-40cm e 40-60cm) e que essa perda de magnésio foi proporcionalmente menor quando o gesso foi aplicado juntamente com o calcário. Resultados semelhantes a estes, também, foram obtidos por QUAGGIO et al. (1982a) quando aplicaram 0; 1 e 2t/ha de gesso e 0; 1,5; 3; 4,5 e 6t de calcário/ha num Latossolo Roxo distrófico.

2.5. Teor de enxofre e a relação N/S em soja-perene e colônia

O enxofre é um macronutriente aniônico e desempenha papel importante na estrutura das proteínas e nas reações enzimáticas. É constituinte dos aminoácidos cistina, cisteína e metionina e está ligado, também, às vitaminas biotina e tiamina e à coenzima A. Faz parte da ferredoxina, molécula responsável pela transferência de elétrons, portanto envolvida na fotossíntese, fixação do N_2 do ar e na redução de compostos oxidados como nitrato (MALAVOLTA, 1980).

Segundo ANDREW (1962), em leguminosas, este elemento é importante para o metabolismo do nitrogênio. ROBSON (1978) comentou que embora o enxofre seja componente da nitrogenase, enzima fixadora de nitrogênio, a sua necessidade para o metabolismo do nitrogênio é maior fora do que dentro do nódulo.

As necessidades das plantas em enxofre têm sido avaliadas pela análise de tecido da planta, através das

determinações de enxofre total, enxofre sulfato e relação N/S (WERNER & MONTEIRO, 1988).

Em plantas forrageiras a relação N/S têm sido usada com frequência para avaliar o estado nutricional das mesmas, bem como, para avaliar a produção máxima de forragem, uma vez que essa relação, segundo PUMPHREY & MOORE (1965) e SPENCER et al. (1977), tem a vantagem de permanecer relativamente constante nos diversos estádios de desenvolvimento da planta, ao contrário do que acontece com as concentrações de enxofre total e enxofre sulfato, que apresentam um rápido declínio nos seus níveis com o desenvolvimento das plantas.

DIJKSHOORN et al. (1960) observaram que as proteínas vegetais apresentavam uma proporção constante entre N e S (17:1) e acreditaram que o nitrogênio e o enxofre assimilado pelas plantas obedeciam proporção similar a essa. Verificaram ainda que, em condições adequadas de enxofre, o acúmulo de sulfato pode refletir-se em baixa relação N/S, mas em condições onde o enxofre é deficiente há um acúmulo de nitrogênio não protéico resultando em uma relação N/S alta.

Posteriormente DIJKSHOORN & WIJK (1967), revisando vários trabalhos, verificaram que, quando a planta atinge a maturidade, a relação N/S tende a se estabilizar em 13,7:1 para as gramíneas e 17,5:1 para as leguminosas, sendo que, para gramíneas uma relação N/S menor que 15:1, indica acúmulo de enxofre inorgânico e uma relação N/S de 20:1

ocorre deficiência severa de enxofre. Neste caso ocorre uma redução na taxa de síntese de proteína provocando uma acumulação de nitrogênio não protéico (STEWART et al., 1966)

SPENCER et al. (1977), trabalhando com leguminosas forrageiras consideraram como relação crítica N/S os valores entre 16:1 a 19:1.

JONES & QUAGLIATO (1970) aplicaram cinco níveis de enxofre (0; 10; 20; 30 e 60kg de S/ha) num Latossolo Vermelho-Escuro de campo cerrado e cultivaram leguminosas forrageiras, entre elas a soja-perene. Verificaram que para essa leguminosa a aplicação das doses de enxofre pareceu não influenciar significativamente a produção de matéria seca até a terceira colheita. As porcentagens de enxofre nessas leguminosas foram crescentes com o emprego das doses de enxofre e diminuíram com as colheitas, variando na primeira colheita de 0,11 a 0,21%, na segunda colheita de 0,05 a 0,12% e na terceira colheita de 0,07 a 0,14%. A relação N/S diminuiu com o aumento das doses de enxofre e na terceira colheita os autores comentaram que a soja-perene apresentava deficiência de enxofre, uma vez que a relação N/S era alta (variou de 46,8 a 21,1:1 com os níveis de enxofre).

ANDREW (1977), em experimentos a campo e em casa-de-vegetação com várias leguminosas forrageiras, verificaram que as produções de matéria seca e porcentagem de nitrogênio da soja-perene sempre aumentaram significativamente com o emprego dos níveis de enxofre (0; 2,5; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 e 30,0kg de S/ha) e encontraram excelentes

correlações entre teores de N e de S na parte aérea da leguminosa, tendo considerado como concentração crítica de enxofre valores de 0,17 a 0,18%. A relação crítica de N/S estava entre 13 a 20 para essa leguminosa.

MONTEIRO et al. (1983b) estudaram o efeito de doses de gesso (0; 30; 60; 90 e 120kg de enxofre/ha) numa Areias Quartzosas (AQ) e num Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (PVLs) cultivado com centrosema, siratro, galáxia e soja-perene e constataram diminuição significativa na relação N/S das leguminosas com a elevação das doses de gesso, com exceção do siratro. Para a soja-perene observaram, também, que essa variação significativa na relação N/S (27; 14; 10; 8 e 8 na AQ e 37; 23; 15; 11 e 12 no PVLs de acordo com os níveis de enxofre estudados) não era acompanhada de uma alteração significativa na produção de matéria seca e na porcentagem de nitrogênio. Os teores de enxofre nesta leguminosa apresentaram efeito linear e significativo e foram de 0,05; 0,07; 0,11; 0,15 e 0,14% na AQ e 0,05; 0,07; 0,11; 0,15 e 0,14% no PVLs, respectivamente para os níveis de enxofre estudados.

Analisando a parte aérea do colônio cultivado em vasos em um Latossolo Escuro, HAAG et al. (1967), encontraram relação N/S, para este capim, da ordem de 15:1; 19:1 e 12:1, respectivamente aos 28, 56 e 84 dias de crescimento. WERNER & HAAG (1972) trabalhando com o colônio encontraram teores de enxofre entre 0,15 e 0,11% em plantas normais e de 0,10 a 0,08% em plantas deficientes desse ele-

mento. Por sua vez, GALLO et al. (1974), estudando a composição química de forragens tropicais, coletadas no Estado de São Paulo, encontraram, valores de dispersão para o enxofre variando de 0,012 a 0,167% na matéria seca e média das 41 amostras de 0,06% de S.

WILSON et al. (1981) trabalhando em condições tropicais das Bahamas, em área recentemente desmatada, onde cultivaram o colonião, observaram que aos 63 dias de crescimento esta gramínea apresentava uma relação N/S de 16:1 e teor de enxofre de 0,13%.

HADDAD (1983) cultivando o colonião em um solo de cerrado, em condições de casa-de-vegetação, verificou aos 60 dias de crescimento, que a relação N/S que permitiu a máxima produção de matéria seca foi de 11,1:1 e foi obtida com o emprego de 55 a 60kg de S/ha.

SMITH & SIREGAR (1983) apresentaram dados para um grupo de gramíneas forrageiras tropicais (entre elas havia um Panicum) e sugeriram que o nível crítico de enxofre para tais plantas, aos 28 dias de rebrota, estaria entre 0,07 e 0,11%.

MONTEIRO & CARRIEL (1987), trabalhando com o colonião cultivado em dois solos, que receberam 0; 30; 60; 90 e 120kg de enxofre/ha, verificaram que houve variação significativa na produção de matéria seca e a relação N/S variou entre 16,9:1 a 4,7:1 por ocasião do primeiro corte e 29:1 a 2,8:1 para o segundo corte do capim-colonião no solo Areias Quartzosas. Onde não se aplicou enxofre, verificaram

que a relação N/S, nos dois cortes, excedia a 13,7:1 evidenciando deficiência desse elemento no capim. Mediante a aplicação de enxofre a relação N/S no capim decrescia e o valor 13,7:1 foi atingido, à época do segundo corte, com a aplicação de 30kg de S/ha. Com esse nível de enxofre a porcentagem desse nutriente na gramínea era de 0,12%. Para o Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, a produção de matéria seca, em ambos os cortes não sofreu variação significativa com os níveis de gesso e, somente no segundo corte, houve aumento significativo no teor de enxofre e diminuição significativa na relação N/S com as doses de gesso. A aplicação de 40kg de S/ha resultou numa relação N/S de 13,7:1 e numa porcentagem de enxofre de 0,08.

2.6. Respostas da soja-perene ao gesso

As leguminosas como possuidoras de altos teores de proteínas, exigem quantidades mais elevadas de enxofre do que as gramíneas para o seu desenvolvimento; tendo ainda este elemento, nestas plantas, papel na formação e desenvolvimento dos nódulos, bem como no processo de fixação de N_2 pelas mesmas (WERNER, 1986).

HEWITT (1958) comentou que o enxofre é requerido para a conversão em proteína, do nitrogênio não protéico, quer o absorvido do solo, quer o fixado da atmosfera via sistema simbiótico. Embora o enxofre seja um dos componentes da nitrogenase, a sua necessidade para o metabolismo

do nitrogênio é maior fora do que dentro do nódulos (ROBSON, 1978).

As pesquisas têm mostrado efeitos positivos da aplicação de gesso, como fonte de enxofre, em leguminosas forrageiras (McNAUGHT & CHRISSTOFFELS, 1961; PUMPHREY & MOORE, 1965; ANDREW, 1977; GUTTERIDGE, 1981; NOVAES et al., 1988, entre outros).

Num Latossolo TERGAS (1977) aplicou cinco níveis de enxofre (0; 25; 50; 100 e 200ppm de S) na forma de gesso e 100ppm de S na forma de enxofre elementar e observou diferenças de produção de matéria seca entre várias espécies de leguminosas forrageiras tropicais estudadas. Centrosema, dolicos e kudzu-tropical não responderam à aplicação de enxofre em qualquer forma de fertilização. A soja-perene respondeu significativamente a níveis de 25ppm de enxofre na forma de gesso a partir do primeiro corte, no terceiro e último corte não houve diferença significativa entre o nível de 100ppm de enxofre na forma de gesso e de enxofre elementar. Para o siratro observou resposta significativa a 50 e 25ppm na forma de gesso e para o segundo e terceiro cortes, respectivamente.

CARRIEL et al. (1983) conduziram experimentos em vasos, com um Latossolo Vermelho-Escuro orto, o qual era proveniente de uma pastagem de capim-jaraguá consorciado com soja-perene, centrosema, siratro e estilosantes. Verificaram que o emprego de 90kg de enxofre/ha, na forma de gesso, resultou em aumentos de 8% na produção de matéria seca e li-

geiros aumentos no teor de nitrogênio da soja-perene, e em consequência desses aumentos, constatarem elevação significativa na quantidade total de nitrogênio da parte aérea da leguminosa. Quando aplicaram 30kg de enxofre/ha não foi verificado o mesmo efeito.

COLOZZA et al. (1983) empregaram níveis de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos (Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras e Latossolo Vermelho-Amarelo fase terraço), cultivados com soja-perene Tinaroo. Verificaram que ambos os solos eram pobres em enxofre para o normal crescimento e fixação de nitrogênio da soja-perene. O gesso, como fonte de enxofre, mostrou efeitos expressivos sobre as variáveis estudadas na leguminosa apenas quando usado após correção adequada da acidez do solo e da deficiência de magnésio, através do calcário dolomítico. Também, observaram, nos dois solos, ligeira redução do teor de alumínio trocável e no pH e aumento no teor de cálcio trocável, com a aplicação de gesso no solo.

Em experimentos em vasos, MONTEIRO et al. (1983b) cultivaram soja-perene, centrosema, siratro e galáxia em um solo Areias Quartzosas e um Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, nos quais foram aplicados cinco níveis de enxofre (0; 30; 60; 90 e 120kg/ha) na forma de gesso. As respostas mais expressivas, em termos de produção de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e nodulação, foram verificados para o siratro nas Areias Quartzosas, com aplicações em torno de 76 a 86kg/ha de enxofre. A

dose de gesso equivalente a 60kg/ha de S incrementou significativamente a nodulação da galáxia nas Areias Quartzosas, e levou a uma tendência de aumento de produção de matéria seca e quantidade total de nitrogênio dessa leguminosa. Para a soja-perene o emprego de 30kg/ha de enxofre proporcionou os expressivos aumentos (em relação ao nível zero) de 15; 14 e 26%, respectivamente, na produção de matéria seca, no nitrogênio total e peso de nodulos secos dessa leguminosa cultivada no Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras. Os níveis de gesso proporcionaram aumentos significativos nos teores de cálcio e enxofre no tecido foliar da soja-perene e centrosema cultivadas no Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras.

2.7. Respostas do colônio ao gesso

As gramíneas, geralmente, são menos exigentes em enxofre do que as leguminosas. SANCHES (1976) citou que, em geral, de 10 a 40kg de enxofre/ha por ano são suficientes para prevenir quaisquer sintomas de deficiência de enxofre nas plantas. Quando o solo e a atmosfera não suprem essa quantidade necessária, podem ser esperadas respostas à aplicação de fertilizantes que contenham enxofre.

Em trabalho de revisão de literatura feito por VITTI & NOVAES (1986), os autores apresentaram uma série de trabalhos em que as respostas das gramíneas à aplicação de enxofre, também é dependente de uma adubação adequada com N e P.

Em pastagens de gramíneas tropicais e/ou temperadas, a aplicação de gesso, como fornecedor de enxofre, tem proporcionado grandes benefícios no aumento de produção e valor nutritivo destas pastagens (McCLUNG & QUINN, 1959; JONES, 1964; WOODHOUSE, 1969; MATOCHA, 1971 e FREITAS & JONES, 1982).

Em experimento de pastejo com capim-colonião estabelecido há mais de 10 anos, QUINN et al. (1961) registraram benefícios decorrentes da aplicação de 60kg de enxofre/ha, sob a forma de gesso, sobre a capacidade de suporte da pastagem e produção de carne por hectare quando o colonião era adubado, também, com 200kg N/ha e 200kg P_2O_5 /ha. Observaram, ainda, que nas pastagens não adubadas com N e P não houve resposta ao enxofre e que não havia economicidade de fertilização com enxofre e fósforo sem a presença de níveis adequados de N.

Em condições de casa-de-vegetação HADDAD (1983) cultivou o capim-colonião num solo ácido de cerrado, o qual recebeu 5 níveis de enxofre na forma de gesso (0; 20; 40; 60 e 80kg de S/ha e 3 níveis de nitrogênio (0; 100 e 200kg de N/ha). Verificou que houve efeito quadrático do enxofre, bem como, uma interação positiva entre esses nutrientes na produção de matéria seca do capim-colonião. As doses de enxofre que permitiram máxima produção de matéria seca variaram de 55 a 60kg/ha, respectivamente para as doses de 100 e 200kg de N/ha. As relações N/S e P/S na parte aérea aos 60 dias de cultivo que permitiram máxima produção de ma-

téria seca, variaram, respectivamente de 11,1:1 a 11,5:1 e 1,3 a 1,8:1. O gesso funcionou, também como fonte de enxofre e cálcio para o capim-colonião.

Num Latossolo Vermelho-Amarelo, com 8ppm de $S-SO_4^{2-}$, e num Latossolo Vermelho-Escuro, com 5ppm de $S-SO_4^{2-}$, ambos do Estado de São Paulo, MALAVOLTA et al. (1984), compararam o efeito de três fontes de enxofre (sulfato de amônio, sulfato duplo de potássio e magnésio e gesso) e duas doses de enxofre (30 e 60kg de S/ha) na produção de matéria seca do colonião. Dos dados obtidos os autores sugeriram que essas fontes foram praticamente equivalentes e que a dose que proporcionou a maior produção de matéria seca do capim (total de 5 cortes) foi 30kg de S/ha. Os seguintes níveis e relações foram indicativos de deficiência de enxofre: 0,10 a 0,15% de S e N/S > 20.

Em experimento de parcelas, localizado em área de cerrado, em solo classificado como Areias Quartzosas, LEITE et al. (1986) estudaram os efeitos de níveis de gesso (correspondentes a 0; 45 e 90kg de S/ha) combinados com fontes de fósforo sobre o colonião já estabelecido. Verificaram que os aumentos da produção de matéria seca e da quantidade de proteína bruta devidos às aplicações de gesso foram mais acentuados no primeiro ano, mas não chegaram a ser significativos. Os teores de enxofre na forragem aumentaram linearmente no primeiro ano, com os níveis de gesso (0,11 a 0,13%). Isto não se repetiu no segundo e terceiro anos (0,07 a 0,08%), quando esses teores foram bem inferiores.

res aos encontrados no primeiro ano. Os teores de cálcio também aumentaram com as doses de gesso.

MONTEIRO & CARRIEL (1987), em experimento de vaso, cultivaram o colonião numa Areias Quartzosas (pH em água = 5,3 e alumínio trocável = 0,45e.mg/100ml) e num Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras (pH em água 5,2 e alumínio trocável = 0,85e.mg/100ml) os quais receberam 0; 30; 60; 90 e 120kg de enxofre/ha, na forma de gesso. Verificaram que o colonião respondeu mais aos níveis de enxofre na Areias Quartzosas e que 75kg de S/ha nesse solo foi o necessário para a máxima produção de matéria seca desse capim. Observaram, também, que em qualquer dos solos, um mínimo de 30 a 40kg de S/ha foi necessário para a gramínea ter de 0,08 a 0,12% de S na parte aérea, bem como apresentar uma relação N/S de 13,7:1. A aplicação de níveis de gesso resultou em acréscimos na porcentagem de cálcio e em decréscimos na porcentagem de potássio no tecido vegetal, bem como contribuiu para elevar o teor de cálcio trocável e diminuir o pH, em ambos os solos.

2.8. Respostas da consorciação soja-perene e colonião a gesso

Trabalhos em condições de campo testando o efeito do gesso como fonte de enxofre em pastagens consorciadas tropicais são encontrados em menor número, em relação às respectivas espécies em cultivo exclusivo. Contudo, eles têm demonstrado que a aplicação desse produto tem se mos-

trado benéfico à produção de forragem (capins e leguminosas) e à nodulação e fixação de N_2 , aumentando os teores desse elemento e reduzindo a relação N/S nas forrageiras.

LEITE et al. (1985) estudaram o efeito da aplicação de 0; 45 e 90kg de S/ha de enxofre, como gesso, combinados com superfosfato triplo, fosfato de Araxá e fosforita de Olinda, numa consorciação de capim-colonião com siratro, estabelecida numa Areias Quartzosas. Verificaram os autores que, na presença do superfosfato triplo, a adubação com enxofre teve efeito positivo sobre a produção de matéria seca do capim no primeiro e segundo ano e negativo sobre a da leguminosa no primeiro ano. Os teores de enxofre no colonião e siratro apresentavam-se muito baixos e sofreram aumentos significativos e lineares em função da adubação com enxofre, no primeiro ano e somente para o colonião no segundo ano. A relação N/S era alta, especialmente no siratro e os autores acreditaram ser esta uma das causas da baixa proporção da leguminosa no estande. Comentaram que o solo sendo arenoso, o gesso aplicado no plantio teria sido, em boa parte lixiviado para fora do alcance das raízes, comprometendo o suprimento de S durante o crescimento das forrageiras, principalmente para a leguminosa.

Como mencionado anteriormente, existem poucos trabalhos estudando o efeito do gesso em pastagens consorciadas tropicais, entretanto na literatura encontra-se um volume maior de trabalhos testando o seu efeito em pastagens consorciadas com leguminosas e gramíneas temperadas.

ADAMS (1973) semeou uma mistura de trevos em uma pastagem formada há anos somente com gramíneas e estudou a efetividade de sulfato de potássio, enxofre elementar, bem como a frequência de aplicações de gesso em doses de 0 a 88kg de S/ha. Um mínimo de 22kg de S/ha foram necessários, no primeiro ano, para o estabelecimento do trevo na pastagem. Quando se aplicou mais do que 22kg de S/ha num período de quatro anos, as aplicações parceladas resultaram em maiores produções de matéria seca na pastagem. A produção do capim não sofreu variação no primeiro ano, mas foi aumentada nos três anos subseqüentes. O autor comentou que o aumento na produção do capim, a partir do segundo ano, foi devido ao incremento do fornecimento de nitrogênio causado pela maior eficiência de fixação deste elemento pela leguminosa, em função da adubação com enxofre.

Em uma pastagem consorciada que apresentava deficiência de enxofre e onde o trevo branco praticamente tinha desaparecido da consorciação WALKER et al. (1956) aplicaram cinco níveis de gesso e introduziram uma mistura de trevos e verificaram que as produções de matéria seca e concentrações de N e S na gramínea e nos trevos foram significativamente aumentadas pela aplicação do gesso e que os maiores aumentos foram obtidos com a aplicação de 47kg/ha desse produto. Os aumentos obtidos na produção dos trevos foram maiores do que os observados para as gramíneas. Os autores comentaram que os significativos aumentos observados nas gramíneas pela aplicação dos níveis de gesso foram devi-

dos à maior eficiência da fixação de N_2 pelas leguminosas, com conseqüente transferência de nitrogênio para as gramíneas.

MONTEIRO (1986), usando um Spodosol que vinha suportando uma consorciação de trevo branco com pensacola bahiagrass por um período aproximado de 30 anos e que em 1980, 1981 e 1983/84 recebeu respectivamente 40, 70 e 90kg de S/ha, verificou que a fertilização com enxofre resultou em significativos aumentos na produção de matéria seca da forragem e na quantidade de N e S em ambas as forrageiras durante o período de 1981 a 1984. Esses aumentos foram observados em 14 das 16 colheitas realizadas no período. O trevo branco teve aumentada a sua concentração de S e diminuída a relação N/S na forragem, em função das fertilizações com enxofre. O autor comentou que o sistema radicular profundo da pensacola conseguiu extrair enxofre presente nas camadas mais profundas do solo. O enxofre extraível foi maior entre 75 a 90cm do que nas camadas mais superficiais, mas a lixiviação de enxofre foi considerado o fator mais importante pela baixa recuperação desse elemento contido no fertilizante aplicado.

2.9. Associação calagem e gesso em pastagens

Na literatura consultada não se conseguiram informações disponíveis sobre o emprego do calcário seguido do gesso ou do uso conjunto dos dois em pastagens exclusivas de gramíneas, de leguminosas e/ou consorciadas.

Entretanto, a literatura contém um volume maior de trabalhos envolvendo a associação de gesso e calcário em culturas anuais ou perenes de interesse econômico. Assim, vários trabalhos envolvendo doses e modo de aplicação do gesso e calcário foram desenvolvidos, entre os quais os de QUAGGIO et al. (1982a) com amendoim; GUILHERME (1985) com milho e na sucessão soja/trigo; OLIVEIRA et al. (1992) com arroz; MORELLI et al. (1992) com cana de açúcar; SUZUKI et al. (1992) com maçã e outros. Tais trabalhos ressaltam a vantagem dessa associação pelo fato de que o gesso promove a movimentação dos seus componentes no perfil do solo fornecendo cálcio e diminuindo a saturação por alumínio nas camadas inferiores, além de fornecer enxofre, enquanto que o calcário promove a elevação de pH e da CTC e reduz perdas de potássio e magnésio, além de fornecer magnésio e cálcio, tudo isso se refletindo em aumento de produção das culturas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O experimento foi instalado em área da Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, SP, localizada nas coordenadas geográficas de 22°42' latitude sul, 47°18' longitude oeste, com altitude de 500 metros sobre o nível do mar.

3.2. Solo

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Coletaram-se amostras do solo as quais foram analisadas quimicamente e cujos resultados foram: matéria orgânica = 1,9%; pH(CaCl₂) = 4,0; P(resina) = 3ppm; K = 0,09; Ca = 0,2; Mg = 0,1; H + Al = 3,8; S = 0,4; T = 4,2; expressos em e.mg/100ml de T.F.S.A. e V = 10%. A análise granulométrica apresentou as seguintes características físicas: 29% de argila, 13% de silte, 43% de areia fina e 15% de areia grossa.

3.3. Espécies estudadas

Estudou-se uma consorciação da leguminosa soja-perene cv. Tinaroo (*Neonotonia wightii* (Wight & Arn) Lakey cv. Tinaroo) com o colônio (*Panicum maximum* Jacq. cv. IZ-1).

3.4. Preparo do solo e calagem

O preparo do solo, realizado em setembro de 1986, constou de uma roçada da vegetação existente. O número de arações e gradagens foi o necessário para que o solo ficasse o mais homogêneo e bem preparado possível. Após, seguiu-se o estaqueamento e identificação das parcelas. Cada parcela mediu 6m x 3m (18m²).

As quantidades de calcário empregadas foram determinadas, de acordo com o critério de elevação do índice de saturação por bases do solo e a fórmula utilizada para determinação da necessidade de calcário (NC) segundo RAIJ (1981) foi:

$$NC = (V_2 - V_1) T \cdot f / 100$$

onde:

NC = expresso em t de calcário/ha;

V_2 = saturação por bases necessária para a cultura ser implantada;

V_1 = saturação por bases atual do solo;

T = capacidade de troca de cátions;

f = fator de correção para PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) do calcário a ser utilizado.

Estudaram-se três doses de calcário dolomítico sendo que a dose zero de calcário correspondeu à saturação por bases original do solo ($V = 10\%$), a dose intermediária correspondeu à dose de calcário visando a elevação do índice de saturação por bases do solo a 35% e a dose máxima correspondeu àquela para elevação daquele índice a 60%.

Dessa maneira, o calcário dolomítico aplicado no solo obedeceu às doses de 0; 1,6 e 3,2t do corretivo/ha, o que correspondeu a 0; 2,97 e 5,94kg de corretivo por parcela.

O calcário aplicado foi um calcário dolomítico com PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) de 65% e contendo 24,9% de CaO e 17,6% de MgO.

A incorporação do calcário dolomítico foi na profundidade de mais ou menos 25cm com auxílio de enxada rotativa e realizada em 02/10/86. O solo assim preparado permaneceu em repouso até o plantio.

3.5. Semeadura

Após a incubação do solo, as parcelas foram sulcadas manualmente, a uma profundidade em torno de 5 a 7cm, de modo que cada parcela possuísse 15 sulcos com 40cm de distância um do outro.

O plantio das forrageiras foi realizado em 09/01/87 e foi feito manualmente e alternado, isto é, um sulco recebeu as sementes da soja-perene e o sulco seguinte as do colonião, até que se completassem os 15 sulcos por

parcelas, totalizando dessa maneira, para cada parcela, 8 sulcos com leguminosa e 7 sulcos com capim.

As quantidades de sementes usadas foram 10kg de sementes de soja-perene/ha, com valor cultural de 45% e 6kg de sementes de colônia/ha, com valor cultural de 30%. Antes do plantio as sementes da soja-perene foram escarificadas mecanicamente com lixa para quebra de dormência física.

3.6. Adubação

A adubação básica foi diferenciada para cada espécie estudada de acordo com o método proposto por WERNER (1986). Desta forma, a soja-perene recebeu nos 8 sulcos de cada parcela o equivalente a 80kg de $P_{2}O_{5}$ /ha; 60kg de $K_{2}O$ /ha; 0,5kg de B/ha; 2,0kg de Zn/ha; 2,0kg de Cu/ha e 0,25kg de Mo/ha, respectivamente na forma de superfosfato triplo, cloreto de potássio, bórax, sulfato de zinco, sulfato de cobre e molibdato de sódio e nos outros 7 sulcos onde se plantou o colônia o equivalente a 20kg de $P_{2}O_{5}$ /ha, na forma de superfosfato triplo.

A adição do gesso, nos tratamentos em que coube, foi executado à base de 0; 300 e 600 kg/ha, o que correspondeu a 0; 0,540 e 1,080 kg por parcela por ocasião do plantio e somente nos sulcos da leguminosa. O gesso aplicado continha 25% de CaO e 15% de S.

Após a abertura dos sulcos, em cada parcela, seguiu-se a aplicação da adubação básica diferenciada para

cada espécie e a aplicação das doses de gesso de acordo com os tratamentos. Em seguida os adubos e o gesso foram cobertos com uma camada de terra, recebendo após este procedimento alternadamente, as sementes de colônia e soja-perene, as quais foram cobertas por uma camada fina de terra.

Após cada corte, com exceção do primeiro, aplicou-se em cobertura 150kg de cloreto de potássio/ha. As doses de gesso foram reaplicadas em 18/01/88, 02/02/89 e 29/03/90 ocasião em que se completavam o primeiro, segundo e terceiro anos de avaliação, respectivamente.

Adubação de reposição com fósforo foi realizada após o oitavo corte (no segundo ano) onde se aplicaram 45kg de P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo e com micronutrientes na forma de FTE-Br 16 realizada após o quinto (primeiro ano) e décimo primeiro cortes (terceiro ano), na quantidade de 40kg/ha.

Os adubos cloreto de potássio, superfosfato triplo, FTE-Br 16 e as reaplicações de gesso foram feitas em cobertura.

3.7. Tratos culturais

Durante o estabelecimento e o transcorrer do experimento foram realizadas capinas manuais sucessivas para evitar-se a concorrência de ervas daninhas.

3.8. Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 9 tratamentos e 3 repetições.

A análise de variância obedeceu a um esquema fatorial 3×3 (doses de calcário $\times$ doses de gesso). A Tabela 1 mostra o esquema geral para análise de variância.

As doses de calcário corresponderam a: calcário 0 = ausência de calcário; calcário 1 = calagem proposta para elevação do índice de saturação por bases a 35% ou 1,6t de calcário dolomítico/ha e calcário 2 = calagem proposta para elevação do índice de saturação por bases a 60% ou 3,2t de calcário dolomítico/ha.

Quanto às doses de gesso, a correspondência foi: gesso 0 = 0kg de gesso/ha; gesso 1 = 300kg de gesso/ha e gesso 2 = 600kg de gesso/ha.

Os tratamentos empregados, foram os seguintes:

- 1- calcário 0 + gesso 0
- 2- calcário 1 + gesso 0
- 3- calcário 2 + gesso 0
- 4- calcário 0 + gesso 1
- 5- calcário 1 + gesso 1
- 6- calcário 2 + gesso 1
- 7- calcário 0 + gesso 2
- 8- calcário 1 + gesso 2
- 9- calcário 2 + gesso 2

Tabela 1 - Esquema geral para análise de variância

Fontes de variação	Graus de liberdade
Blocos	2
Doses de calcário(C)	2
Doses de gesso(G)	2
Interação(C*G)	4
Resíduo	16
Total	26

3.9. Colheitas e Preparo das amostras

Os cortes de avaliação foram realizados com intervalos variáveis segundo o desenvolvimento das forrageiras e nas seguintes datas: 17/03/87 (1º. corte), 23/04/87 (2º. corte), 06/07/87 (3º. corte), 04/11/87 (4º. corte) e 18/01/88 (5º. corte) completando-se, assim, o primeiro ano. O segundo ano de avaliação foi composto pelos cortes realizados em 24/03/88 (6º. corte), 28/10/88 (7º. corte) e 30/01/89 (8º. corte). O terceiro ano foi formado pelos cortes de 03/04/89 (9º. corte), 07/12/89 (10º. corte) e 26/03/90 (11º. corte) e o quarto ano com os cortes de 10/10/90 (12º. corte), 08/01/91 (13º. corte) e 03/04/91 (14º. corte).

As colheitas foram feitas por ceifadeira mecânica adaptada com uma barra cortante cuja largura de corte

era de 0,85m, cortando-se, em cada parcela uma faixa central com 4,3m de comprimento, após retirada de bordaduras correspondentes à largura de corte da ceifadeira, nas cabeceiras de cada parcela, dando uma área útil de corte de 3,65m²/parcela.

O primeiro, quarto e o sétimo cortes foram efetuados somente nas linhas do colônio e realizados manualmente. Nesses cortes deixou-se como bordadura 4 linhas de colônio e avaliaram-se as outras 3, onde cortaram-se os 3m que correspondem à largura da parcela por 2,4m de comprimento, totalizando dessa maneira 7,2m² de área útil em cada parcela. Assim se procedeu para permitir o estabelecimento e manutenção da soja-perene, diminuindo-se a competitividade do colônio.

Toda a forragem cortada na área de 3,65m² ou de 7,2m² foi ensacada, identificada e transportada para o laboratório, onde foi separada nos componentes soja-perene e colônio (exceto 1º., 4º. e 7º. cortes) e cada componente foi pesado e amostrado. As amostras que tinham aproximadamente 200g de material vegetal verde foram picadas, novamente pesadas e deixadas em estufa secadora de ventilação forçada a 65°C até peso constante. Após secagem e equilíbrio com o ambiente as amostras foram pesadas, para determinação do peso do material seco e cálculo da produção de matéria seca por área. Em seguida foram moídas em moinhos com peneiras de 40 "mesh", acondicionadas em saquinhos de polietileno

e enviadas ao laboratório para determinação de matéria seca a 100°C e para análises químicas.

3.10. Análises químicas das plantas

As determinações dos teores de nutrientes foram realizadas no laboratório da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP.

O nitrogênio foi determinado pelo método micro Kjeldahl. A digestão da matéria orgânica foi feita com ácido sulfúrico na presença dos agentes catalizadores: selênio de sódio, sulfato de cobre e de sulfato de sódio com a finalidade de elevar o ponto de ebulição do ácido. A amônia foi destilada em meio alcalino, recebida em solução de ácido bórico 2%, com a mistura dos indicadores verde de bromocresol e vermelho de metila, sendo titulada com uma solução padronizada de H_2SO_4 (SARRUGE & HAAG, 1974).

A digestão nítrico-perclórica foi utilizada como ponto de partida para as determinações de P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e Cu (SARRUGE & HAAG, 1974). Utilizou-se de 1g de amostra mais 8ml de HNO_3 a 65% e 1ml de $HClO_4$ a 70% que após digestão, feita em tubos, recebeu 50ml de água destilada, estando assim preparado o extrato para as determinações dos nutrientes mencionados.

O fósforo foi determinado pelo método do vanado-molibdato de amônio, com leitura no colorímetro fotoelétrico e sua concentração foi expressa em porcentagem na matéria seca a 100°C.

O enxofre foi determinado pelo método indireto, utilizando solução com bário, conforme proposto por BATAGLIA (1976).

As concentrações de K, Ca, Mg e S foram expressas em porcentagens e as de Cu, Fe, Mn e Zn em ppm na matéria seca a 100°C. As determinações foram realizadas através de leituras em espectrofotômetro de absorção atômica.

Na determinação de boro, empregou-se o método da curcumina, com leituras em colorímetro fotoelétrico (SARRUGE & HAAG, 1974).

3.11. Análise química de solo

Amostragens dos solos foram feitas, tratamento por tratamento e às profundidades de 0-20 e 20-40cm em várias épocas, a saber: antes da aplicação do calcário em 20/06/86, após o período de incubação em 08/01/87 e, após o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de avaliação, respectivamente em 28/03/88, 01/02/89, 27/03/90 e 05/04/91.

Estas amostras de solo foram analisadas para determinação de pH, matéria orgânica (%), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , $\text{H}+\text{Al}$, K^+ trocáveis, expressos em e.mg/100ml de T.F.S.A. e P em ppm.

A matéria orgânica foi oxidada com mistura de dicromato com ácido sulfúrico e determinada colorimetricamente. A determinação do pH foi feita em solução de CaCl_2 0,01M. O $\text{H}+\text{Al}$ ou acidez potencial foi determinada através da

solução tampão SMP. O alumínio trocável foi determinado através da solução de KCl 1N. O fósforo foi extraído pelo método da resina trocadora de íons e determinado colorimetricamente. O cálcio, magnésio e potássio trocáveis foram extraídos por resina trocadora de íons, sendo o Ca^{2+} e o Mg^{2+} determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o K^+ por espectrofotometria de emissão (RAIJ et al., 1987). O S-SO_4^{2-} foi determinado pelo método turbidimétrico segundo BARDSLEY & LANCASTER (1965) com adaptações realizadas por VITTI (1988).

A soma de bases (S) constou da soma de cálcio, magnésio e potássio trocáveis, sendo que a capacidade de troca de cátions (T) representou a soma de bases (S) mais a acidez potencial (H+Al).

A porcentagem de saturação por bases (V) foi calculada segundo a fórmula: $V = (S/T) \cdot 100$ e a porcentagem de saturação por alumínio (m) segundo a fórmula: $m = (100 \cdot \text{Al}) / (S + \text{Al})$.

3.12. Dados meteorológicos

As temperaturas médias e as precipitações pluviais ocorridas durante a realização da fase de campo (agosto de 1986 a abril de 1991) constam na Tabela 2.

3.13. Análises estatísticas

As análises de variância, comparações de médias, através do teste F e as análises de regressões foram realizadas através do programa SANEST (ZONTA & MACHADO, 1987). Os níveis de significância adotados foram os de 5% e 1%.

Tabela 2 - Médias mensais e anuais de temperatura (°C) e totais mensais e anuais de precipitação plu-
vial (mm) obtidas no Posto Meteorológico do Instituto de Zootecnia, referentes aos anos de
condução do experimento

Meses	Temperaturas médias mensais (°C)						Precipitações pluviiais totais mensais (mm)					
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1986	1987	1988	1989	1990	1991
janeiro	24,7	24,7	25,6	23,5	25,2	24,1	182,9	294,4	222,8	209,5	288,3	315,1
fevereiro	24,1	23,9	23,9	24,1	24,6	23,8	146,5	116,0	240,7	209,0	73,5	238,0
março	23,7	23,2	23,9	24,0	24,4	22,9	126,0	120,0	242,1	57,5	191,8	397,5
abril	22,4	22,6	22,4	22,5	23,6	21,6	49,6	75,4	111,2	44,1	44,2	202,2
maio	20,1	18,9	19,6	18,5	18,4	19,1	89,0	188,3	123,7	19,8	69,6	44,2
junho	16,9	16,2	16,3	17,0	17,0	18,0	0,0	101,0	21,4	51,8	14,7	24,0
julho	16,4	18,8	15,3	15,8	16,6	16,5	7,8	8,2	0,0	92,5	131,9	18,4
agosto	18,8	18,1	18,9	18,3	18,8	19,9	142,7	7,8	0,2	18,4	36,8	5,5
setembro	20,2	19,7	22,2	19,6	18,8	20,9	42,1	82,0	2,0	44,8	54,9	41,7
outubro	22,0	22,7	21,9	20,8	23,1	22,3	75,4	66,0	146,0	48,1	106,8	121,4
novembro	25,0	24,0	22,3	22,3	25,5	23,3	108,4	127,6	169,0	116,0	88,5	122,3
dezembro	23,4	24,2	24,1	23,9	24,6	24,5	322,5	198,6	209,8	177,0	104,4	230,0
Médias anuais	21,5	21,4	21,3	20,8	21,7	27,4	-	-	-	-	-	-
Totais anuais	-	-	-	-	-	-	1292,9	1385,3	1488,9	1088,5	1205,4	1760,3

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solo

4.1.1. Efeitos do calcário nas características químicas do solo

Os resultados obtidos nas análises químicas das amostras de solo coletadas aos 98 dias após a aplicação do calcário dolomítico e um dia antes do plantio das forrageiras e às profundidades de 0-20 e 20-40cm, em função da aplicação do calcário são apresentados, respectivamente nas Tabelas 3 e 4.

Pode-se verificar nas Tabelas 3 e 4 que a aplicação das doses de calcário dolomítico ao solo resultou em elevação significativa nos valores de pH, teores de cálcio e magnésio trocáveis, na soma de bases (S) e na porcentagem de saturação por bases (V) nas duas profundidades de amostragem. Os efeitos citados acima são confirmados, com algumas variações quanto aos parâmetros analisados, por MONTEIRO et al. (1983a), COLOZZA & WERNER (1984), CARRIEL et al. (1989) e PREMAZZI (1991).

Os aumentos observados para as variáveis pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , soma de bases e saturação por bases, nas duas profundidades seguiram modelo linear, com exceção do Ca^{2+} na profundidade de 0-20cm que seguiu um modelo quadrático.

A capacidade de troca de cátions (T) à profundidade de 0-20cm apresentou efeitos significativos e quadráticos com a aplicação das doses de calcário. O valor mínimo para a capacidade de troca de cátions ocorreu com o uso de 1,08t de calcário/ha.

As equações de regressão que expressam esses efeitos são apresentadas no Apêndice 1.

Constata-se, que ao se aplicar 1,6 e 3,2t de calcário dolomítico/ha, objetivando alcançar 35 e 60% de saturação por bases, respectivamente, o solo atingiu valores máximos para pH de 4,2 e 4,7 e saturação por bases de 29 e 47%, para a profundidade de 0-20cm (Tabela 3) e valores de pH de 4,1 e 4,1 e de saturação por bases de 16 e 23% para a profundidade de 20-40cm (Tabela 4). Acredita-se que tal fato tenha ocorrido devido a problemas na granulometria e solubilidade total do calcário empregado, uma vez que ao se observar a Tabela 5, nota-se que, após aproximadamente um ano e cinco meses da aplicação das doses de calcário, os valores de saturação por bases a 0-20cm encontrados eram de 32 e 54%, respectivamente para 1,6 e 3,2t de calcário/ha.

Nas Tabelas 3 e 4, pode-se observar a ação positiva e significativa das duas doses de calcário aplicados na redução considerável da acidez potencial (H+Al) e dos teores de alumínio trocável e consequentemente na saturação por alumínio do solo nas duas profundidades estudadas. PREMAZZI (1991), trabalhando com esse mesmo solo, também en-

controu reduções para essas variáveis com a aplicação de calcário.

Para a profundidade de 20-40cm (Tabela 4), nota-se que a ação do calcário foi menos intensa, proporcionando teores de Al^{3+} trocável acima do nível considerado tóxico ou crítico (0,5e.mg/100ml), mesmo com a maior dose de calcário aplicado. Nessa profundidade os valores para a porcentagem de saturação por alumínio (m) eram de 70, 61 e 46% de acordo com as doses do corretivo. As reduções observadas nessas três variáveis sempre foram significativas e lineares para as duas profundidades de solo estudadas. As equações de regressão que representam esse efeito são apresentadas no Apêndice 1.

Ainda, na Tabela 3, pode-se observar que as doses de calcário aplicados ao solo proporcionaram aumento significativo e linear no teor de $S-SO_4^{2-}$ a 0-20cm de profundidade (Tabela 3) e efeito significativo e quadrático no teor encontrado a 20-40cm (Tabela 4). Por ocasião dessa amostragem as doses de gesso não tinham sido ainda aplicadas e o $S-SO_4^{2-}$ encontrado provavelmente foi devido ao benefício que o preparo do solo, juntamente com a calagem, proporcionaram na mineralização da matéria orgânica do solo, a qual tornou o enxofre disponível.

As equações de regressão para os efeitos lineares e quadráticos observados para a variável teor de enxofre são encontradas no Apêndice 1.

Tabela 3 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas 98 dias após a aplicação do calcário e um dia antes do plantio das forrageiras (08/01/1987), na profundidade de 0-20cm, em função do fator calagem. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 9 repetições.

Doses de calcário	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										
0	2,1	4	4,0	0,49	0,12	0,05	1,1	4,0	0,69	4,7	15	63	13
1,6	2,1	4	4,2	0,77	0,46	0,05	0,7	3,2	1,30	4,5	29	35	13
3,2	2,1	4	4,7	1,37	1,04	0,04	0,3	2,8	2,46	5,2	47	13	16
Reg. linear	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
CV(%)	14,26	7,32	2,45	20,23	35,00	18,00	13,11	6,04	23,01	8,22	12,79	12,95	19,03

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 4 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas 90 dias após a aplicação do calcário e um dia antes do plantio das forrageiras (08/01/1987), na profundidade de 20-40cm, em função do fator calagem. Significância do teste $F^{(1)}$ para os componentes linear e quadrático. Médias de 9 repetições.

Doses de calcário	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---		- ppm -
0	1,4	3	4,0	0,40	0,10	0,03	1,1	3,7	0,51	4,2	12	70	10
1,6	1,5	4	4,1	0,44	0,20	0,03	0,9	3,5	0,64	4,1	16	61	14
3,2	1,5	4	4,1	0,63	0,34	0,03	0,8	3,3	0,98	4,3	23	46	12
Reg. linear	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV(%)	8,51	16,50	1,71	26,10	51,81	16,47	9,70	5,45	32,26	5,33	26,44	12,19	19,10

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Os resultados das análises químicas de solo realizadas em amostras coletadas a cada ano e nas duas profundidades estudadas e em função do calcário encontram-se nas Tabelas 5 a 12.

Pelas Tabelas 5, 7, 9 e 11 verifica-se, de um modo geral que os teores de matéria orgânica do solo, na profundidade de 0-20cm de amostragem, sofreram reduções do primeiro (2%) para o segundo ano (1,6%), voltando a aumentar no terceiro (1,8%) e quarto ano (1,9%). Ainda no terceiro e quarto anos, observaram-se aumentos lineares e significativos para esta variável, na profundidade de 0-20cm, com o emprego das doses de calcário (Tabelas 9 e 11). Para as amostragens realizadas a 20-40cm, aumentos, também, significativos e lineares no teor de matéria orgânica, em relação aos níveis de calcário foram observados no segundo e no quarto ano (Tabelas 8 e 12, respectivamente). As equações correspondentes às regressões significativas para esta variável são apresentadas nos Apêndices 3, 4 e 5.

As Tabelas 5, 7, 9 e 11 demonstram os efeitos benéficos das duas doses de calcário dolomítico aplicados ao solo, que resultaram em aumentos na porcentagem de saturação por bases, provocando paralelamente elevações, também, do pH, do Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e da soma de bases nas amostras coletadas a 0-20cm, nas amostragens realizadas durante os quatro anos de experimento. Elevações do pH e dos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ trocáveis do solo após dois anos de aplicação do calcário no solo, também, foram obtidas por WERNER et al.

(1979) e MORELLI et al. (1992), entre muitos outros. Estes aumentos foram lineares e significativos para o primeiro ano e para o segundo, terceiro e quarto anos houve efeito significativo e quadrático, para as seguintes variáveis: saturação por bases, pH, Mg^{2+} trocável e soma de bases. Para o cálcio trocável os aumentos foram lineares nos três primeiros anos sendo que no último ano observou-se efeito quadrático.

As equações de regressão representativas das variações desses parâmetros com a aplicação do calcário podem ser observadas nos Apêndices 2, 3, 4 e 5.

Para o terceiro ano de amostragem, a interação calcário x gesso foi significativa para os teores de Ca^{2+} trocável, valores de pH e porcentagem de saturação por bases encontradas nas amostras coletadas a 0-20cm de profundidade.

No desdobramento da interação para os teores de Ca^{2+} trocável e para os valores de saturação por bases verifica-se nas Tabelas 13 e 14, que o comportamento diferente do gesso conforme a dose de calcário foi que gerou a interação significativa como veremos quando se discutir o efeito do gesso.

O desdobramento da interação calcário x gesso sobre os valores de pH revelou que a aplicação do calcário apresentou efeito significativo e linear, para os valores de pH, na ausência de gesso, ao passo que na presença das doses

de gesso houve efeito significativo e quadrático para os valores de pH (Tabelas 13 e 14).

As equações de regressão que representam essas variações nos valores de pH, em função da aplicação do calcário na presença das doses de gesso, são apresentadas no Apêndice 6.

Para o quarto ano de amostragem a interação calcário x gesso foi significativa para os teores de magnésio encontrados a 0-20cm e, no seu desdobramento, verificou-se efeito significativo e quadrático do calcário tanto na ausência como na presença das doses de gesso (Tabela 13). No Apêndice 6 são apresentadas as equações de regressão que representam essas variações em função do emprego do calcário na ausência e na presença de gesso.

Nas Tabelas 6, 8, 10 e 12, observa-se que a aplicação das doses de calcário proporcionou aumentos significativos e consideráveis nos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis do solo na profundidade de 20-40cm. Esses aumentos foram acompanhados, também, por elevações significativas no pH, soma de bases e saturação por bases, para essa profundidade e ao longo dos quatro anos de amostragem, isto deveu-se a profundidade de incorporação do calcário que esteve entre 25cm. Tais resultados mostram que, desde que o calcário seja bem incorporado ao solo, ele é capaz de melhorar também camadas do subsolo, com efeito muito duradouro, concordando portanto, com trabalhos de GONÇALES-ÉRICO et al. (1979), QUAGGIO et al. (1982a) e QUAGGIO et al. (1985).

Os valores de pH encontrados a 20-40cm sofreram aumentos significativos e lineares por ocasião dos três primeiros anos (Tabelas 6, 8 e 10) e efeito quadrático no quarto ano (Tabela 12). Para a variável Ca^{2+} trocável (20-40cm) os aumentos foram representados por regressões lineares para o primeiro, terceiro e quarto anos (Tabelas 6, 10 e 12) e regressões quadráticas para o segundo ano (Tabela 8). A soma de bases e a saturação por bases a 20-40cm de profundidade tiveram aumentos lineares para o primeiro (Tabela 6) e terceiro ano (Tabela 10) e quadráticos para o segundo (Tabela 8) e quarto anos (Tabela 12), enquanto que para o Mg^{2+} trocável (20-40cm) a análise de regressão revelou efeito quadrático nos quatro anos sendo que no último ano houve interação significativa do calcário com o gesso (Tabela 14). As equações para as regressões significativas são mostradas nos Apêndices 2, 3, 4 e 5.

No desdobramento da interação calcário x gesso para os teores de magnésio trocáveis, a 20-40cm de profundidade, (Tabelas 13 e 14), no quarto ano, verificou-se que o calcário tanto na ausência como na presença de 600kg de gesso proporcionou efeito significativo e quadrático nos teores de Mg^{2+} trocável e na presença de 300kg de gesso os aumentos obtidos para o magnésio foram significativos e lineares conforme equações de regressão apresentadas no Apêndice 6.

A ação positiva e significativa do calcário dolomítico na diminuição da acidez do solo, a 0-20cm, per-

maneceu ao longo dos quatro anos do experimento, sendo representada por diminuições significativas na acidez potencial (H+Al) e nos teores de Al^{3+} trocáveis e saturação por alumínio (m%) (Tabelas 5, 7, 9 e 11). MONTEIRO et al. (1983c) encontraram as mesmas tendências realçando a importância da calagem para a redução da concentração de alumínio trocável. Os teores de Al^{3+} trocável nessa profundidade, ficaram acima de 0,5e.mg/100ml, a partir do segundo ano de amostragem, nas parcelas que receberam 1,6t de calcário dolomítico/ha, sendo porém praticamente nulos com o emprego do maior nível de calcário aplicado (Tabelas 5, 7, 9 e 11). Segundo WERNER (1977), este seria o valor crítico no solo para o alumínio não afetar o desenvolvimento normal da maioria das leguminosas forrageiras tropicais.

Reduções significativas nos teores de Al^{3+} trocáveis, acidez potencial e saturação por alumínio pela ação das doses de calcário dolomítico aplicado ao solo, também foram observados nas amostras colhidas a 20-40cm de profundidade, durante os quatro anos de amostragem, embora os teores de Al^{3+} encontrados nessa profundidade sempre fossem maiores que 0,5e.mg/100ml de solo com exceção para o segundo ano onde se aplicou 3,2t de calcário/ha (Tabelas 6, 8, 10 e 12). Reduções nos teores de Al^{3+} , na profundidade de 25-50cm, pela ação de calcário, também foram encontradas por MORELLI et al. (1992).

As diminuições observadas durante os quatro anos e nas duas profundidades, nos teores de Al^{3+} e H+Al e

valores de saturação por alumínio, resultantes da aplicação de calcário, com exceção para os anos em que houve interação significativa com o gesso, obedeceram efeitos lineares ou quadráticos conforme indicam as equações de regressão apresentadas nos Apêndices 2, 3, 4 e 5.

Para o terceiro ano de amostragem a análise de variância mostrou significância para a interação calagem x gesso, para os teores de Al^{3+} trocáveis encontrados nas duas profundidades amostradas e para os teores de H+Al a 0-20cm. Verifica-se na Tabela 14 para os teores de Al^{3+} trocável e H+Al encontrados a 0-20cm que o comportamento diferente do gesso conforme a dose de calcário foi que gerou a interação significativa, como veremos quando se discutir o efeito do gesso. Com relação aos teores de Al^{3+} trocável encontrados a 20-40cm verificou-se, com o desdobramento da interação, que a calagem na ausência e na presença de 600kg de gesso demonstrou efeito significativo e linear em reduzir o teor de Al^{3+} enquanto que na presença de 300kg de gesso este efeito foi quadrático.

A interação calcário x gesso também foi significativa para a porcentagem de saturação por alumínio encontrada a 20-40cm de profundidade no quarto ano de amostragem. No desdobramento dessa interação, observa-se que o calcário apresentou efeito significativo e quadrático para esta variável na ausência de gesso, enquanto na presença das duas doses de gesso, houve redução significativa e linear para os valores de saturação por alumínio (Tabelas 14 e 16),

sendo que na presença da maior dose de calcário os valores obtidos na saturação por alumínio foram bem menores que na presença da menor dose e na ausência do calcário (Tabela 16). No Apêndice 6 são apresentadas as equações de regressão que representam essas variações em função do calcário e das doses de gesso.

Nota-se que ano após ano e nas duas profundidades amostradas, a acidez do solo pareceu ter-se recuperado quando foram observados maiores teores de Al^{3+} e consequentemente de saturação por alumínio e também da acidez potencial e valores mais baixos para pH, soma de bases e saturação por bases, quando comparados com os resultados obtidos antes do plantio (Tabelas 3 e 4). Talvez isto tenha ocorrido devido ao próprio sistema de cultivo das forrageiras que acarretou grande remoção de cátions em função da forragem cortada e removida da área experimental, e, também, pela lavagem das bases do complexo de troca pelas águas das chuvas, deixando íons H^+ em seu lugar (MALAVOLTA, 1985).

As doses de calcário estudadas apresentaram relação inversa com a capacidade de troca de cátions (T), em ambas as profundidades de solo amostradas (Tabelas 9 a 12). Observou-se efeitos significativos e quadráticos no segundo ano para a profundidade de 0-20cm (Tabela 7), e lineares para o terceiro e quarto anos para as duas profundidades de amostragem (Tabelas 9 a 12). As equações de regressão correspondentes as regressões significativas são apresentadas nos Apêndices 3 a 5.

No terceiro ano de amostragem a análise de variância revelou interação significativa do calcário x gesso para os valores da capacidade de troca de cátions a 0-20cm (Tabela 13). No seu desdobramento (Tabela 14) verifica-se que o comportamento diferente do gesso dentro das doses de calcário foi que proporcionou a interação significativa como veremos quando se discutir o efeito do gesso.

Os teores de potássio encontrados a 0-20 e 20-40cm de profundidade sofreram reduções significativas, com a aplicação de calcário, as quais foram lineares para o primeiro e quarto ano e quadráticas para o segundo e terceiro ano na profundidade de 0-20cm (Tabelas 5, 7, 9 e 11) e linear no primeiro ano e quadrática nos três últimos anos para a profundidade de 20-40cm (Tabelas 6, 8, 10 e 12). As equações de regressão que representam estes efeitos são apresentadas nos Apêndices 2, 3, 4 e 5.

Esses resultados podem levar a uma interpretação errônea de que a aplicação do calcário provoca perdas de potássio no solo. Contudo cabe ressaltar que a soja-perene não conseguiu se estabelecer na ausência de calcário, ficando somente o colonião neste tratamento, não havendo competição pelo potássio do solo entre as forrageiras, o que fez com que o teor de potássio no solo nesse tratamento sempre fosse maior em relação aos de outras doses de calcário. Além disso, o maior crescimento das forrageiras observado nos tratamentos onde o calcário foi aplicado permite dizer, também, que houve transferência desse elemento para a bio-

massa das forrageiras que foi cortada e retirada das parcelas.

A aplicação das doses de calcário resultou, em ambas as profundidades de solo amostrados, em redução significativa nos teores de enxofre ($S-SO_4^{2-}$) do solo sendo proporcionais ao aumento das doses de calcário. Essas reduções sempre foram quadráticas, com exceção, para o segundo ano onde os teores de enxofre a 20-40cm, apresentaram reduções lineares. Por ocasião do primeiro ano, nesta mesma profundidade observou-se aumento significativo e linear para os teores de $S-SO_4^{2-}$. É interessante notar que quando se compara as duas profundidades de solo, pode-se observar que os maiores teores de $S-SO_4^{2-}$ foram encontrados na camada de 20-40cm, indicando que a aplicação do calcário proporcionou a movimentação de $S-SO_4^{2-}$ (Tabelas 5 a 12).

A interação calcário x gesso foi significativa para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados durante os quatro anos de amostragem e nas duas profundidades de coleta, com exceção do segundo ano na profundidade de 20-40cm (Tabelas 14, 15 e 16).

Para o primeiro ano (1988), em amostragens feitas depois de dois meses da reaplicação das doses de gesso, o desdobramento dessa interação para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 0-20cm, evidenciou que a aplicação de calcário reduziu significativamente esses teores, sendo esta redução linear na ausência de gesso e quadrática na presença de 300 e 600kg de gesso (Tabelas 14 e 15). Para os teores

de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 20-40cm verificou-se que a aplicação do calcário não teve efeito significativo tanto na ausência como na presença de 300 kg de gesso, enquanto que na presença de 600 kg de gesso a aplicação do calcário proporcionou aumentos significativos e lineares nos teores de $S-SO_4^{2-}$, onde ocorreram, inclusive, os maiores teores desse elemento no solo (Tabelas 14 e 16).

Na Tabela 14 verifica-se para o segundo ano de amostragem (1989) significância para a interação calcário x gesso somente para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 0-20cm de profundidade. No desdobramento dessa interação ficou demonstrado que as doses de calcário tiveram efeito significativo e quadrático quando aplicada conjuntamente com 300 e 600kg de gesso (Tabelas 14 e 15), não o fazendo na ausência do gesso.

No terceiro ano de coleta de amostras de solo (1990) e, após um ano e dois meses da reaplicação das doses de gesso, verifica-se que com o desdobramento da interação calcário x gesso, a aplicação do calcário, na ausência de gesso, reduziu linear e significativamente os teores de enxofre encontrados a 0-20cm e, que, na presença dos 300 e 600kg de gesso houve efeito significativo para o componente quadrático (Tabela 14). De um modo geral, os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados nessa profundidade (Tabela 15), são considerados muito baixos com exceção dos teores observados na ausência do calcário, de acordo com padrões estabelecidos por VITTI (1988).

Para os teores de $S-SO_4^{2-}$ a 20-40cm de profundidade, o desdobramento da interação mostrou que a aplicação do calcário, na ausência de gesso, não apresentou efeito significativo. Entretanto na presença de 300kg de gesso houve efeito significativo e quadrático e na presença de 600kg houve redução significativa e linear sobre os teores de $S-SO_4^{2-}$ (Tabela 14). Os teores desse elemento apresentados na Tabela 16 e nessa profundidade, confrontado com VITTI (1988), são considerados adequados.

Para o quarto e último ano de amostragem (1991) e aproximadamente um ano após a reaplicação das doses de gesso, verifica-se, com o desdobramento da interação para os teores de $S-SO_4^{2-}$ a 0-20cm (Tabela 14), um efeito significativo e quadrático das doses de calcário tanto na ausência como na presença das doses de gesso. A presença do calcário reduziu drasticamente os teores de $S-SO_4^{2-}$ e na sua ausência os maiores teores de enxofre foram encontrados mediante a aplicação das doses de gesso, como era esperado uma vez que o gesso é fonte de enxofre (Tabela 15).

Para os teores de $S-SO_4^{2-}$ obtidos a 20-40cm de profundidade, neste último ano, a aplicação do calcário na ausência de gesso e na presença de 300kg, apresentou redução significativa e linear e, na presença de 600kg, este efeito foi significativo e quadrático (Tabela 14). Nota-se que, apesar da calagem ter reduzido significativamente os teores de $S-SO_4^{2-}$ estes sempre eram maiores quando se aumentavam as doses de gesso. Nessa profundidade de amostragem

encontraram-se os maiores teores de $S-SO_4^{2-}$, como o observado também nos anos anteriores (Tabela 16).

As equações de regressão representativas dos efeitos do calcário na ausência ou na presença das doses de gesso para os teores de $S-SO_4^{2-}$ nos quatro anos e nas duas profundidades são apresentadas no Apêndice 6.

Tabela 5 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 28/03/1980, referentes ao primeiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste $F^{(1)}$ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							---	%	---
0	2,0	2	3,7	0,22	0,10	0,14	1,13	3,6	0,48	4,1	13	70	10
1,6	2,0	2	4,3	0,82	0,46	0,12	0,40	2,8	1,41	4,3	33	24	2
3,2	2,0	2	4,8	1,29	0,89	0,10	0,06	1,9	2,28	4,2	53	6	2
Reg. linear	ns	ns	**	**	**	*	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**
CV(%)	7,29	13,67	3,69	45,06	30,34	24,58	13,77	16,47	33,53	13,83	24,13	16,49	30,37

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 6 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 28/03/1988, referentes ao primeiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							---	%	--- ppm ---
0	1,5	2	3,8	0,18	0,10	0,10	1,04	3,1	0,40	3,6	11	72	12
1,6	1,6	2	3,9	0,36	0,13	0,09	0,72	2,9	0,59	3,5	17	49	14
3,2	1,5	2	4,1	0,50	0,33	0,07	0,56	2,6	0,93	3,6	26	38	16
Reg. linear	ns	ns	**	**	**	*	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
*													
CV(%)	8,70	16,76	1,87	34,63	44,11	18,01	10,00	5,28	27,07	5,42	22,81	12,36	14,41

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 7 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 01/02/1989, referentes ao segundo ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										
0	1,5	4	4,1	0,30	0,10	0,15	0,92	3,3	0,57	3,9	15	62	16
1,6	1,6	4	4,3	0,51	0,22	0,10	0,54	2,9	0,84	3,7	23	39	2
3,2	1,6	4	4,9	1,11	0,68	0,09	0,06	2,1	1,88	4,0	47	3	1
Reg. linear	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	*	ns	*	*	ns	ns	*	*	*	**	**
CV(%)	8,32	27,10	4,43	35,26	48,47	18,81	12,03	12,15	33,44	5,44	28,22	13,61	34,75

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 8 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 01/02/1989, referentes ao segundo ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---		- ppm -
0	1,2	3	4,2	0,38	0,10	0,11	0,88	3,1	0,58	3,6	15	61	19
1,6	1,3	3	4,3	0,37	0,14	0,07	0,71	2,9	0,59	3,5	17	55	13
3,2	1,3	3	4,4	0,62	0,40	0,07	0,44	2,5	1,09	3,6	30	28	12
Reg. linear	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	**	**	**	ns	ns	**	ns	**	**	ns
CV(%)	7,98	19,76	1,05	21,95	27,24	20,33	14,00	6,80	18,25	4,79	17,38	14,57	24,11

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 9 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 27/03/1990, referentes ao terceiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---		- ppm -
0	1,7	5	3,9	0,29	0,10	0,13	1,18	5,2	0,48	5,7	9	71	18
1,6	1,9	5	4,1	0,56	0,17	0,08	0,75	4,3	0,82	5,1	16	44	3
3,2	2,0	5	4,5	0,86	0,44	0,07	0,30	3,3	1,39	4,7	29	19	1
Reg. linear	*	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	**	ns	*	*	ns	ns	*	ns	**	ns	**
CV(%)	9,48	19,42	1,62	11,28	51,58	24,63	8,44	3,32	14,08	3,53	12,89	15,58	35,29

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 10 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 27/03/1990, referentes ao terceiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										--- % --- - ppm -
0	1,4	3	3,9	0,21	0,10	0,08	1,16	4,6	0,41	5,0	8	74	23
1,6	1,4	3	4,1	0,36	0,12	0,05	0,92	4,4	0,53	4,9	11	63	15
3,2	1,4	3	4,1	0,41	0,20	0,05	0,73	4,0	0,67	4,7	14	52	16
Reg. linear	ns	ns	**	**	**	*	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV(%)	10,79	35,46	1,31	17,21	19,93	35,97	5,50	3,73	15,62	3,42	14,22	6,72	13,88

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 11 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 05/04/1991, referentes ao quarto ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste $F^{(1)}$ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	M.D.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										---
0	1,7	6	3,9	0,14	0,10	0,27	1,08	4,6	0,51	5,2	10	68	21
1,6	2,0	6	4,1	0,42	0,10	0,21	0,73	4,2	0,74	4,9	15	50	2
3,2	2,1	6	4,5	0,88	0,31	0,17	0,25	3,1	1,37	4,5	31	16	1
Reg. linear	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	**	**	**	ns	ns	**	**	ns	**	**	**
CV(%)	8,73	30,70	1,99	12,54	16,46	16,90	12,30	5,38	12,90	3,85	13,07	11,89	21,43

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo

Tabela 12 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 05/04/1991, referentes ao quarto ano após plantio das forrageiras, em função do fator calagem. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de gesso.

Doses de calcário	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
t/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										
0	1,3	3	4,0	0,24	0,10	0,17	1,09	4,4	0,52	4,9	10	68	24
1,6	1,4	3	4,0	0,38	0,11	0,11	0,93	4,1	0,59	4,7	13	61	13
3,2	1,5	3	4,2	0,61	0,24	0,10	0,64	3,5	0,96	4,5	21	40	11
Reg. linear	**	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	*	ns	**	*	*	ns	**	ns	**	**	**
CV(%)	8,96	38,08	1,38	20,27	16,76	23,13	7,72	5,33	13,79	3,96	16,26	6,67	14,03

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 13 - Acidez potencial (H+Al), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}) e capacidade de troca de cátions (T), valores de pH e porcentagem de saturação por bases (V), das amostras de solo colhidas a 0-20cm de profundidade para os tratamentos de calcário e gesso. Médias de 3 repetições.

Doses de calcário	Doses de gesso	H+Al	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Al ³⁺	H+Al	T	V	Mg ²⁺
		1º. ano		3º. ano					4º. ano
t/ha	kg/ha	e.mg/100ml		-----	e.mg/100ml	-----	-%		e.mg/100ml
0	0	4,0	3,9	0,23	1,20	5,2	5,7	8	0,10
	300	3,9	3,9	0,27	1,23	5,2	5,7	9	0,10
	600	2,9	3,9	0,30	1,13	5,2	5,7	9	0,10
1,6	0	2,9	4,1	0,43	0,87	4,4	5,1	14	0,10
	300	2,5	4,1	0,56	0,67	4,1	5,0	16	0,10
	600	3,1	4,1	0,67	0,72	4,3	5,2	18	0,10
3,2	0	1,9	4,2	0,63	0,45	3,9	5,0	22	0,40
	300	1,9	4,6	0,83	0,22	3,0	4,3	31	0,26
	600	2,0	4,6	1,10	0,24	3,0	4,6	35	0,26

Tabela 14 - Significâncias do teste F para os desdobramentos das interações significativas de calcário e gesso e análises de regressões linear e quadráticas para os efeitos de calcário dentro de gesso e gesso dentro de calcário para os resultados nas análises de solo⁽¹⁾.

Fontes de variação	1º. ano		2º. ano		3º. ano		4º. ano			
	H+Al S-SO ₄ E- 0-20cm	S-SO ₄ E- 20-40cm	S-SO ₄ E- 0-20cm	pH Ca 0-20cm	Al H+Al T 0-20cm	V S-SO ₄ E- 20-40cm	Al S-SO ₄ E- 0-20cm	Mg S-SO ₄ E- 0-20cm	Mg 20-40cm	S-SO ₄ E- 20-40cm
Ca1/G 0	**	**	ns	ns	**	**	**	ns	**	**
reg. linear	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**	**
reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Ca1/G 300	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
reg. linear	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
reg. quadr.	ns	**	ns	*	ns	ns	*	**	ns	ns
Ca1/G 600	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
reg. linear	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
reg. quadr.	ns	**	ns	**	ns	*	**	**	**	ns
G/Ca1 0	**	**	*	**	ns	ns	ns	**	ns	**
reg. linear	**	**	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
reg. quadr.	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
G/Ca1 1,6	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	ns	**
reg. linear	ns	*	**	ns	*	ns	ns	*	ns	**
reg. quadr.	ns	ns	**	ns	*	ns	ns	*	ns	ns
G/Ca1 3,2	ns	ns	**	**	**	**	**	**	ns	**
reg. linear	ns	ns	**	**	*	**	**	**	ns	**
reg. quadr.	ns	ns	**	ns	**	**	ns	**	ns	ns

(1) *, ** = significância aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 15 - Teores de $S-SO_4^{2-}$ das amostras de solo coletadas a 0-20cm de profundidade por ocasião do primeiro, segundo, terceiro e quarto anos após o plantio das forrageiras, para os tratamentos de calcário e gesso. Médias de 3 repetições.

Doses de calcário	Doses de gesso	S-SO ₄ ²⁻			
		1 ^o .	2 ^o .	3 ^o .	4 ^o .
		anos			
t/ha	kg/ha	ppm			
0	0	5	4	6	16
	300	10	13	16	22
	600	15	30	32	29
1,6	0	1	1	2	1
	300	1	1	3	4
	600	4	2	4	2
3,2	0	1	1	1	1
	300	1	1	1	1
	600	2	1	1	1

Tabela 16 - Teores de enxofre ($S-SO_4^{2-}$), alumínio (Al^{3+}) e magnésio (Mg^{2+}) e saturação por alumínio (m%) das amostras de solo coletadas a 20-40cm de profundidade para os tratamentos de calcário e gesso. Médias de 3 repetições.

Doses de calcário	Doses de gesso	$S-SO_4^{2-}$ 1º. ano	Al^{3+} 3º. ano	$S-SO_4^{2-}$ ppm	Mg^{2+} e.mg/100ml	m %	$S-SO_4^{2-}$ ppm
t/ha	kg/ha	- ppm -	e.mg/100ml	ppm	e.mg/100ml	%	ppm
0	0	8	1,22	11	0,10	74	12
	300	12	1,12	25	0,10	64	23
	600	16	1,15	34	0,10	66	36
1,6	0	8	1,02	7	0,10	66	6
	300	10	0,85	16	0,13	60	13
	600	23	0,90	23	0,10	58	21
3,2	0	9	0,70	11	0,30	37	3
	300	13	0,74	18	0,20	44	9
	600	27	0,76	19	0,23	39	15

4.1.2. Efeitos do gesso nas características químicas do solo

Na Tabela 17, observa-se que, no primeiro ano da coleta das amostras de solo, os teores de alumínio trocável, encontrados na profundidade de 0-20cm, foram reduzidos significativamente com as doses de gesso aplicadas. Para essa amostragem, os teores de Al^{3+} encontrados na ausência de gesso foram 0,59e.mg/100ml e na presença das duas doses de gesso foram de 0,50e.mg/100ml. No Apêndice 7 são apresentadas as equações de regressão para os teores de Al^{3+} em função das doses de gesso.

A interação calcário x gesso, foi significativa para acidez potencial encontrada a 0-20cm (Tabelas 13 e 14) e no seu desdobramento (Tabela 14), verificou-se que na ausência de calcário o gesso teve efeito significativo e positivo em reduzir a acidez potencial, não apresentando efeito significativo na presença do calcário. A equação de regressão que expressa esse efeito do gesso na ausência de calcário é apresentada no Apêndice 8.

Na amostragem realizada a 20-40cm de profundidade (Tabela 18) os teores de Al^{3+} apresentaram tendência de redução com o emprego de 300kg de gesso. Entretanto, quando se observa a acidez potencial e a saturação por alumínio, encontram-se efeitos significativos e quadráticos, onde os menores valores de H+Al e saturação por alumínio foram obtidos com 351 e 319kg de gesso, respectivamente. Isto

mostra a influência do gesso na redução dos teores de alumínio e saturação por alumínio com a aplicação de gesso.

Na Tabela 17 observa-se que, depois de aproximadamente (um ano da primeira aplicação) e dois meses da reaplicação das doses de gesso, estas não influíram significativamente nos teores de cálcio e potássio do solo na profundidade de 0-20cm, mas apresentaram efeito significativo e quadrático para os teores desses elementos na profundidade de 20-40cm (Tabela 18). A soma de bases e a saturação por bases a 20-40cm foram diretamente influenciadas pelo cálcio e potássio, uma vez que, também, apresentaram efeito significativo e quadrático com a aplicação de gesso. Com a presença de 300kg de gesso os teores de potássio, cálcio e soma de bases e as porcentagens de saturação por bases, encontradas nessa profundidade, foram sempre maiores em relação aos outros tratamentos (Tabela 18).

As equações de regressão para as variações nos teores de Ca^{2+} , K^+ , $\text{H}+\text{Al}$, soma de bases, saturação por bases e saturação por alumínio encontradas a 20-40cm, em função da aplicação de gesso são apresentadas no Apêndice 7.

As doses crescentes de gesso proporcionaram incrementos significativos nos teores de S-SO_4^{2-} , apresentando efeito linear para os teores encontrados a 0-20cm e quadrático para os teores a 20-40cm. As equações de regressão representativas dessas variações são apresentadas no Apêndice 7.

Por outro lado, verificam-se que a interação calcário x gesso foi significativa para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados nas duas profundidades, para esse primeiro ano de amostragem, a qual pode ser observada pela análise dos dados apresentados nas Tabelas 15 e 16.

Desdobrando-se a interação calcário x gesso para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 0-20cm de amostragem (Tabela 15), observou-se que, quando o calcário foi omitido, os teores de $S-SO_4^{2-}$ sofreram aumentos lineares e significativos à medida em que se aumentavam as doses de gesso. Empregando-se 1,6t de calcário os teores de $S-SO_4^{2-}$, também, variaram, significativamente e linearmente e os teores encontrados (entre 1 e 4ppm) são considerados muito baixos. Enquanto que na presença da maior dose de calcário estudada a aplicação de gesso não apresentou efeito significativo (Tabela 14). Com relação aos teores de $S-SO_4^{2-}$ a 20-40cm, para esse primeiro ano, verifica-se com o desdobramento da interação que as doses de gesso aplicadas aumentaram significativa e linearmente os teores de enxofre na ausência de calcário, enquanto que na presença das duas doses de calcário o gesso apresentou efeito significativo e quadrático. Os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados nessa profundidade sempre foram maiores do que os observados na profundidade de 0-20cm. As equações de regressão representativas das variações do gesso em função do calcário são apresentadas no Apêndice 8.

Tabela 17 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 28/03/1988, referentes ao primeiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de calcário.

Doses de gesso	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
kg/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---	--- ppm ---	
0	2,0	2	4,3	0,67	0,47	0,13	0,59	2,9	1,28	4,2	30	38	2
300	2,0	2	4,3	0,86	0,50	0,14	0,50	2,8	1,50	4,3	35	31	4
600	2,0	2	4,3	0,82	0,47	0,11	0,50	2,7	1,39	4,1	33	32	8
Reg. linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	7,29	13,67	3,69	45,06	30,34	24,58	13,77	16,47	33,53	13,83	24,13	16,49	30,37

(1) * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 18 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 28/03/1988, referentes ao primeiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de calcário.

Doses de gesso	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
kg/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---	--- ppm ---	
0	1,6	2	3,9	0,31	0,17	0,08	0,82	2,9	0,58	3,5	16	59	8
300	1,5	2	3,9	0,44	0,22	0,10	0,76	2,8	0,78	3,6	21	50	12
600	1,5	2	3,9	0,29	0,18	0,08	0,77	3,1	0,57	3,6	16	57	22
Reg. linear	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	*	*	ns	**	*	**
CV(%)	8,70	16,76	1,87	34,63	44,11	18,01	10,00	5,28	27,07	5,42	22,81	12,36	14,41

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Para o segundo ano de amostragem de solo (1989), a coleta das amostras foi efetuada antes da re-aplicação anual das doses de gesso, portanto aproximadamente um ano e um mês depois da última aplicação realizada em 18/01/1988 (Tabelas 19 e 20). As doses de gesso proporcionaram reduções significativas e lineares para os teores do potássio encontrados nas profundidades de 0-20cm (Tabela 19). Perdas de potássio trocável da camada arável do solo pela aplicação de gesso também foram verificadas por QUAGGIO et al. (1982a) e ROSOLEM & MACHADO (1984). Entretanto, para as amostras de solo retiradas a 20-40cm de profundidade as doses de gesso não influíram significativamente nos teores de potássio, mas, proporcionaram aumentos lineares e significativos para os teores de cálcio que fizeram com que a soma de bases e a saturação por bases, também, sofressem aumentos significativos e lineares (Tabela 20). Aumentos nos teores de cálcio em profundidade com a aplicação de gesso, também foram encontrados no trabalho de MORELLI et al. (1992).

Com relação aos teores de matéria orgânica encontrados a 0-20cm de profundidade para esse segundo ano de amostragem, houveram reduções significativas e lineares com o emprego das doses de gesso (Tabela 19).

As equações de regressão correspondentes aos efeitos significativos para as doses de gesso sobre os teores de matéria orgânica, K^+ e $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 0-20cm e sobre os teores de Ca^{2+} , S, T, V e $S-SO_4^{2-}$ a 20-40cm são apresentadas no Apêndice 7.

Pelas Tabelas 19 e 20, verifica-se que as doses de gesso reaplicadas ao solo, mesmo depois de um ano e um mês aproximadamente (correspondente à segunda aplicação), ainda proporcionaram aumentos significativos e lineares nos teores de $S-SO_4^{2-}$ a 0-20cm e efeitos quadráticos para os teores analisados a 20-40cm.

Na Tabela 14 verifica-se o desdobramento para interação calcário x gesso sobre os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 0-20cm e observa-se que na ausência do calcário o gesso apresentou efeito significativo e quadrático sobre os teores de $S-SO_4^{2-}$, na presença de 1,6 e 3,2t de calcário/ha o gesso não apresentou efeitos significativos (Tabelas 14 e 15). A equação de regressão que representa esse efeito do gesso na ausência do calcário é apresentada no Apêndice 8.

Os maiores teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 0-20cm de profundidade nas amostragens do segundo ano foram na ausência do calcário, como mostram os dados da Tabela 15. Observa-se, ainda, que os teores de $S-SO_4^{2-}$ na profundidade de 20-40cm sempre apresentaram-se maiores em relação à profundidade de amostragem de 0-20cm, indicando a alta mobilidade desse elemento no perfil do solo (Tabelas 19 e 20).

No Apêndice 7 são apresentadas as equações de regressão sobre os teores de $S-SO_4^{2-}$ a 0-20cm e 20-40cm.

Tabela 19 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 01/02/1989, referentes ao segundo ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de calcário.

Doses de gesso	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-504 ²⁻
kg/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										
0	1,7	4	4,4	0,62	0,38	0,12	0,53	2,8	1,12	3,9	29	36	2
300	1,6	4	4,5	0,61	0,32	0,12	0,48	2,7	1,08	3,8	28	34	5
600	1,5	4	4,4	0,69	0,30	0,10	0,50	2,8	1,09	3,9	28	34	11
Reg. linear	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	8,32	27,10	4,43	35,26	48,47	18,81	12,03	12,15	33,44	5,44	28,22	13,61	34,75

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Tabela 20 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 01/02/1989, referentes ao segundo ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de calcário.

Doses de gesso	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
kg/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---		- ppm -
0	1,2	3	4,3	0,36	0,22	0,08	0,68	2,8	0,65	3,4	19	51	7
300	1,2	3	4,3	0,42	0,19	0,09	0,68	2,9	0,70	3,6	20	49	17
600	1,2	3	4,3	0,59	0,23	0,08	0,66	2,8	0,90	3,7	24	44	20
Reg. linear	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV(%)	7,98	19,76	1,05	21,95	27,24	20,33	14,00	6,80	18,25	4,79	17,38	14,57	24,11

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

Para o terceiro ano de amostragem (1990), assim como ocorreu para o segundo ano, a coleta de amostras de solo foram realizadas antes da reaplicação das doses de gesso, portanto um ano e dois meses aproximadamente da aplicação feita em 1989 e correspondendo a terceira aplicação. Os resultados das análises químicas das amostras de solo nesse ano são apresentados nas Tabelas 21 e 22.

O uso isolado do gesso, não causou alterações nos valores de pH encontrados nas duas profundidades de solo por ocasião do primeiro, segundo e quarto anos do experimento, concordando com MALAVOLTA et al. (1986) de que o gesso não promove mudanças no pH do solo, quando aplicado em sistema aberto (no campo). Entretanto, os valores de pH encontrados nas amostras coletadas a 0-20cm de profundidade para o terceiro ano, sofreram variações significativas e quadráticas com as doses de gesso aplicadas e a interação calcário x gesso também, se apresentou significativa para esta variável (Tabela 13). No seu desdobramento verifica-se que o gesso na ausência e na presença de 1,6t de calcário não teve efeito significativo, mas apresentou efeito quadrático e significativo na presença de 3,2t de calcário (Tabela 14). O maior valor de pH conseguido foi com a combinação da maior dose de calcário com 458 kg de gesso que proporcionou um valor de pH de 4,6.

As doses de gesso causaram acréscimos significativos e lineares nos teores de Ca^{2+} trocável, encontrados nas duas profundidades (Tabelas 21 e 22), na soma de ba-

ses e na saturação por bases encontradas a 0-20cm, enquanto que para a capacidade de troca de cátions a 0-20cm apresentou variação significativa e quadrática com as doses de gesso (Tabela 21).

Os aumentos observados para a soma de bases e saturação por bases, com o emprego das doses de gesso, na profundidade de amostragem de 0-20cm, foram devidos à maior contribuição do cálcio contido no gesso, uma vez que os teores desse elemento no solo, também, apresentaram aumentos com as doses de gesso aplicadas.

Houve significância para a interação calcário x gesso para as variáveis Ca^{2+} , T e V, na amostragem a 0-20cm de profundidade (Tabelas 13 e 14).

Desdobrando-se a interação calcário x gesso para os teores de cálcio trocável encontrados a 0-20cm de amostragem (Tabela 14) observa-se que o gesso na ausência do calcário não apresentou efeito significativo sobre os teores de cálcio mas teve efeito significativo e linear em aumentar esses teores quando aplicados conjuntamente com 1,6 e 3,2t de calcário/ha e esses aumentos foram proporcionais com o aumento das doses de gesso estudadas (Tabela 13).

Para os valores de capacidade de troca de cátions encontrados a 0-20cm (Tabela 13) o desdobramento da interação calcário x gesso mostrou que o gesso somente apresentou efeito significativo na presença da maior dose de calcário dolomítico e esse efeito foi quadrático (Tabela 14).

A interação calcário x gesso para a saturação por bases encontrada a 0-20cm de amostragem foi significativa. Na ausência do calcário e na presença de 1,6t de calcário/ha o gesso não apresentou efeito significativo, entretanto na presença de 3,2t de calcário o gesso proporcionou aumentos significativos e lineares na saturação por bases (Tabelas 13 e 14).

Os teores de alumínio trocável encontrados em ambas as profundidades de solo apresentaram variações significativas e quadráticas com as doses de gesso estudadas (Tabelas 21 e 22). Os maiores teores desse elemento foram encontrados na camada de 20-40cm (Tabela 22).

A interação calcário x gesso foi significativa para os teores de alumínio encontrados a 0-20 e 20-40cm de profundidade de solo. No desdobramento da interação para os teores de Al^{3+} a 0-20cm (Tabela 14) verifica-se que o gesso na ausência do calcário não teve efeito significativo, mas na presença das duas doses de calcário apresentou efeito significativo e quadrático na redução dos teores desse elemento (Tabelas 13 e 14). Para os teores de Al^{3+} encontrados nas amostras coletadas a 20-40cm de profundidade (Tabela 16) o desdobramento da interação evidenciou que o gesso somente apresentou efeito significativo e quadrático na presença de 1,6t de calcário/ha (Tabela 14) e a combinação dessa quantidade de calcário com 472kg de gesso proporcionou os menores teores de alumínio, 0,79e.mg/100ml.

A análise de regressão dos dados da acidez potencial encontrados a 0-20cm de profundidade evidenciou efeitos significativos e quadráticos para o gesso (Tabela 21). Entretanto, foi significativa a interação calcário x gesso sobre essa variável. Desdobrando-se essa interação verificou-se que, na ausência do calcário, o gesso não teve efeito significativo ao passo que na presença das duas doses de calcário apresentou efeito significativo e quadrático para os valores da acidez potencial (Tabelas 13 e 14).

Os valores de saturação por alumínio a 0-20cm de profundidade apresentaram reduções lineares com a aplicação das doses de gesso (Tabela 21). Observa-se que, na ausência de gesso o valor para a saturação por alumínio é de 52% e na presença da maior dose de gesso é de 38%, indicando que o gesso nessa camada superficial, foi eficiente em reduzir significativamente o teor do alumínio trocável.

Os teores de potássio apresentaram efeitos significativos e quadráticos com o emprego das doses de gesso somente na profundidade de amostragem de 20-40cm (Tabela 22). Achando-se o ponto de mínimo, verificou-se que a aplicação de 388kg de gesso foi a que proporcionou os menores teores desse elemento (0,04e.mg/100ml). De um modo geral, os teores de potássio no terceiro ano estão muito baixos, tanto os encontrados a 0-20cm como os encontrados a 20-40cm de profundidade.

Os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados em ambas as profundidades de amostragem (Tabelas 21 e 22), no terceiro

ano, apresentaram aumentos significativos e lineares com as doses de gesso. Os maiores teores foram encontrados na camada de 20-40cm de profundidade, mesmo depois de ter ocorrido um ano e dois meses aproximadamente da reaplicação das doses de gesso realizada em 1989 (correspondendo a terceira aplicação). Em ambas as profundidades de amostragem ocorreram significâncias para a interação calcário x gesso. Desdobrando-se esta interação para os teores encontrados a 0-20cm, verificou-se que o gesso, na ausência do calcário causou aumento significativo e linear, enquanto que, na presença de 1,6 e 3,2t de calcário não houve efeito significativo do gesso para os teores de enxofre (Tabelas 14 e 15).

No desdobramento da interação calcário x gesso para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 20-40cm, o que gerou o aparecimento da interação foi o comportamento diferente das doses de calcário dentro de cada dose de gesso (Tabelas 14 e 16), o que já foi motivo de discussão no item 4.1.1.1..

Na Tabela 16, verifica-se que o gesso, tanto na ausência como na presença das doses de calcário, aumentou os teores de $S-SO_4^{2-}$ sendo os maiores teores encontrados na ausência do calcário. Isso indica que o calcário teria ajudado a promover o arrastamento do $S-SO_4^{2-}$ para camadas mais profundas do que as analisadas nesse experimento. Segundo COSTA (1980) a utilização do calcário combinada com gesso, fornece a menor retenção de $S-SO_4^{2-}$ da camada arável.

As equações de regressão representativas dos efeitos do gesso na ausência e na presença das doses de calcário sobre os teores de Ca^{2+} , Al^{3+} , H+Al , T, V% e pH e teores de S-SO_4^{2-} (0-20cm) são apresentadas no Apêndice B.

Tabela 21 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 27/03/1990, referentes ao terceiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste $F^{(1)}$ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário.

Doses de gesso	N.D.	P	pH CaCl_2	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Al^{3+}	H+Al	S	T	V	m	S-SO_4^{2-}
kg/ha	%	ppm		e.mg/100ml T.F.S.A.							---	---	---
0	1,8	5	4,1	0,43	0,23	0,10	0,84	4,5	0,77	5,2	15	52	3
300	1,9	5	4,2	0,56	0,24	0,09	0,70	4,1	0,90	5,0	19	44	7
600	1,9	5	4,2	0,68	0,23	0,09	0,70	4,2	1,02	5,2	21	38	12
Reg. linear	ns	ns	**	**	ns	ns	**	**	**	ns	**	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	**	ns	**	ns	ns	ns
CV(%)	9,48	19,42	1,62	11,28	51,58	24,63	8,44	3,32	14,08	3,53	12,09	15,58	35,29

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo

Tabela 22 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 27/03/1990, referentes ao terceiro ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário.

Doses de gesso	N.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
kg/ha	%	ppm	----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----										
0	1,4	3	4,0	0,28	0,14	0,08	0,98	4,3	0,51	4,8	10	65	9
300	1,4	3	4,1	0,34	0,14	0,05	0,90	4,3	0,53	4,8	11	63	20
600	1,4	3	4,1	0,36	0,14	0,06	0,94	4,4	0,57	4,9	11	62	25
Reg. linear	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	10,79	35,46	1,31	17,21	19,93	35,97	5,50	3,73	15,62	3,42	14,22	6,72	13,88

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

No quarto ano de amostragem de solo (1991) e, após um ano da nova reaplicação das doses de gesso realizada em março de 1990 (correspondendo a quarta aplicação), constatou-se que o gesso proporcionou aumentos significativos e lineares nos teores de Ca^{2+} trocável a 0-20cm e 20-40cm, o que era esperado uma vez que o gesso também é fonte de cálcio (Tabelas 23 e 24). Esses aumentos lineares observados nos teores de Ca^{2+} a 20-40cm, se refletiram em aumentos significativos e também lineares na soma de bases (Tabela 24). Efeitos benéficos do gesso no aumento do cálcio trocável em profundidade foram verificados por RITCHEY et al. (1981), EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1982) e SUMNER (1992).

As equações de regressão correspondentes às regressões significativas para as variáveis acima citadas podem ser observadas no Apêndice 7.

Em relação ao magnésio o uso do gesso isoladamente, mesmo na dose de 600kg/ha, não se detectou a lixiviação desse elemento, até à profundidade de amostragem realizada neste experimento, durante os três primeiros anos de duração do experimento, contrariando, assim, os resultados de outros autores, como REEVE & SUMNER (1972), QUAGGIO et al. (1982a) e QUAGGIO (1992). Entretanto para o último ano de amostragem a análise de variância mostrou efeito significativo e linear para os teores de Mg^{2+} trocável encontrados a 0-20cm de amostragem (Tabela 23). A interação calcário x gesso mostrou-se significativa para os teores

desse elemento encontrados tanto a 0-20cm como a 20-40cm de amostragem. Desdobrando-se essa interação (Tabela 14), observa-se que o gesso, nas duas profundidades de solo amostradas, proporcionou variação significativa (segundo regressão quadrática) nos teores desse elemento somente na presença da maior dose de calcário estudada, indicando que possivelmente teria ocorrido lixiviação do magnésio para camadas mais profundas do que as amostradas. Na ausência de aplicação de calcário e na presença de 1,6t desse corretivo/ha o gesso não teve efeito significativo no teor do magnésio encontrado nas duas profundidades, porque o nível desse elemento no solo já se encontrava bastante baixo como se pode verificar pelos teores desse elemento apresentados nas Tabelas 13 e 16.

A saturação por alumínio a 20-40cm, apresentou redução significativa e linear com o emprego das doses de gesso (Tabela 24), entretanto a interação calcário x gesso também apresentou-se significativa e no seu desdobramento (Tabela 14) observa-se que o gesso tanto na ausência como na presença de 1,6t de calcário dolomítico apresentou redução linear e significativa para esta variável e na presença da maior dose de calcário houve um efeito significativo e quadrático na m% (Tabelas 14 e 16).

As doses de gesso aplicadas apresentaram aumentos significativos e lineares nos teores de enxofre-SO₄²⁻ do solo em ambas as profundidades amostradas (Tabelas 23 e 24). No entanto, ao se observarem as Tabelas 23 e 24 nota-se

que os teores de $S-SO_4^{2-}$ foram maiores para as amostras retiradas a 20-40cm, indicando que provavelmente o $S-SO_4^{2-}$ da camada superficial tenha sofrido processo de lixiviação. MONTEIRO (1986) e MORELLI et al. (1992), também, verificaram aumentos nos teores de $S-SO_4^{2-}$, em profundidade, pela aplicação de gesso.

A interação calcário x gesso para o teor de $S-SO_4^{2-}$ a 0-20cm apresentou-se significativa e, no seu desdobramento verifica-se que o gesso aumentou significativa e linearmente os teores de $S-SO_4^{2-}$ na ausência do calcário (onde se verificam os maiores teores desse elemento nessa profundidade), ao passo que na presença de 1,6t de calcário/ha apresentou efeito quadrático e significativo e na presença da maior dose de calcário não teve efeito significativo (Tabelas 14 e 15).

A interação calcário x gesso para os teores de $S-SO_4^{2-}$ encontrados a 20-40cm de profundidade, também foi significativa e desdobrada, mostrou que o que fez aparecer a interação foi o comportamento diferente das doses de calcário dentro de cada dose de gesso (Tabelas 14 e 16), o que já foi comentado quando se discutiu o efeito do calcário no item 4.1.1..

As equações de regressão que expressam esses efeitos do gesso na presença das doses de calcário para os teores de Mg^{2+} e enxofre, nas duas profundidades de amostragem e para a saturação por alumínio a 20-40cm são apresentadas no Apêndice 8.

Ainda, no quarto ano de amostragem apesar dos teores de potássio no solo apresentarem-se mais altos em ambas as profundidades, em relação aos anos anteriores, as reaplicações das doses de gesso não influíram significativamente nos teores desse elemento nas duas profundidades de solo amostradas um ano após a reaplicação realizada em março de 1990 (quarta aplicação). (Tabelas 23 e 24).

Tabela 23 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 05/04/1991, referentes ao quarto ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 0-20cm. Significância do teste $F^{(1)}$ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de calcário.

Doses de gesso	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
kg/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---		- ppm -
0	2,0	6	4,1	0,43	0,20	0,21	0,67	3,9	0,86	4,8	18	45	5
300	2,0	6	4,1	0,46	0,16	0,22	0,69	4,1	0,86	4,9	18	45	9
600	1,9	6	4,1	0,54	0,16	0,21	0,69	4,0	0,91	4,9	19	43	11
Reg. linear	ns	ns	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	8,73	30,70	1,99	12,54	16,46	16,90	12,30	5,38	12,90	3,85	13,07	11,89	21,43

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo

Tabela 24 - Resultados das análises químicas de amostras do solo retiradas em 05/04/1991, referentes ao quarto ano após plantio das forrageiras, em função do fator gesso. Profundidade de 20-40cm. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e 3 doses de calcário.

Doses de gesso	M.O.	P	pH CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	S	T	V	m	S-SO ₄ ²⁻
kg/ha	%	ppm		----- e.mg/100ml T.F.S.A. -----							--- % ---		- ppm -
0	1,4	3	4,1	0,33	0,17	0,13	0,88	4,0	0,62	4,6	14	59	7
300	1,4	3	4,1	0,42	0,14	0,13	0,89	4,1	0,70	4,8	15	56	15
600	1,5	3	4,1	0,48	0,14	0,13	0,90	4,0	0,74	4,7	16	54	24
Reg. linear	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV(%)	8,96	38,08	1,38	20,27	16,76	23,13	7,72	5,33	13,79	3,96	16,26	6,67	14,03

⁽¹⁾ * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo

4.2. Efeitos do calcário nas forrageiras

4.2.1. Produção de matéria seca da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio

Embora todos os dados obtidos tenham sido analisados conjuntamente (calcário e gesso), optou-se por apresentar em primeiro lugar aqueles relativos ao efeito geral do calcário e em seguida os dados referentes ao efeito geral do gesso. A interação calcário x gesso será comentada quando houver significância e no desdobramento será comentado tanto o efeito do gesso dentro do calcário como do calcário dentro do gesso.

Os dados obtidos durante os quatro anos de avaliação para a produção de matéria seca da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio em função das doses de calcário aplicadas são apresentados, respectivamente nas Tabelas 25, 26 e 27.

A soja-perene na ausência da aplicação de calcário (nível zero) não conseguiu se estabelecer, confirmando ser ela uma leguminosa sensível às condições de acidez do solo. Os trabalhos de ANDREW & HEGARTY (1969), SOUTO & DÖBEREINER (1969), FRANÇA & CARVALHO (1970), JONES et al. (1970), CARVALHO et al. (1971), MUNNS & FOX (1977), ANDREW (1978), MONTEIRO et al. (1983a), MONTEIRO et al. (1983c), PAULINO (1990), PREMAZZI (1991), entre outros, mostraram que a soja-perene é uma das leguminosas forrageiras tropicais

mais sensíveis à acidez do solo, portanto exigente em calagem.

As produções de matéria seca da soja-perene obtidas no primeiro e segundo anos de avaliação não variaram significativamente com o aumento de 1,6 para 3,2t de calcário aplicado. Entretanto, observou-se um aumento de 2,2 e 15%, respectivamente, para o primeiro e segundo ano de avaliação, entre estas duas doses de calcário (Tabela 25).

Com relação às produções de matéria seca do colônio referentes ao primeiro e segundo anos (Tabela 26) verifica-se, também, que estas não variaram significativamente com a aplicação das doses de calcário (0; 1,6 e 3,2t/ha).

A comparação das produções de matéria seca do colônio, obtidas no primeiro e segundo anos, na ausência de calcário com as produções obtidas nos tratamentos que receberam 1,6 e 3,2t de calcário, verifica-se que as condições de acidez do solo apresentadas na ausência de calcário (Tabelas 5 a 8), praticamente não proporcionaram reduções nessas produções, indicando que esta gramínea é pouco responsiva à calagem, o que foi confirmado pelos trabalhos do CIAT (1977), GUTERRES & GOMES (1982), ITALIANO et al. (1984), CARRIEL et al. (1989) e FERRARI NETO (1991).

Na Tabela 25 nota-se que as produções de matéria seca da soja-perene obtidas, nos dois primeiros anos de avaliação são consideradas muito baixas. Isto provavelmente, tenha ocorrido devido ao crescimento agressivo (mais

rápido) do colônio em relação ao da soja-perene. Ao se observar o número de cortes realizados no primeiro e segundo anos, para o colônio em relação à soja-perene verifica-se que esta relação foi de 5:3 no primeiro e de 3:2 no segundo ano. Além disso, verifica-se nas Tabelas 24 e 25, que as produções de matéria seca do colônio obtidas no primeiro ano, de um modo geral, são 17 vezes maiores do que as da leguminosa e no segundo ano de apenas 3 vezes.

Isto encontra amparo nas afirmações feitas por WERNER (1986), onde comenta que para pastagens consorciadas deve-se ter um cuidado todo especial tanto no seu estabelecimento como na sua manutenção, uma vez que as leguminosas possuem, em relação às gramíneas, crescimento mais lento, são mais exigentes em determinados nutrientes. Além disso, exigem um manejo especial e adequado de cortes para que a gramínea não cresça em demasia e sombreie as leguminosas, impedindo dessa maneira que a mesma cumpra o seu papel de fixadora de nitrogênio com transferência desse elemento para o sistema.

Como nesse tipo de experimento a avaliação é feita por corte mecânico, com remoção da forragem, pode-se dizer que uma das causas que promoveu o crescimento mais rápido do colônio observado no primeiro ano foi o aproveitamento do nitrogênio do solo proveniente da mineralização da matéria orgânica e uma vez esgotado esse nitrogênio o colônio apresentou, nos anos subsequentes, tendências de decréscimo nas suas produções na ausência de leguminosa, ou

seja, nos tratamentos em que não se aplicou o calcário (Tabela 26).

Sabe-se que a principal fonte de transferência de nitrogênio das leguminosas, em pastagem consorciada, é através de quedas de folhas. Pode-se dizer então, que praticamente não houve a contribuição da soja-perene na transferência de nitrogênio para o colônio, nesses dois primeiros anos de avaliação. Isto porque no primeiro ano de avaliação a soja-perene encontrava-se em fase de estabelecimento e como comentado anteriormente ela é possuidora de um crescimento mais lento em relação ao colônio e além disso quando conseguia acumular matéria seca era submetida a cortes de avaliação, com remoção da sua parte aérea, impedindo, desse modo que a soja-perene contribuísse com a queda de suas folhas para que houvesse transferência de nitrogênio para a gramínea.

As produções de matéria seca do colônio obtidas no terceiro ano foram linearmente incrementadas enquanto que para o quarto ano as produções variaram conforme uma equação do segundo grau, em consequência da adição das doses de calcário no solo (Tabela 26). A máxima produção de matéria seca por ocasião do quarto ano de avaliação foi alcançada com o emprego de 2,53t de calcário/ha. A equação de regressão que representa o efeito linear para o terceiro ano e o efeito quadrático para o quarto ano são expressas no Apêndice 9.

Com relação às produções de matéria seca da soja-perene verificada no terceiro e quarto anos estas foram significativamente aumentadas com a aplicação de 1,6 para 3,2t de calcário (Tabela 25). Comparando-se as duas doses de calcário aplicadas verifica-se que a presença de 3,2t de calcário/ha proporcionou aumentos de 42 e 110% em relação a 1,6t de calcário/ha, respectivamente para o terceiro e quarto anos de avaliação. Aumentos na produção de matéria seca da soja-perene também foram obtidos por NEME & LOVADINI (1967), quando cultivaram essa leguminosa por seis anos, na presença de 4 níveis de calcário.

As produções de matéria seca da soja-perene, de um modo geral, foram aumentadas ano após ano, sendo que nos últimos dois anos foram obtidas as maiores produções.

Como consequência dessa maior produção observada, nos dois últimos anos, pode-se dizer que, também houve uma maior queda de folhas da soja-perene ao solo, contribuindo para elevar significativamente o teor de matéria orgânica do solo no terceiro e quarto anos de amostragem como observado nas Tabelas 9 e 11.

Como comentado anteriormente, uma das formas de transferência de nitrogênio de leguminosas para gramíneas é através da queda de folhas. Pode-se dizer então, que a leguminosa nos dois últimos anos foi eficiente em fornecer o nitrogênio necessário para o seu próprio crescimento e ainda para o crescimento do colônio o qual passou a responder, no terceiro e quarto anos, significativa e positivamente às do-

ses de calcário estudadas. Pode-se afirmar com isto que as respostas do colônio ao calcário, nesses dois últimos anos, não teriam sido resposta direta do capim à aplicação do corretivo, mas sim uma resposta indireta às maiores quantidades de nitrogênio incorporadas ao sistema pela leguminosa que foi tanto maior quanto maior a dose de calcário aplicada, indicando mais uma vez que esta leguminosa é tida como muito exigente em calagem como mostram os trabalhos de MONTEIRO et al. (1983a), COLOZZA et al. (1983), COLOZZA & WERNER (1984) e PREMAZZI (1991).

As produções de matéria seca da consorciação soja-perene + colônio durante os quatro anos de avaliação foram significativamente aumentadas pela aplicação das doses de calcário (Tabela 27). Esses aumentos resultantes da aplicação das doses de calcário obedeceram efeitos lineares conforme indicam as equações de regressões apresentadas no Apêndice 10.

Como comentado anteriormente, a soja-perene não conseguiu se estabelecer no tratamento em que o calcário não era aplicado. Portanto as produções de matéria seca observadas nesse tratamento apresentadas na Tabela 27, são unicamente devido à presença do colônio.

Verifica-se que as maiores produções da consorciação soja-perene + colônio, durante os quatro anos, foram obtidas com a dose mais alta de calcário estudada. Comparando-se as produções de matéria seca desse tratamento em relação à ausência do calcário, obtiveram-se aumentos da

ordem de 12, 42, 128 e 161%, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos, mostrando o efeito da maior presença da leguminosa com o passar do tempo, nos tratamentos com a maior dose de calcário.

Comparando-se os tratamentos que receberam 1,6t de calcário/ha com os que receberam 3,2t/ha verifica-se que os aumentos obtidos na produção de matéria seca da consorciação foram respectivamente 5; 19; 20 e 30% para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos, esses aumentos foram bem maiores do que os observados para a produção de matéria seca do colônio (5; 20; 6 e 3%, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos, Tabela 26) e bem menores do que os observados para a soja-perene (2; 14; 42 e 110%, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos, Tabela 25). Isso mostra que a maior participação da soja-perene ano a ano na consorciação, além da sua contribuição como fixadora de nitrogênio com transferência para o sistema, nos tratamentos com níveis suficientes de calcário para atendimento de suas exigências.

Tabela 25 - Produção de matéria seca, teor de proteína e quantidade total de proteína da soja-perene, em função das doses de calcário. Médias de 3 repetições, das 3 doses de gesso e soma para os dados de produção de matéria seca e quantidade total de proteína e médias para os teores de proteína de 3 cortes para o primeiro, terceiro e quarto anos e de 2 cortes para o segundo ano.

Doses de calcário	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha				
	produção de matéria seca			
	----- kg/ha/ano -----			
1,6	480A	767A	1619B	958B
3,2	491A	881A	2299A	2018A
CV (%)	49,75	31,79	23,00	18,75
	teor de proteína			
	----- % -----			
1,6	19,61A	16,84A	16,64A	17,75A
3,2	19,33A	16,75A	16,51A	17,35A
CV (%)	4,17	3,96	2,94	3,14
	quantidade total de proteína			
	----- kg/ha/ano -----			
1,6	92A	129A	267A	167A
3,2	94A	147A	380B	348B
CV (%)	47,19	29,56	23,16	13,62

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, nas colunas dentro de cada parâmetro avaliado, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Tabela 26 - Produção de matéria seca do colônio, em função das doses de calcário. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de gesso. (Soma de 5 cortes no primeiro ano e de 3 cortes no segundo, terceiro e quarto anos).

Doses de calcário	Matéria seca			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha	kg/ha/ano			
0	8246	2696	2267	1873
1,6	8330	2427	2716	2801
3,2	8766	3088	2887	2873
Reg. linear	ns	ns	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	*
CV (%)	9,51	22,03	16,16	17,12

(1) *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 27 - Produção de matéria seca da consorciação soja-perene + colonião, em função das doses de calcário. Significância do teste F¹ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e das 3 doses de gesso. (Soma de 3 cortes na soja-perene e 5 cortes no colonião no primeiro ano, de 2 cortes na soja-perene e 3 cortes no colonião no segundo ano e de 3 cortes na soja-perene e 3 cortes no colonião no terceiro e quarto anos)

Doses de calcário	Matéria seca			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha	kg/ha/ano			
0	8246	2696	2267	1873
1,6	8809	3194	4355	3758
3,2	9302	3966	5187	4891
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,65	17,16	17,67	15,49

⁽¹⁾ ** = significância a 1% de probabilidade; ns = não significativo.

4.2.2. Teores de proteína na soja-perene e no colônião

Nas Tabelas 25 e 28 são apresentados, respectivamente, os teores de proteína da soja-perene e do colônião obtidos nos quatro anos de avaliação, em função das doses de calcário aplicadas.

Os teores de proteína da soja-perene, nos quatro anos de avaliação, não variaram significativamente com o emprego de 1,6 para 3,2t de calcário/ha (Tabela 25). RIBEIRO et al. (1970) em ensaio à campo, também não encontraram variações nos teores de proteína da soja-perene com a aplicação de 2 para 4t de calcário dolomítico/ha.

De um modo geral, verifica-se que os teores de proteína da soja-perene cultivada na presença de 1,6 e 3,2t de calcário/ha foram superiores aos encontrados por RIBEIRO et al. (1970) que obtiveram 14,4% ou aos 15% obtidos por LOVADINI et al. (1977). Conforme se pode observar na Tabela 25, os mais elevados teores (absolutos) de proteína, foram encontrados por ocasião do primeiro ano de avaliação. Os teores de proteína obtidos por ocasião do primeiro corte, independentes dos tratamentos, apresentavam-se com as mais altas porcentagens de proteína (valor médio de 22,67%) refletindo, dessa maneira, o estado tenro (jovem) em que a soja-perene foi avaliada. Esse alto teor de proteína observado no primeiro corte foi responsável para que se encon-

trassem os maiores teores no primeiro ano, que é constituído da média desse corte e de mais outros dois.

Os teores de proteína do colônio no primeiro ano (Tabela 28) não variaram significativamente com as doses de calcário estudados. Resultados semelhantes foram obtidos por WERNER et al. (1979) quando trabalharam, em condições de campo, com o colônio e não encontraram variações significativas para os teores de proteína dessa gramínea, com o emprego de 0; 1,5 e 3,375t de calcário/ha, durante os três anos de duração do experimento e por GUTERRES & GOMES (1982) quando cultivaram essa gramínea na ausência e na presença de 2,5t de calcário/ha.

Nota-se, também, que no primeiro ano obtiveram-se os maiores valores para as porcentagens de proteína no capim. Isto provavelmente, foi devido à utilização pelo colônio do nitrogênio do solo proveniente da mineralização da matéria orgânica e, uma vez diminuídas as reservas desse elemento verifica-se uma queda nos teores de proteína, já no segundo ano de experimentação. O crescimento mais rápido do colônio, nesse ano, também, permitiu que essa gramínea fosse cortada com maior frequência, portanto com um período de crescimento menor, o que possibilitou desse modo um melhor teor protéico (Tabela 28).

No segundo ano observa-se que os teores de proteína foram aumentados significativa e linearmente com o emprego das doses de calcário, apesar de nesse ano, serem verificados os menores teores de proteína. Esta queda prova-

velmente pode-se atribuir à redução na disponibilidade do nitrogênio do solo proveniente da mineralização da matéria orgânica e, também, pela deficiência de transferência de nitrogênio da leguminosa para o sistema, uma vez que a mesma ainda se encontrava em pequena proporção na consorciação, como pode ser observada pelas baixas produções de matéria seca (Tabela 25). A equação de regressão que representa esse efeito linear é apresentada no Apêndice 9.

Nos terceiro e quarto anos os teores de proteína do colônio variaram linear e significativamente com o emprego das doses de calcário (Tabela 28). Como já discutido para a produção de matéria seca do colônio, nesses dois últimos anos, esta resposta positiva dos teores de proteína do colônio à calagem seria muito mais resposta ao nitrogênio resultante da maior fixação de nitrogênio pela soja-perene presente nos tratamentos com calagem do que pela calagem propriamente. As equações de regressão são apresentadas no Apêndice 9.

Tabela 28 - Teores de proteína do colônio em função das doses de calcário. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de gesso. (Médias de 5 cortes no primeiro ano e de 3 cortes no segundo, terceiro e quarto anos).

Doses de calcário	Teor de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha	%			
0	12,42	6,51	7,41	7,35
1,6	12,14	7,13	7,94	7,78
3,2	12,52	7,24	8,41	7,91
Reg. linear	ns	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,93	4,87	4,90	5,40

(1) ** = significância a 1% de probabilidade; ns = não significativo.

4.2.3. Quantidade total de proteína da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio

Os dados obtidos durante os quatro anos de avaliação para a quantidade total de proteína da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio, em função das doses de calcário aplicadas são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 25, 29 e 30.

Com relação às quantidades totais de proteína da soja-perene verifica-se que, somente para o terceiro e quarto anos o teste F mostrou diferenças significativas, para essa variável em decorrência da aplicação das doses 1,6 e 3,2t de calcário/ha (Tabela 25). Essa resposta significativa da quantidade total de proteína em relação à aplicação de calcário foi consequência direta da diferença de produção de matéria seca entre essas duas doses de calcário.

A quantidade total de proteína no colônio, por ocasião do terceiro e quarto anos de avaliação foi aumentada com as doses de calcário (Tabela 29). A análise de regressão mostrou que os aumentos significativos obtidos no terceiro ano, se ajusta a um modelo linear e para o quarto ano, obedeceram efeito quadrático, com valores máximos estimados com a aplicação de 2,57t de calcário/ha. As equações de regressão que expressam esses efeitos são apresentadas no Apêndice 9.

Como esta variável depende em alto grau da produção de matéria seca e do teor de proteína, verifica-se

que para o terceiro ano o efeito linear observado para a quantidade total de proteína do colônio, também, foi observado para a produção de matéria seca e para o teor de proteína dessa gramínea nesse ano. O efeito quadrático observado para a quantidade total de proteína referente ao quarto ano, também foi observado para produção de matéria seca nesse ano e, a quantidade de calcário que proporcionou a maior produção de matéria seca foi praticamente a mesma que também proporcionou a maior quantidade total de proteína, indicando que essa variável foi fortemente influenciada pelo efeito quadrático observado na produção de matéria seca do que pelo efeito linear observado para o teor de proteína.

A análise de regressão revelou efeito linear positivo e significativo das doses de calcário, elevando a quantidade total de proteína da consorciação soja-perene + colônio durante os quatro anos (Tabela 30). As equações que representam esse efeito é mostrada no Apêndice 10.

A quantidade total de proteína da consorciação soja-perene + colônio é consequência da soma da quantidade total de proteína da soja-perene (Tabela 25) mais a quantidade total de proteína do colônio (Tabela 29) e, como comentado para a produção de matéria seca da soja-perene, esta não conseguiu se estabelecer na ausência de calcário. Portanto, a quantidade total de proteína da consorciação soja-perene + colônio nesse tratamento é somente a obtida com o colônio.

A presença da leguminosa nos tratamentos que receberam 1,6 e 3,2t de calcário/ha fez com que a análise de regressão acusasse efeito significativo para esta variável, nos quatro anos (Tabela 30).

Comparando-se as quantidades totais de proteína da consorciação soja-perene + colônia obtidas nos tratamentos que receberam 3,2t de calcário/ha com as quantidades obtidas no tratamento 1,6t verifica-se que a quantidade total de proteína aumentou progressivamente de 6; 19; 24 e 49%, respectivamente, para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos. Nota-se que o maior aumento ocorreu no último ano, justamente, onde se encontravam as maiores produções de matéria seca, os maiores teores de proteína (com exceção dos teores observados no primeiro ano e no primeiro corte) e consequentemente as maiores quantidades totais de proteína da soja-perene, mostrando que essa leguminosa foi responsável pela melhoria na qualidade e na quantidade de forragem disponível na consorciação.

Tabela 29 - Quantidade total de proteína do colônio, em função das doses de calcário. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de gesso. (Soma de 5 cortes no primeiro ano e de 3 cortes no segundo, terceiro e quarto anos).

Doses de calcário	Quantidade total de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha	kg/ha/ano			
0	1025	178	170	135
1,6	1028	177	212	219
3,2	1096	217	241	226
Reg. linear	ns	ns	*	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	*
CV (%)	11,01	52,59	39,88	22,34

(1) *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 30 - Quantidade total de proteína do conjunto soja-perene+ colônia, em função das doses de calcário. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de gesso. (Soma de 3 cortes na soja-perene e 5 cortes no colônia no primeiro ano, de 2 cortes na soja-perene e 3 cortes no colônia no segundo ano e de 3 cortes na soja-perene e 3 cortes no colônia no terceiro e quarto anos).

Doses de calcário	Quantidade total de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha	kg/ha/ano			
0	1025	175	170	137
1,6	1120	300	483	386
3,2	1190	371	601	574
Reg. linear	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16,98	19,52	23,38	18,26

(1) ** = significância a 1% de probabilidade; ns = não significativo.

4.2.4. Teores de nutrientes e relação N/S

4.2.4.1. Soja-perene

Os teores médios de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e a relação N/S na matéria seca da soja-perene, em cada um dos quatro anos, em função da aplicação de 1,6 e 3,2t de calcário/ha são apresentados nas Tabelas 31 e 32.

Os valores encontrados para as concentrações desses elementos, estão em geral, de acordo com os valores encontrados na literatura (MONTEIRO et al., 1983a, MONTEIRO et al., 1983c, COLOZZA & WERNER, 1984 e PREMAZZI, 1991).

As concentrações de fósforo na soja-perene, durante os quatro anos de avaliação, não sofreram variações significativas pela aplicação das duas doses de calcário, sendo de um modo geral, semelhantes às obtidas por MONTEIRO et al. (1983a), para essa leguminosa forrageira.

Assim como a aplicação de 3,2t de calcário dolomítico/ha em relação à aplicação de 1,6t foi responsável por manter no solo, durante os quatro anos de duração do experimento, níveis mais altos de cálcio e magnésio (Tabelas 3 a 12) ela, também, foi responsável para que a soja-perene cultivada nos tratamentos que receberam a maior dose de calcário, apresentasse maiores concentrações desses elementos, na sua composição durante esses anos.

Os teores de cálcio e magnésio na soja-perene, durante os quatro anos, apresentaram diferenças signi-

ficativas pelo teste F com a aplicação das duas doses de calcário, com exceção feita para os teores de cálcio encontrados no segundo ano e os teores de magnésio encontrados no quarto ano (Tabela 31). Ressalta-se que os incrementos nos teores de cálcio e magnésio dessa leguminosa corresponderam a aumentos na produção de matéria seca. Aumentos nos teores desses elementos, também foram obtidos por JONES & FREITAS (1970), FRANÇA et al. (1973), MONTEIRO et al. (1983a), CARRIEL et al. (1983) e COLOZZA & WERNER (1984), quando cultivavam a soja-perene na presença de calagem.

Ainda na Tabela 31, pode-se observar, que os teores de magnésio na leguminosa diminuíram do primeiro para o quarto ano e esta redução, também foi observada para os teores desse elemento no solo (Tabelas 3 a 12), evidenciando que o efeito do calcário dolomítico como fornecedor desse elemento foi diminuindo ano a ano, mesmo com a maior dose de calcário aplicada.

A análise de variância mostrou interação significativa calcário x gesso no quarto ano sobre os conteúdos de cálcio na matéria seca da soja-perene. Desdobrando-se essa interação observou-se que a aplicação do calcário elevou significativamente os conteúdos de cálcio tanto na ausência como na presença de 300kg de gesso/ha, enquanto que na presença do maior nível de gesso não houve diferença significativa (Tabela 33 e Apêndice 11).

As concentrações de potássio encontradas na soja-perene, nos quatro anos, não apresentaram diferenças

significativas com o emprego das doses de calcário. No terceiro ano foram encontrados os menores teores desse nutriente na matéria seca da soja-perene (Tabela 31).

Observando-se os teores de potássio no solo durante os quatro anos (Tabelas 3 a 12) verifica-se, de um modo geral, que os menores teores desse elemento, nas duas profundidades de solo, foram encontradas por ocasião do terceiro ano, indicando que os mais baixos níveis de potássio no solo nesse ano foram um dos responsáveis pelos baixos teores de potássio na soja-perene em relação aos outros anos. Além disso, ao se observar as concentrações de potássio no colúmbio (Tabela 36) no terceiro ano, verifica-se que foram mais altas em relação às da soja-perene. Isto vem de encontro com as observações de WERNER (1986) ao comentar que em pastagens consorciadas as leguminosas têm maior dificuldade em absorver o potássio do solo do que as gramíneas. No terceiro ano, a reposição de potássio, através de adubação, teria sido abaixo das quantidades adequadas para suprir as necessidades do capim e da leguminosa.

Os teores de enxofre na soja-perene nos quatro anos, não apresentaram diferenças significativas com o emprego das doses de calcário. De um modo geral, os teores de enxofre na soja-perene e nos quatro anos de avaliação, estão numa faixa de valores semelhantes aos obtidos por JONES & QUAGLIATO (1970) e MONTEIRO et al. (1983b).

Observando-se os teores de $S-SO_4^{2-}$ do solo na profundidade de 20-40cm, durante os quatro anos e nos trata-

mentos que receberam 1,6 e 3,2t de calcário/ha, verifica-se de um modo geral, que esses teores variaram entre 11 a 16ppm (Tabelas 6, 8, 10 e 12). Apesar dos teores desse elemento no solo serem considerados médios, segundo VITTI (1988), a soja-perene apresentou concentração desse elemento, com exceção para o terceiro ano, um pouco abaixo das obtidas por ANDREW (1977), que estabeleceu como concentração crítica valores de 0,17 a 0,18%.

As relações N/S, obtidas nos quatro anos e verificadas na Tabela 31, também, não apresentaram diferenças significativas com o emprego das doses de calcário. Verifica-se que os valores para a relação N/S encontrados estão bem próximos dos valores considerados como críticos (entre 13 e 20) por ANDREW (1977).

Os teores de boro e cobre encontrados na matéria seca da soja-perene, nos quatro anos, não apresentaram diferenças significativas com o emprego das doses de calcário (Tabela 32) e, comparado com Andrew¹, citado por JONES & FREITAS (1970), os teores desses dois elementos são considerados adequados para o cultivo da leguminosa. Talvez, esta falta de variação significativa observada nos teores de boro e cobre da soja-perene na presença das doses de calcário tenha sido devido às duas adubações de manutenção realizadas com micronutrientes na forma de FTE-Br 16 que contém na sua composição, esses nutrientes colocando-os à disposição da

¹ANDREW, C.S. Comunicação pessoal, 1970

planta, mesmo na presença da maior dose de calcário estudada.

Com relação aos teores de ferro, manganês e zinco encontradas na soja-perene, nos quatro anos (mesmo os obtidos na presença da maior dose de calcário) não seriam considerados deficientes para a leguminosa, de acordo com Andrew¹ citado por JONES & FREITAS (1970).

As concentrações desses três micronutrientes encontrados na matéria seca da soja-perene, durante os quatro anos, apresentaram decréscimos significativos com a elevação da dose de calcário, com exceção para os teores de ferro obtidos nos dois primeiros anos e para os teores de manganês encontrados no primeiro ano, nos quais o teste F não apresentou variação significativa (Tabela 32). Reduções nos teores desses micronutrientes, com a aplicação de calcário, são descritos em soja-perene por JONES et al. (1970), SANTOS et al. (1980), MONTEIRO et al. (1983a), CARRIEL et al. (1983) e concordam com o relatado por MALAVOLTA (1985) que a disponibilidade desses elementos são diminuídas com o emprego do calcário em solos ácidos.

A interação calcário x gesso foi significativa para os teores de Mn e Fe no quarto ano (Tabela 33). O desdobramento dessa interação para esses dois micronutrientes revelou que, na ausência de gesso e na presença de 300kg de gesso/ha a aplicação do calcário diminuiu significativa-

¹ANDREW, C.S. Comunicação pessoal, 1970

mente as concentrações de ferro e de manganês, porém não teve efeito significativo na presença de 600kg de gesso (Apêndice 11). Verificou-se ainda que na presença da maior dose de calcário a aplicação de 300 e 600kg de gesso/ha proporcionou aumento no teor de manganês foliar, em relação a ausência de gesso.

As reduções observadas nos teores desses micronutrientes da soja-perene, com o emprego da maior dose de calcário em relação à aplicação de 1,6t de calcário/ha mantiveram-se durante os quatro anos de avaliação, mostrando que o efeito do calcário permaneceu ao longo desse tempo.

Por ocasião do primeiro ano (Tabela 32) verificaram-se concentrações de ferro, na soja-perene em torno de 1100ppm. Esta alta concentração provavelmente possa ter sido devido à contaminação, uma vez que em experimento desse tipo o material cortado entra em contato direto com o solo, devido a presença ainda de entrelinhas descobertas, além de não passar por lavagens antes de ser secado, moído e enviado ao laboratório para análises químicas.

Tabela 31 - Teores médios de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca da soja-perene, em função das doses de calcário. Médias de 3 repetições e das 3 doses de gesso e de 3 cortes para o primeiro, terceiro e quarto anos e de 2 cortes para o segundo ano.

Doses de calcário	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha				
	P %			
1,6	0,22 A	0,18 A	0,22 A	0,21 A
3,2	0,22 A	0,18 A	0,21 A	0,20 A
CV (%)	3,89	4,91	4,25	3,90
	Ca %			
1,6	0,99 B	1,03 A	1,16 B	0,84 B
3,2	1,08 A	1,13 A	1,24 A	0,94 A
CV (%)	7,31	14,18	5,11	4,40
	Mg %			
1,6	0,43 B	0,34 B	0,36 B	0,33 A
3,2	0,50 A	0,40 A	0,41 A	0,33 A
CV (%)	4,96	3,25	5,76	4,51
	K %			
1,6	2,24 A	2,28 A	1,84 A	2,31 A
3,2	2,22 A	2,21 A	1,76 A	2,26 A
CV (%)	4,62	6,42	4,03	2,43
	S %			
1,6	0,16 A	0,14 A	0,21 A	0,16 A
3,2	0,15 A	0,15 A	0,21 A	0,16 A
CV (%)	8,25	9,30	8,70	5,63
	N/S			
1,6	21 A	19 A	14 A	17 A
3,2	22 A	18 A	14 A	17 A
CV (%)	4,01	6,73	5,99	3,57

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, dentro de cada coluna, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Tabela 32 - Teores médios de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na matéria seca da soja-perene em função das doses de calcário. Médias de 3 repetições e de 3 doses de gesso e de 3 cortes para o primeiro, terceiro e quarto anos e de 2 cortes para o segundo ano.

Doses de calcário	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
t/ha				
	----- B ppm -----			
1,6	60 A	70 A	53 A	57 A
3,2	62 A	70 A	52 A	57 A
CV (%)	11,66	10,53	5,44	3,53
	----- Cu ppm -----			
1,6	8 A	10 A	9 A	10 A
3,2	8 A	10 A	9 A	10 A
CV (%)	17,14	16,95	8,69	8,19
	----- Fe ppm -----			
1,6	1106 A	319 A	288 A	335 A
3,2	1107 A	293 A	245 B	284 B
CV (%)	16,43	10,08	15,28	6,19
	----- Mn ppm -----			
1,6	92 A	84 A	139 A	174 A
3,2	98 A	64 B	103 B	138 B
CV (%)	9,30	10,65	5,03	10,11
	----- Zn ppm -----			
1,6	39 A	37 A	46 A	49 A
3,2	34 B	32 B	37 B	43 B
CV (%)	9,04	14,02	8,34	5,09

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, dentro de cada coluna e de cada nutriente, diferem entre si pelo teste F ($P < 0,05$).

Tabela 33 - Teores médios de cálcio, ferro e manganês na matéria seca da soja-perene por ocasião do 4º ano, em função da aplicação das doses de calcário⁽¹⁾ (médias de 3 repetições, de 3 doses de gesso e de 3 cortes) e significância do teste F⁽²⁾ para os componentes linear e quadrático para as doses de gesso. (Médias de 3 repetições, 2 doses de calcário e 3 cortes).

Doses de gesso kg/ha	Doses de calcário (t/ha)					
	1,6	3,2	1,6	3,2	1,6	3,2
	---- Ca % ----		-- Fe ppm --		-- Mn ppm --	
0	0,72B	0,89A	355A	267B	188A	125B
300	0,85B	0,97A	345A	284B	169A	138B
600	0,96A	0,97A	306A	301A	163A	150A
Reg. Linear	**	*	*	ns	**	**
Reg. Quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns

⁽¹⁾ Médias seguidas por letras maiúsculas distintas, nas linhas dentro de cada nutriente, diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

⁽²⁾ *, ** = significância a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

4.2.4.2. Colonião

Os teores médios de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e a relação N/S na matéria seca do colonião em função das doses de calcário, nos quatro anos, são apresentados nas Tabelas 34 a 37.

Os teores médios de fósforo encontrados na matéria seca do colonião durante os quatro anos do ensaio, não foram afetados, significativamente, pela aplicação de calcário (Tabelas 34 a 37), sendo de um modo geral, semelhantes aos obtidos por WERNER et al. (1979) que não obtiveram respostas significativas para os teores de fósforo no colonião quando submetido a doses de calcário, por três anos.

Com relação aos teores de cálcio e magnésio na gramínea, durante os quatro anos de avaliação, o que se nota (Tabelas 34 a 37) é um aumento nos seus percentuais à medida que se eleva a dose de calcário. A elevação nos teores de cálcio e magnésio do colonião com a aplicação de calcário foi verificada por GOMIDE et al. (1986), CARRIEL et al. (1989) e PREMAZZI (1991).

Os aumentos observados nessas duas variáveis foram significativos e mostraram variações quadráticas em relação às doses de calcário, no primeiro, segundo e terceiro ano (Tabelas 34 a 36) enquanto que no último ano de avaliação esse efeito foi linear (Tabela 37). No Apêndice 9

podem se observar as equações de regressão para as variações nos teores desses nutrientes em função das doses de calcário.

Conforme ilustram os dados apresentados nas Tabelas 34 a 37, os teores de cálcio e, principalmente, de magnésio no colômbio, observados na presença de 1,6 e 3,2t de calcário/ha, diminuíram do primeiro para o segundo ano e assim sucessivamente. Essa redução, também foi observada para os teores desses elementos no solo (Tabela 11) o que refletiu na parte aérea. Tal fato pode ser explicado pela acidificação paulatina do solo, com o passar do tempo, devido à remoção desses cátions pelas forrageiras e, também, pela lavagem pelas águas das chuvas desses elementos do complexo de troca.

As porcentagens de potássio na matéria seca do colômbio, por ocasião do primeiro ano, apresentaram decréscimos significativos e lineares com as doses de calcário (Tabela 34). Tendências de decréscimos nos teores desse elemento foram relatados por WERNER et al. (1979), quando cultivaram o colômbio na presença de níveis de calcário. A equação de regressão que representa o efeito linear é apresentada no Apêndice 9.

Por ocasião do segundo e terceiro anos de avaliação, verifica-se que os teores de potássio no colômbio cultivado nas parcelas que receberam calcário, apresentaram concentrações desse elemento mais altas que as das sem calcário (Tabelas 35 e 36). Essas variações obedeceram uma

forma quadrática e cujas equações de regressão são apresentadas no Apêndice 9.

No quarto ano verifica-se que os teores de potássio no colômbio apresentaram aumentos significativos e lineares mediante as doses de calcário (Tabela 37) e a equação que representa esse efeito é apresentada no Apêndice 9.

Verificando-se os teores de potássio no solo (Tabelas 7 a 12), por ocasião do segundo, terceiro e quarto anos, nota-se que, na ausência da aplicação do calcário, encontram-se os mais elevados teores desse elemento no solo e, nesse tratamento a soja-perene não se estabeleceu devido a problemas de acidez do solo. Assim era de se esperar que o colômbio cultivado nesse tratamento, também apresentasse na sua composição as mais altas porcentagens desse elemento, principalmente porque não havia competição com a leguminosa pelo potássio do solo, fato que não foi observado como se pode constatar pelas porcentagens desse elemento no colômbio apresentadas nas Tabelas 35, 36 e 37. Isto, provavelmente ocorreu porque houve limitação de nitrogênio para o capim crescer o que permitiu menor extração de potássio do solo e consequentemente o colômbio apresentou em sua composição menor teor desse elemento.

Os teores de enxofre encontrados na matéria seca do colômbio, durante os quatro anos, não apresentaram variações significativas com o emprego das doses de calcário (Tabelas 34 a 37).

Os valores para a relação N/S encontrados no primeiro e segundo anos não variaram significativamente com o emprego das doses de calcário (Tabelas 34 e 35).

De uma maneira geral, observa-se que os maiores valores para a relação N/S foram encontrados no primeiro ano, quando se encontraram, também, os maiores teores de proteína bruta (Tabela 28). Isso indica que, nesse ano, não houve limitação de nitrogênio para o crescimento do colônio, como pode ser observado pelas altas produções de matéria seca apresentadas pelo colônio no primeiro ano (Tabela 26).

Com relação aos valores encontrados para a relação N/S no terceiro e quarto ano, verifica-se que os mesmos apresentaram acréscimos significativos e lineares com o emprego das doses de calcário (Tabelas 36 e 37). As equações de regressão que expressam essas variações são apresentadas no Apêndice 9.

Ainda nesses dois anos nota-se que os valores obtidos para a relação N/S na ausência de calcário foram menores em relação à presença de 1,6 e 3,2t de calcário/ha. Isto, provavelmente, tenha ocorrido devido à presença da soja-perene nesses dois tratamentos (Tabela 25) a qual contribuiu para o fornecimento de nitrogênio para a gramínea, uma vez que os teores de proteína da gramínea aumentaram na presença dessas duas doses de calcário em relação à ausência de calcário (Tabela 28).

Apesar de ter ocorrido transferência de nitrogênio da leguminosa para o capim essa contribuição não teria sido suficiente (especialmente pela técnica experimental adotada de se remover a forragem para avaliação toda vez que se acumulava certa quantidade de massa verde) para que o colônio apresentasse teores de proteína que proporcionassem uma relação N/S em torno de 13:1 que segundo DIJKSHOORNG & WIJK (1967) é considerada adequada para gramíneas em geral.

Os teores de boro e cobre encontrados na matéria seca do colônio, nos quatro anos de ensaio, não apresentaram variações significativas com as doses de calcário empregados (Tabelas 34 a 37). PREMAZZI (1991), também, não obteve variação significativa nos teores de boro do colônio quando adicionou calcário a um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. Além disso, cabe mencionar, que foram realizadas durante o tempo de condução do experimento, duas adubações de manutenção com micronutrientes na forma de FTE-Br 16 que, provavelmente contribuiu para que não houvesse variação desses micronutrientes no colônio, com as doses de calcário.

Os teores de ferro e manganês na matéria seca do colônio, durante os quatro anos de avaliação, apresentaram reduções significativas com o emprego das doses de calcário, mostrando que o corretivo diminuiu a disponibilidade desses elementos no solo reduzindo as suas absorções.

As equações de regressão representativas das variações nos teores de ferro e manganês com as doses de calcário são apresentadas no Apêndice 9.

As Tabelas 34 a 37 apresentam as variações dos teores de zinco na matéria seca do colônio, em função das doses de calcário. A oscilação encontrada está em torno da média apresentada por GALLO et al. (1974) para esta graminha.

A medida que se elevou a dose de calcário o teor de zinco no colônio sofreu decréscimos lineares para o primeiro e segundo ano e apresentou efeito quadrático para o quarto ano (Tabelas 34, 35 e 37). As diminuições dos conteúdos de zinco com as doses de calcário são devidas às reduções na disponibilidade desse micronutriente no solo.

Tabela 34 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colômbio, em função das doses de calcário e relativos ao 1º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de gesso e 5 cortes.

Doses de calcário	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
t/ha	%					ppm					
0	0,19	0,43	0,22	2,43	0,13	18	9	691	217	25	15
1,6	0,20	0,51	0,36	2,26	0,13	18	9	622	160	24	15
3,2	0,18	0,51	0,42	2,18	0,12	18	9	506	153	23	16
Reg. linear	ns	**	**	**	ns	ns	ns	**	**	*	ns
Reg. quadr.	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns
CV (%)	20,76	4,92	5,67	4,47	9,35	5,57	4,95	17,46	9,45	6,65	9,84

(1) *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 35 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colômbio, em função das doses de calcário e relativos ao 2º. ano de avaliação. Significância do teste F¹¹ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de gesso e 3 cortes.

Doses de calcário	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
t/ha	%					ppm					
0	0,21	0,34	0,18	1,65	0,13	10	8	826	236	27	8
1,6	0,22	0,46	0,31	1,84	0,14	11	8	432	182	26	8
3,2	0,21	0,51	0,35	1,76	0,13	11	8	414	139	24	9
Reg. linear	ns	**	**	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns
Reg. quadr.	ns	**	**	*	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns
CV (%)	8,55	4,60	5,90	6,42	6,64	5,94	14,45	16,68	11,40	6,13	10,75

¹¹ *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 36 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colônio, em função das doses de calcário e relativos ao 3º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de gesso e 3 cortes.

Doses de calcário	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
t/ha	%					ppm					
0	0,25	0,29	0,18	2,03	0,13	11	6	574	199	19	9
1,6	0,25	0,38	0,27	2,30	0,13	11	6	224	143	19	10
3,2	0,25	0,41	0,33	2,24	0,13	12	6	194	120	19	10
Reg. linear	ns	**	**	*	ns	ns	ns	**	**	ns	*
Reg. quadr.	ns	**	*	*	ns	ns	ns	**	*	ns	ns
CV (%)	6,49	5,25	5,88	8,69	6,79	5,75	20,50	20,49	10,42	5,94	10,27

⁽¹⁾ *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 37 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colômbio, em função das doses de calcário e relativos ao 4º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de gesso e 3 cortes.

Doses de calcário	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
t/ha	----- % -----					----- ppm -----					
0	0,24	0,28	0,15	1,82	0,14	10	8	495	298	26	8
1,6	0,25	0,35	0,21	1,99	0,13	10	8	269	223	22	10
3,2	0,24	0,37	0,27	2,04	0,13	10	8	251	203	21	10
Reg. linear	ns	**	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	*
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	*	ns
CV (%)	5,99	7,79	7,14	7,25	9,75	4,36	6,08	15,00	9,45	9,87	8,66

⁽¹⁾ *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

4.3. Efeitos do gesso nas forrageiras

4.3.1. Produção de matéria seca da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio

Os dados obtidos para a produção de matéria seca da soja-perene, colônio e da consorciação soja-perene + colônio, em função das doses de gesso aplicadas durante os quatro anos de avaliação são apresentados, respectivamente nas Tabelas 38, 39 e 40.

A aplicação das doses de gesso não resultou em variações estatisticamente significativas nas produções de matéria seca da soja-perene no primeiro, terceiro e quarto anos (Tabela 38). Entretanto, apesar de não ter apresentado significância estatística (ao nível de 5%) cabe ressaltar que o emprego de 600kg de gesso/ha proporcionou aumentos (em relação ao nível 0) de 52, 15 e 25% na produção de matéria seca da soja-perene por ocasião do primeiro, terceiro e quarto anos de avaliação, observando-se dessa maneira um maior incremento na produção dessa leguminosa como resultado da aplicação de gesso, no primeiro ano de avaliação.

As leguminosas como possuidoras de altos teores de proteína, exigem quantidades mais elevadas de enxofre para o seu desenvolvimento do que as gramíneas, além desse elemento exercer importante papel no processo de fixação de N_2 pelas leguminosas (WERNER, 1986). Respostas positivas de

soja-perene ao enxofre foram obtidas por JONES & QUAGLIATO (1970) a partir do terceiro corte, por ANDREW (1977), TERGAS (1977) e por COLOZZA et al. (1983) após correção adequada da acidez do solo e da deficiência de magnésio. Vários trabalhos têm mostrado respostas de leguminosas forrageiras ao enxofre, citando-se os de ANDREW (1977) em uma série de leguminosas forrageiras; GUTTERIDGE (1981) em estilosantes; MONTEIRO et al. (1983b) em siratro e NOVAES et al. (1988) em guandu, entre outros. Entre os que não obtiveram respostas significativas ao enxofre citam-se os de CARRIEL et al. (1983) e MONTEIRO et al. (1983b), ambos com soja-perene e o de LEITE et al. (1985) com siratro.

Com relação às produções de matéria seca dessa leguminosa obtidas no segundo ano, verifica-se que estas sofreram aumentos significativos e lineares com o emprego das doses de gesso. A equação que representa esse efeito é apresentada no Apêndice 12.

De um modo geral, verifica-se na Tabela 38 que devido as condições de manejo utilizadas na condução do experimento, permitiu que a presença da soja-perene, na consorciação, aumentasse paulatinamente de ano para ano.

As produções de matéria seca do colônio, durante os quatro anos de avaliação, não sofreram variações significativas com as doses de gesso testadas (Tabela 39). Entretanto, a partir do segundo ano de avaliação, as produções de matéria seca dessa gramínea mostraram-se re-

lativamente mais elevadas com a aplicação das doses de gesso.

Gramíneas forrageiras têm normalmente um baixo requerimento em enxofre, da ordem de 10 a 40kg de enxofre/ha (SANCHES, 1976). Porém, quando cultivadas sob adubações adequadas com nitrogênio e em áreas distantes de fontes poluidoras da atmosfera com SO_2 , espera-se resposta à aplicação desse nutriente (VITTI & NOVAES, 1986). Observando-se os teores de S- SO_4^{2-} no solo (20-40cm de profundidade), durante os quatro anos de amostragem e nos tratamentos sem aplicação de gesso, nota-se que esses teores variaram de uma maneira geral, de 7 a 9ppm, que, segundo padrões estabelecidos por VITTI (1988) são considerados baixos. Esses teores são bem menores do que os encontrados com a aplicação de 300 (12 a 20ppm) e 600kg de gesso/ha (20-25ppm) que são teores considerados adequados no solo, segundo VITTI (1988). Isto sugere que houve falta de nitrogênio e não de enxofre para que o capim expressasse resposta à aplicação das doses de gesso. QUINN et al. (1961) não encontraram respostas do capim-colônia submetido à aplicação de 60kg de enxofre/ha, na forma de gesso, quando o mesmo não recebia adubações adequadas de nitrogênio. HADDAD (1983) verificou que houve interação positiva da aplicação de enxofre (gesso) e nitrogênio, em aumentar a produção de matéria seca do colônia cultivado num solo ácido.

Como já discutido no item 4.2.1, uma das causas que proporcionaram as maiores produções de matéria seca

do colônião observadas no primeiro ano, foram devidas ao aproveitamento do nitrogênio do solo, proveniente da mineralização da matéria orgânica, por esta gramínea e uma vez esgotado esse nutriente o colônião apresentou menores produções de matéria seca nos anos seguintes.

A falta de resposta à aplicação de gesso observada no primeiro ano, talvez, foi devida aos teores encontrados desse elemento no solo, antes do plantio (Tabelas 3 e 4) independente das doses de gesso, estarem em níveis considerados médios (13 a 16ppm a 0-20cm e 12-14ppm a 20-40cm de profundidade) e, como comentado no item 4.1.1. o que proporcionou esses teores adequados foi provavelmente o benefício que o preparo do solo mais a aplicação do calcário proporcionaram na mineralização da matéria orgânica do solo, a qual teria liberado o enxofre.

A análise de regressão não revelou efeito significativo para a produção de matéria seca da consorciação soja-perene + colônião, durante os quatro anos de avaliação, em função das doses de gesso estudadas (Tabela 40). As variações observadas nas produções de matéria seca da consorciação no primeiro e segundo ano foram muito mais um reflexo das variações observadas na produção do colônião, com as doses de gesso (Tabela 39), do que com as variações observadas na produção da leguminosa (Tabela 38).

Tabela 38 - Produção de matéria seca da soja-perene, em função das doses de gesso. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 2 doses de calcário. (Soma de 3 cortes para o primeiro, terceiro e quarto anos e de 2 cortes no segundo ano).

Doses de gesso kg/ha	Matéria seca			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	----- kg/ha/ano -----			
0	385	658	1871	1275
300	484	773	1861	1595
600	588	1041	2145	1593
Reg. linear	ns	*	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	49,75	31,79	23,00	18,75

(1) * = significância ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 39 - Produção de matéria seca do colônio, em função das doses de gesso. Significância do teste F^(*) para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário. (Soma de 5 cortes no primeiro ano e de 3 cortes no segundo, terceiro e quarto anos).

Doses de gesso kg/ha	Matéria seca			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	----- kg/ha/ano -----			
0	8843	2568	2456	2383
300	8113	3025	2639	2522
600	8386	2617	2774	2643
Reg. linear	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	9,51	22,03	16,16	17,12

(*) ns = não significativo.

Tabela 40 - Produção de matéria seca da consorciação soja-perene + colônião, em função das doses de gesso. Significância do teste F^(*) para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário. (Soma de 3 cortes na soja-perene e 5 cortes no colônião no primeiro ano, de 2 cortes na soja-perene e 3 cortes no colônião no segundo ano e de 3 cortes na soja-perene e 3 cortes no colônião no terceiro e quarto anos).

Doses de gesso kg/ha	Matéria seca			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	kg/ha/ano			
0	9101	3004	3704	3233
300	8480	3541	3880	3585
600	8778	3311	4204	3704
Reg. linear	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,65	17,16	17,67	15,49

(*) ns = não significativo.

4.3.2. Teor de proteína da soja-perene e do colômbio

Os teores de proteína bruta da soja-perene e do colômbio, em função das doses de gesso aplicadas e durante os quatro anos de avaliação são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 41 e 42.

Na Tabela 41, podem ser observados os teores de proteína na matéria seca da soja-perene, em função das doses de gesso aplicadas. Verifica-se que a análise de regressão não revelou efeito significativo para esta variável, durante os quatro anos de duração do experimento. CARRIEL et al. (1983) e MONTEIRO et al. (1983b) não encontraram respostas significativas para a porcentagem de nitrogênio da soja-perene, cultivada em condições de casa-de-vegetação, mediante a aplicação de gesso. LEITE et al. (1985), também, não encontraram variações estatisticamente significativas para o teor de proteína do siratro cultivado à campo e em consorciação com o colômbio, quando aplicaram 0; 45 e 90kg de enxofre/ha, na forma de gesso.

Os teores médios de proteína bruta (N% x 6,25) da soja-perene, durante os quatro anos, estão numa faixa de valores semelhantes aos obtidos por GALLO et al. (1974) e MONTEIRO et al. (1983b).

Os teores de proteína encontrados na matéria seca do colômbio, durante o segundo, terceiro e quarto anos de avaliação, não apresentaram respostas significativas com

a aplicação de gesso (Tabela 42). HADDAD (1983) e LEITE et al. (1985), também, não encontraram variações significativas com a aplicação de níveis de enxofre (na forma de gesso) para esta variável do colômbio.

Com relação aos teores de proteína na matéria seca do colômbio no primeiro ano, esses foram significativamente reduzidos pela aplicação das doses de gesso. Esse decréscimo resultante da aplicação do gesso obedeceu efeito linear conforme indica a equação de regressão apresentada no Apêndice 13. Os maiores teores de proteína observados por ocasião do primeiro ano foram provavelmente em decorrência da utilização do nitrogênio do solo proveniente da mineralização da matéria orgânica e, também, devido ao crescimento mais rápido do colômbio nesse ano, o que permitiu cortes mais frequentes com forragem de melhor valor protéico.

Verifica-se que os maiores teores de proteína encontrados para essa gramínea por ocasião do segundo ano, foram obtidos com a maior dose de gesso estudada. Essa resposta do colômbio à aplicação do gesso coincide com os aumentos significativos observados, no segundo ano, para a produção de matéria seca da soja-perene, com as doses de gesso (Tabela 38).

Ao se observarem os teores de proteína do colômbio obtidos no segundo, terceiro e quarto anos (Tabela 42), verifica-se, de um modo geral, que apresentaram as mesmas variações observadas para a produção de matéria seca da

soja-perene (Tabela 38), isto é, no segundo ano as produções de matéria seca da leguminosa foram menores em relação aos dois últimos anos; o mesmo aconteceu com os teores de proteína do colônio obtidos nesse ano. No terceiro ano encontraram-se as maiores produções de matéria seca da soja-perene (exceto as do primeiro ano que teriam sido obtidas, às custas de N da mineralização de matéria orgânica devido ao preparo do solo) e, também, às maiores concentrações de proteína no colônio e, no último ano as produções da leguminosa foram um pouco menores que no terceiro ano e bem maiores do que as do segundo ano. Essa mesma sequência de menor e maior, também, foi observada para os teores de proteína do colônio no último ano. Isto leva a sugerir que a presença da leguminosa, na consorciação, contribuiu mais, para melhorar os teores de proteína da gramínea do que para aumentar a sua produção como pode ser observado na Tabela 42.

Tabela 41 - Teores de proteína na matéria seca da soja-pere-
ne, em função das doses de gesso. Significância
do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e qua-
drático. Médias de 3 repetições e de 2 doses de
calcário. (Média de 3 cortes para o primeiro,
terceiro e quarto anos e de 2 cortes no segundo
ano).

Doses de gesso kg/ha	Teor de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	%			
0	19,34	16,84	16,52	17,49
300	19,12	16,71	16,57	17,47
600	19,97	16,84	16,63	17,68
Reg. linear	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,17	3,96	2,94	3,14

⁽¹⁾ ns = não significativo.

Tabela 42 - Teores de proteína na matéria seca do colonião, em função das doses de gesso. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário. (Média de 5 cortes para o primeiro ano e de 3 cortes no segundo, terceiro e quarto anos).

Doses de gesso kg/ha	Teor de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	%			
0	12,62	6,88	7,75	7,73
300	12,24	6,85	8,08	7,68
600	12,20	7,15	7,94	7,64
Reg. linear	*	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,93	4,87	4,90	5,40

(1) * = significância ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo.

4.3.3. Quantidade total de proteína da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio

Os dados obtidos durante os quatro anos de avaliação para a quantidade total de proteína da soja-perene, do colônio e da consorciação soja-perene + colônio, em função das doses de gesso aplicadas são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 43, 44 e 45.

Conforme pode ser observado na Tabela 43, a aplicação das doses de gesso resultou em incrementos significativos e lineares sobre a quantidade total de proteína na soja-perene no segundo e quarto anos de avaliação. Esses aumentos observados derivam principalmente dos aumentos observados na produção de matéria seca da leguminosa, obtidos nos referidos anos, com a aplicação de gesso (Tabela 38). As equações de regressão para as variações na quantidade total de proteína em função das doses de gesso podem ser observadas no Apêndice 12.

A quantidade total de proteína removida na matéria seca do colônio, durante os quatro anos de avaliação não foi influenciada significativamente pelo emprego das doses de gesso (Tabela 44). No geral, as quantidades totais de proteína acumuladas na matéria seca do colônio aumentaram com a aplicação de gesso.

Como a quantidade total de proteína é dependente do teor na planta e da produção de matéria seca,

observa-se na Tabela 44, que a quantidade total de proteína nos quatro anos, seguiu a mesma tendência apresentada para a produção de matéria seca dessa gramínea (Tabela 39).

As quantidades totais de proteína da consorciação soja-perene + colonião, apresentadas na Tabela 45, para o terceiro e quarto anos de avaliação apresentaram tendência de aumento com a aplicação das doses de gesso que, entretanto, não chegaram a ser estatisticamente significativos. Para o segundo ano, observa-se que a análise de regressão revelou aumento significativo e linear para essa variável. Esse efeito linear observado é decorrente dos efeitos significativos da aplicação de gesso que aumentaram as quantidades totais de proteína da soja-perene, que são apresentadas na Tabela 43. A equação de regressão que representa esse efeito é apresentada no Apêndice 13.

Verifica-se que as produções de matéria seca e a quantidade total de proteína da mistura soja-perene + colonião durante os quatro anos (Tabelas 40 e 45) sempre foram maiores do que as observadas para o colonião exclusivo (Tabelas 39 e 44), evidenciando dessa maneira a importância do uso da leguminosa na consorciação, não só pela melhoria na qualidade da pastagem mas, também, pelo aumento na produção de matéria seca por unidade de área, principalmente, a partir do segundo ano de avaliação onde a produção da mistura e, especialmente, a participação da leguminosa aumentou gradualmente.

Tabela 43 - Quantidade total de proteína da soja-perene, em função das doses de gesso. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 2 doses de calcário. (Soma de 3 cortes para o primeiro, terceiro e quarto anos e de 2 cortes no segundo ano).

Doses de gesso kg/ha	Quantidade total de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	----- kg/ha/ano -----			
0	71	111	309	219
300	91	128	308	274
600	117	174	354	281
Reg. linear	ns	*	ns	*
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	47,19	29,56	23,16	13,62

(1) * = significância ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 44 - Quantidade total de proteína do colômbio, em função das doses de gesso. Significância do teste F^{<1>} para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário. (Soma de 5 cortes para o primeiro ano e de 3 cortes no segundo, terceiro e quarto anos).

Doses de gesso kg/ha	Quantidade total de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	----- kg/ha/ano -----			
0	1117	175	190	184
300	1010	209	213	194
600	1023	187	220	204
Reg. linear	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,01	52,59	39,88	22,34

<1> ns = não significativo.

Tabela 45 - Quantidade total de proteína do conjunto soja-perene + colônia, em função das doses de gesso. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições e de 3 doses de calcário. (Soma de 3 cortes na soja-perene e 5 cortes no colônia no primeiro ano, de 2 cortes na soja-perene e 3 cortes no colônia no segundo ano e de 3 cortes na soja-perene e 3 cortes no colônia no terceiro e quarto anos).

Doses de gesso kg/ha	Quantidade total de proteína			
	1º. ano	2º. ano	3º. ano	4º. ano
	----- kg/ha/ano -----			
0	1161	250	395	330
300	1070	294	397	378
600	1101	303	460	391
Reg. linear	ns	*	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16,98	19,52	23,38	18,26

(1) * = significância ao nível de 5% de probabilidade; ns = não significativo.

4.3.4. Teores de nutrientes e relação N/S

4.3.4.1. Soja-perene

Os teores médios de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e a relação N/S na matéria seca da soja-perene, nos quatro anos e em função das doses de gesso, são apresentados nas Tabelas 46 a 49.

A análise de regressão não mostrou efeito significativo sobre os teores de fósforo na matéria seca da soja-perene, durante os quatro anos, com a aplicação de gesso (Tabelas 46 a 49). As concentrações desse elemento estão dentro dos valores normalmente apresentados na literatura (JONES & FREITAS, 1970 e GALLO et al. 1974).

Os teores de cálcio na matéria seca da soja-perene por ocasião dos três últimos anos de avaliação (Tabelas 47 a 49) foram influenciados significativamente pelas aplicações das doses de gesso e estão bem relacionados aos teores desse elemento no solo. Nota-se que o gesso é excelente fonte desse nutriente. Para o quarto ano a interação calcário x gesso, também, mostrou-se significativa.

O emprego do gesso exerceu efeito linear positivo e significativo nos teores de cálcio da leguminosa avaliada no segundo, terceiro e quarto anos (Tabela 47 e 48). As equações que expressam esses efeitos são apresentadas no Apêndice 12. Acréscimos lineares para os conteúdos de cálcio na soja-perene, cultivada num Podzólico Vermelho-Amarelo variação Laras, que recebeu cinco níveis de

gesso, também, foram encontrados por MONTEIRO et al. (1983b).

Desdobrando-se a interação calcário x gesso (Tabela 33), observada no quarto ano, verifica-se que as doses de gesso (X) tiveram efeito significativo em aumentar os teores de cálcio (Y), obedecendo as seguintes equações de regressão: a) na presença de 1,6t de calcário/ha $Y=0,72+0,0003944X$ ($R^2 = 0,99$) e b) na presença de 3,2t de calcário/ha $Y=0,90+0,000150X$ ($R^2 = 0,86$).

Os teores médios de magnésio na matéria seca da soja-perene, observados durante os quatro anos, apresentaram variações significativas com as doses de gesso (Tabelas 46 a 49). Por ocasião do primeiro, terceiro e quarto anos (Tabelas 46, 48 e 49), essas reduções foram significativa e lineares. No segundo ano (Tabela 47) o efeito das doses de gesso foi significativo e seguiu um modelo quadrático. As equações representativas desses efeitos são apresentadas no Apêndice 12. Essas reduções foram simultâneas a aumentos observados na produção de matéria seca da soja-perene (Tabela 38). Isto poderia ter causado a diluição do elemento na planta, e, também, o aumento no teor de Ca do solo, pela aplicação do gesso, poderia ter causado um desbalanço do Ca em relação ao Mg.

Observando-se os teores de magnésio no solo, durante os quatro anos de amostragem (Tabelas 5 a 12), verifica-se que não apresentaram decréscimos significativos com as doses de gesso estudadas, com exceção do último ano, res-

saltando-se que nesse ano os teores do elemento no solo já se encontravam em níveis baixos (Tabelas 11 e 12).

Com o emprego das doses de gesso, os teores de potássio na matéria seca da soja-perene, no segundo e quarto anos, apresentaram reduções que foram significativas e lineares (Tabelas 47 e 49), cujas equações de regressão são mostradas no Apêndice 12. Tais reduções podem ser atribuídas, em parte, a efeitos de diluição em virtude do maior crescimento da leguminosa com a aplicação das doses de gesso e, em parte ao efeito antagônico do cálcio no potássio (redução nos teores de potássio em face ao aumento nos teores de cálcio). Nas Tabelas 46 a 49, verifica-se que teores mais elevados de potássio foram encontrados no tratamento sem aplicação de gesso.

Apesar dos teores de potássio do solo (Tabelas 5 a 10), encontrados nos três primeiros anos de amostragem, com a aplicação das doses de gesso, estarem em níveis considerados baixos para pastagens consorciadas, segundo WERNER (1986), verifica-se que a soja-perene conseguiu manter nas suas folhas teores de potássio bem acima de 0,93% (mesmo no terceiro ano onde se observam os menores teores desse nutriente na soja-perene (Tabelas 46 a 49)), considerado por ANDREW & PIETERS (1976) como deficientes para o crescimento dessa leguminosa.

Nas Tabelas 46 a 49 podem-se observar os efeitos das doses de gesso sobre os teores de enxofre na matéria seca da soja-perene. O emprego das doses de gesso

resultaram em elevações significativas e lineares nos teores desse elemento somente no primeiro e no segundo anos de avaliação (Tabela 46 e 47). Por ocasião do terceiro e quarto anos, apesar de terem ocorrido aumentos nos teores de enxofre esses aumentos não chegaram a ser estatisticamente significativos (Tabelas 48 e 49). Aumentos nos teores desse elemento em soja-perene, mediante a aplicação de gesso, foram constatados por JONES & QUAGLIATO (1970) e por MONTEIRO et al. (1983b) e por LEITE et al. (1985) em siratro cultivado em condições de campo e em consorciação com colonião, na presença de 0; 45 e 90kg de enxofre/ha, na forma de gesso.

As equações de regressão correspondentes aos efeitos lineares do gesso sobre os teores de enxofre são apresentados no Apêndice 12.

De acordo com ANDREW (1977), as concentrações críticas de enxofre na soja-perene situam-se em torno de 0,17% a 0,18%. De um modo geral, os teores encontrados nesse experimento por ocasião do primeiro, segundo e quarto anos de amostragem da soja-perene estão um pouco abaixo desses percentuais, principalmente os teores obtidos na ausência da aplicação de gesso (0,12; 0,13 e 0,15%, respectivamente para o primeiro, segundo e quarto anos).

Na Tabela 46 verifica-se o efeito significativo e linear da aplicação de gesso na relação N/S da soja-perene, por ocasião do primeiro ano. Verifica-se ainda que na ausência da aplicação de gesso ocorreram a mais alta pro-

porção para essa relação (26) e os menores teores de enxofre (0,12%). Ao se tomarem por base os valores entre 13 a 20 da relação N/S e os teores de enxofre de 0,17 a 0,18%, estabelecidos por ANDREW (1977) como críticos para a soja-perene, pode-se sugerir que, nesse tratamento (sem aplicação de gesso) houve deficiência de enxofre para o crescimento da leguminosa, já que na presença de 300 e 600kg de gesso/ha (45 e 90kg de enxofre/ha, respectivamente) tanto a relação N/S como os teores de enxofre estão dentro das faixas sugeridas como crítica para essa leguminosa.

Observando-se os dados obtidos para a relação N/S e a produção de matéria seca da leguminosa, no segundo ano, pode-se verificar que a variação estatisticamente significativa numa das variáveis ocorreu, também, paralelamente na outra (Tabelas 38 e 47). Verifica-se que a dose de gesso que proporcionou a máxima produção de matéria seca resultou em uma relação N/S igual a 19. A exemplo do que obtiveram ANDREW (1977) e JONES & QUAGLIATO (1970), com soja-perene, o valor para a relação N/S quando se obtém produções adequadas de matéria seca, em função dos níveis de enxofre, não se fixa em 17 (como proposto por DIJKSHOORN & WIJK (1967) como o valor crítico para diagnosticar possíveis deficiências de enxofre em plantas), mas varia nas proximidades desse valor segundo ANDREW (1977).

No Apêndice 12 podem-se observar as equações de regressão para a relação N/S, em função das doses de gesso, na soja-perene.

Para o terceiro e quarto anos, verificou-se que tanto o teor de enxofre e a relação N/S como a produção de matéria seca da soja-perene não variaram significativamente com as doses de gesso (Tabelas 38, 48 e 49).

No terceiro ano encontraram-se os menores valores para essa relação em comparação com as obtidas por ocasião do segundo e quarto anos, coincidindo com teores de enxofre mais altos para esse ano (Tabela 48) e encontrando-se bem acima do nível crítico sugerido por ANDREW (1977) para essa leguminosa.

Para o quarto ano essa relação, também não variou significativamente com as doses de gesso estudadas, permanecendo entre 17:1 e 18:1, encontrando-se dentro da faixa estabelecida por ANDREW (1977) e SPENCER et al. (1977) e bem próximos ao valor de 17,5:1 sugerido por DIJKSHOORN & WIJK (1967) como adequado, indicando dessa maneira que não houve deficiência de enxofre, nos dois últimos anos, para o crescimento da leguminosa, mesmo nos tratamentos em que não houve aplicação de gesso, como consequência a leguminosa teve maior presença na consorciação como mostram os dados de produção.

Os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na matéria seca da soja-perene durante os quatro anos não apresentaram variações significativas com as doses de gesso aplicadas (Tabelas 46 a 49), com exceção dos teores de ferro obtidos por ocasião do segundo ano que apresentaram diminuições significativas e lineares com o emprego do gesso

(Tabela 47). A equação de regressão que mostra esse efeito é apresentada no Apêndice 12.

Para o quarto ano a interação calcário x gesso apresentou-se significativa para os teores de ferro e manganês (Tabela 33). O desdobramento dessa interação para os teores de ferro (X) na soja-perene revelou que somente na presença de 1,6t de calcário/ha, a aplicação de gesso (Y) reduziu significativa e linearmente os conteúdos de ferro, obedecendo a seguinte equação de regressão: $Y = 360,05 - 0,081666X$ ($R^2 = 0,89$). Para os teores de manganês (X), verifica-se que as doses de gesso (Y) na presença de 1,6t calcário/ha apresentou redução significativa e linear conforme a equação de regressão $Y = 186,38 - 0,042777X$ ($R^2 = 0,91$) e na presença de 3,2t calcário/ha apresentou aumento significativo e linear de acordo com a equação de regressão $Y = 125,72 + 0,041666X$ ($R^2 = 0,99$) (Apêndice 11).

Com relação aos teores desses micronutrientes encontrados na matéria seca da soja-perene, eles são considerados adequados, segundo Andrew¹ citado por JONES & FREITAS (1970), para o cultivo dessa leguminosa.

Como comentado no item 4.2.2.1. os maiores teores de ferro encontrados na matéria seca da soja-perene por ocasião do primeiro ano (Tabela 46), foram provavelmente devido à contaminação do material avaliado com o solo.

¹ANDREW, C.S. Comunicação pessoal, 1970

Tabela 46 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca da soja-perene, em função das doses de gesso e relativos ao 1º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 2 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	%					ppm					
0	0,22	0,99	0,49	2,21	0,12	62	8	1124	94	37	26
300	0,22	1,03	0,46	2,26	0,16	61	8	1046	95	37	21
600	0,22	1,08	0,44	2,24	0,18	61	8	1149	96	36	20
Reg. linear	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,99	7,79	7,14	7,25	9,75	4,36	6,08	15,00	9,45	9,87	8,66

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 47 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca da soja-perene, em função das doses de gesso e relativos ao 2º. ano de avaliação. Significância do teste F¹¹ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 2 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	%					ppm					
0	0,18	0,98	0,40	2,33	0,13	71	10	356	73	34	20
300	0,17	1,05	0,36	2,26	0,15	71	10	293	77	37	19
600	0,18	1,22	0,35	2,14	0,15	69	10	269	73	34	19
Reg. linear	ns	*	**	*	*	ns	ns	*	ns	ns	*
Reg. quadr.	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,91	14,18	3,25	6,42	9,30	6,73	10,53	16,95	10,08	10,65	14,02

¹¹ *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 48 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca da soja-perene, em função das doses de gesso e relativos ao 3º. ano de avaliação. Significância do teste F⁴¹ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 2 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	%					ppm					
0	0,22	1,03	0,40	1,82	0,20	51	9	283	130	42	16
300	0,22	1,19	0,39	1,82	0,22	51	9	261	122	42	14
600	0,22	1,36	0,37	1,76	0,22	54	9	255	112	41	15
Reg. linear	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4,25	5,11	5,76	4,03	8,70	5,99	5,44	8,69	15,20	5,03	8,34

⁴¹ *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 49 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca da soja-perene, em função das doses de gesso e relativos ao 4º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 2 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	%					ppm					
0	0,20	0,80	0,34	2,33	0,15	56	10	311	125	48	17
300	0,21	0,91	0,34	2,31	0,16	56	10	316	138	44	18
600	0,21	0,97	0,31	2,22	0,16	58	10	303	151	45	18
Reg. linear	ns	**	*	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3,90	4,40	4,51	2,43	5,63	3,57	3,53	8,19	6,19	10,11	5,09

⁽¹⁾ *, ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

4.3.4.2. Colônia

Os teores médios de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e a relação N/S na matéria seca do colônia, em função das doses de gesso, durante os quatro anos, são apresentados nas Tabelas 50 a 53.

A análise de regressão, para as doses de gesso, não mostrou efeito significativo sobre os teores de fósforo, magnésio e potássio na matéria seca do colônia, durante os quatro anos de avaliação, conforme se pode observar nas Tabelas 50 a 53.

Com relação aos teores de fósforo encontrados na matéria seca do colônia, durante os quatro anos de avaliação, com exceção do primeiro ano, estão acima do nível crítico (0,19%) estabelecido por ANDREW & ROBINS (1971) para essa gramínea, sugerindo dessa maneira que o colônia não se apresentava deficiente nesse nutriente.

Considerando o teor de 0,2% de magnésio na matéria seca do colônia adequado para o atendimento das suas exigências nutricionais (WERNER & HAAG, 1972) verifica-se que em nenhum ano houve limitação desse nutriente para o crescimento do colônia, mesmo no quarto ano de avaliação do experimento (Tabela 53) onde os teores desse elemento encontram-se nesse valor. Verifica-se que com o passar dos anos, os teores de magnésio foram diminuindo, mostrando que a capacidade do solo em suprir tal elemento também foi dimi-

nuindo, conforme se pode verificar pelos teores de magnésio apresentados nas Tabelas 5 a 12.

Considerando-se, para efeito de comparação os teores de potássio de 1,5 a 2,0% obtidos por VICENTE-CHANDLER et al. (1964), na matéria seca do colônio que coincidiram com as maiores produções de matéria seca, verifica-se que em nenhum dos quatro anos de avaliação do experimento (Tabelas 50 a 53) encontraram-se teores de potássio menores do que essa faixa, mesmo por ocasião do segundo ano (Tabela 51) onde os teores desse elemento apresentaram uma variação de 1,72 a 1,79% na matéria seca do colônio.

O colônio colhido durante os quatro anos de duração do experimento teve a sua porcentagem de cálcio aumentada significativa e linearmente pela adição de gesso (Tabelas 50 a 53). Isso era esperado uma vez que, além de fonte de enxofre, o gesso também atua no fornecimento de cálcio ao solo. Benefícios do uso do gesso como fonte de cálcio para o colônio, também, foram encontrados por HADDAD (1983) e por MONTEIRO & CARRIEL (1987). No Apêndice 13 constam as equações de regressão que estimam as variações nos conteúdos de cálcio no colônio em função das doses de gesso aplicadas.

A relação N/S e o teor de enxofre na matéria seca do colônio, por ocasião do primeiro ano de avaliação encontram-se na Tabela 50. Pode-se verificar que assim como observado para a produção de matéria seca dessa gramínea (Tabela 39), os teores de S e a relação N/S também, não

apresentaram variações significativas com o emprego das doses de gesso. Verifica-se que nesse ano, os teores de enxofre (0,12% - 0,13%) e os valores para a relação N/S (16-17) do colônio são semelhantes aos obtidos por WILSON et al. (1981) quando cultivaram essa gramínea, em área recém-des-matada das Bahamas.

Por ocasião do segundo, terceiro e quarto anos de avaliação verifica-se que tanto o teor de enxofre como a relação N/S também não apresentaram variações significativas com as doses de gesso (Tabelas 51 a 53). De um modo geral, ao se compararem os teores de enxofre e os valores da relação N/S nesses três anos com os obtidos no primeiro ano, verifica-se que os teores de enxofre estão bem próximos (0,13%) mas os valores da relação N/S encontrados no segundo ano é a metade do observado no primeiro ano. No terceiro e quarto anos a relação N/S é um pouco mais alta do que a obtida no segundo ano mas, mais baixa em comparação com o primeiro ano. Tomando-se como base o valor de 13,7:1 da relação N/S proposta por DIJKSHOORN & WIJK (1967) como adequada para gramíneas em geral e os teores de enxofre entre 0,07 e 0,11% sugeridos por SMITH & SIREGAR (1983) como crítico para uma série de gramínea (entre elas um *Panicum*) verifica-se que, nesses três anos não houve limitação de enxofre para o crescimento do colônio, mas provavelmente houve limitação de nitrogênio para que o colônio apresentasse produções mais elevadas do que as obtidas neste experimento.

Os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco na matéria seca do colônio, obtidos durante os quatro anos, não apresentaram variações significativas com a aplicação das doses de gesso (Tabelas 50 a 53). LEITE et al. (1986) também não encontraram variações significativas nos teores desses micronutrientes na matéria seca dessa gramínea cultivada por dois anos quando na presença de três níveis de gesso mais 120kg de P_2O_5 /ha na forma de superfosfato triplo.

Os teores de ferro e manganês encontrados na matéria seca do colônio, durante os quatro anos, foram sempre superiores aos obtidos por GALLO et al. (1974), para essa gramínea, enquanto que os teores de boro, cobre e zinco estão dentro dos valores obtidos por aqueles autores.

Tabela 50 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colônio, em função das doses de gesso e relativos ao 1º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de calcário e 5 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	%					ppm					
0	0,19	0,46	0,33	2,31	0,12	18	9	533	172	23	17
300	0,18	0,48	0,32	2,32	0,12	18	9	653	176	23	16
600	0,19	0,51	0,34	2,24	0,13	18	9	632	181	24	16
Reg. linear	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	20,76	4,92	5,67	4,47	9,35	5,57	4,95	17,46	9,45	6,65	9,84

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 51 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colômbio, em função das doses de gesso e relativos ao 2º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	----- % -----					----- ppm -----					
0	0,22	0,40	0,36	1,74	0,13	11	8	602	181	26	8
300	0,21	0,44	0,32	1,72	0,13	11	8	512	195	26	8
600	0,22	0,48	0,37	1,79	0,13	12	8	558	181	25	8
Reg. linear	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8,55	4,60	5,90	6,42	6,64	5,94	14,45	16,68	11,40	6,13	10,75

(1) ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 52 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colômbio, em função das doses de gesso e relativos ao 3º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	----- % -----					----- ppm -----					
0	0,24	0,30	0,26	2,15	0,13	11	6	353	143	19	9
300	0,25	0,37	0,27	2,17	0,13	11	6	299	163	20	10
600	0,25	0,41	0,26	2,22	0,13	12	6	342	157	19	10
Reg. linear	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,49	5,25	5,88	8,69	6,79	5,75	20,50	20,49	10,42	5,94	10,27

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

Tabela 53 - Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês, zinco e relação nitrogênio/enxofre (N/S) na matéria seca do colônio, em função das doses de gesso e relativos ao 4º. ano de avaliação. Significância do teste F⁽¹⁾ para os componentes linear e quadrático. Médias de 3 repetições, 3 doses de calcário e 3 cortes.

Doses de gesso	P	Ca	Mg	K	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	N/S
kg/ha	%					ppm					
0	0,24	0,30	0,21	1,90	0,14	10	8	368	230	24	9
300	0,24	0,33	0,20	1,94	0,14	10	8	306	244	22	9
600	0,25	0,38	0,21	1,98	0,14	10	8	341	250	22	9
Reg. linear	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5,99	7,79	7,14	4,25	9,75	4,36	6,08	15,00	9,45	9,87	8,66

⁽¹⁾ ** = significância ao nível de 1% de probabilidade; ns = não significativo.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram estabelecer as seguintes conclusões:

- As doses de calcário dolomítico proporcionaram reduções na acidez potencial e nos teores de alumínio e elevação no pH, nos teores de cálcio e magnésio trocáveis e a porcentagem de saturação por bases do solo, durante os quatro anos de avaliação do experimento;

- As doses de gesso fizeram variar significativamente os teores de cálcio, potássio, alumínio trocáveis, enxofre- SO_4^{2-} , acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e porcentagem de saturação por alumínio na profundidade de 0-20cm do solo, enquanto na profundidade de 20-40cm o emprego de gesso proporcionou variações significativas nos teores de cálcio, potássio, alumínio trocáveis, enxofre- SO_4^{2-} , soma de bases, saturação por bases e porcentagem de saturação por alumínio, ocorrendo diferenças entre anos;

- Devido às condições de acidez do solo em estudo, a soja-perene não conseguiu se estabelecer na ausência de calagem;

- A partir do terceiro e quarto anos a soja-perene e o colônião (analisados individualmente) apresentaram aumentos significativos de produção de matéria seca e quantidades totais de proteína com a aplicação das doses de calcário, sendo que para a consorciação a resposta ocorreu nos quatro anos. A resposta do colônião à calagem é atribuída às maiores quantidades de nitrogênio incorporadas ao sistema pela soja-perene, que foi tanto maior quanto a dose de calcário, do que uma resposta direta do colônião à aplicação do corretivo;

- Os teores de proteína do colônião a partir do segundo ano aumentaram significativa e linearmente em função das doses de calcário;

- As produções de matéria seca e as quantidades totais de proteína da soja-perene e da consorciação soja-perene + colônião apresentaram diferenças significativas com aplicação das doses de gesso, com variações entre anos;

- A produção de matéria seca e as quantidades totais de proteína do colônião, não apresentaram variações significativas com a aplicação das doses de gesso;

- O emprego de calcário dolomítico resultou em variações significativas nos teores de cálcio, magnésio, ferro, manganês e zinco na matéria seca da soja-perene e colônião, sendo que os teores de potássio do colônião também apresentaram diferenças significativas, com variações entre anos;

- A aplicação de gesso resultou em variações significativas nos teores de cálcio, magnésio, potássio e enxofre na matéria seca da soja-perene, com variações entre anos e nos teores de cálcio na matéria seca do colônião durante os quatro anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, A.F.R. Sulphur on New Zealand pastures-effects of rates and form. Sulphur Institute Journal, Madison, 2(2):14-6, 1973.
- ANDREW, C.S. Influence of nutrition on nitrogen fixation on growth of legumes. In: CSIRO, Committee of the Division of Tropical Pastures, A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures: a symposium, Farnham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962. p.130-46. (Bulletin, 46).
- 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 of Agricultural Research, East Melbourne, 28(5):807-20, Sep. 1977.
- ANDREW, C.S. Mineral characterization of tropical forage legumes. In: ANDREW, C.S. & KAMPRATH, E.J., ed.. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978. p.93-111.
- ANDREW, C.S. & HEGARTY, M.P. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Australian Journal of Agricultural Research, East Melbourne, 20(4):687-96, July. 1969.

- ANDREW, C.S. & PIETERS, W.H.S. Foliar symptoms of mineral disorders in Glucine wightii. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia, 1976. Division of Tropical Agronomy. Technical Paper, nº. 18, 1976, p.1-12.
- ANDREW, C.S. & ROBINS, M.F. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition, and critical phosphorus percentages of some tropical pastures grasses. Australian Journal of Agricultural Research, East Melbourne, 22(6):693-706, Sep. 1971.
- BARDSLEY, C.E. & LANCASTER, J.D. Sulfur. In: BLACK, C.A. Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties. Madison, ASA, 1965. p. 1103-16.
- BARTI, P.E. & ALBUQUERQUE, P.C.W. Alternativas para reciclagem industrial do fosfogesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE GESSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, IBRAFOS, 1992. p.67-72.
- BATAGLIA, D.C. Determinação indireta de enxofre em plantas por espectrofotometria de absorção atômica. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(6):672-5, jun. 1976.
- CARRIEL, J.M.; MONTEIRO, F.A.; PAULINO, V.T.; SARTINI, H.J. Limitações nutricionais ao desenvolvimento da soja perene em pastagem consorciada com o capim jaraguá. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 40(2):241-50, jul./dez. 1983.

- CARRIEL, J.M.; WERNER, J.C.; ABRAMIDES, P.L.G.; MONTEIRO, F.A.; MEIRELLES, N.M.F. Limitações nutricionais de um solo Podzólico Vermelho Amarelo para o cultivo de três gramíneas forrageiras. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 46(1):61-73, Jan./Jun. 1989.
- CARVALHO, M.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; MOZZER, O.L. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um Latossolo Vermelho Escuro fase mata. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 6:285-90, 1971.
- CATANI, R.A. & ALONSO, O. Avaliação da exigência de calcário do solo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 22:141-56, 1969.
- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência de calcário dos solos do Estado de São Paulo mediante a correlação entre o pH e a saturação de bases. Revista de Agricultura, Piracicaba, 30:49-60, 1955.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Programa de Ganado de Corte. In: Informe Anual, 1977. Cali, 1977. p.1-123.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Fertilidade de suelos y nutrición de plantas. In: Informe Anual - 1980. Programas de pastos tropicales. Cali, 1981. p.57-68.

- CHEW, W.Y.; WILLIAMS, C.N.; ISMAIL, L.; RAMLI, K. Effects of liming and soil pH on guinea grass (*Panicum maximum*) in Malaysian tropical oligotrophic peat. Experimental Agriculture, Cambridge, 16:263-7, 1980.
- COLEMAN, N.T. & THOMAS, E.W. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, S.F., ed. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, 1967. p.1-41.
- COLOZZA, M.T. & WERNER, J.C. Aplicações de nutrientes em três leguminosas forrageiras cultivadas num solo da região do Vale do Ribeira. Zootecnia, Nova Odessa, 22(4): 281-96, out./dez. 1984.
- COLOZZA, M.T.; SAVASTANO, S.A.L.; WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A. Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos cultivados com soja perene. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 40(1):75-96, jan./jun. 1983.
- COSTA, C.A.S. Mineralização de enxofre orgânico e adsorção de sulfato em solos. Porto Alegre, 1980. 65p. (Mestrado-Universidade Federal do Rio Grande do Sul).
- DIJKSHOORN, W.; LAMPE, J.E.M.; BURG, P.F.J. van A method of diagnosing the sulphur nutrition of herbage. Plant and Soil, Dordrecht, 13:227-41, 1960.
- DIJKSHOORN, W. & WIJK, S.L. van The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter. A review of published data. Plant and Soil, Dordrecht, 24:129-57, 1967.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Relatório Técnico Anual - 1980/81. Brasília, 1982. 163p.
- FERRARI NETO, J. Limitações nutricionais para o colônio (*Panicum maximum* Jacq.) e braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf.) num latossolo da região noroeste do Estado do Paraná. Lavras, 1991. 126p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura de Lavras).
- FRANÇA, G.E. & CARVALHO, M.M. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:147-53, 1970.
- FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; CARVALHO, M.M. Influência de magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja perene var. tinaron (*Glucine wightii*) em solo de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 8:197-202, 1973.
- FREITAS, L.M.M. & JONES, P.N. Resposta de capim Swannee Bermuda à aplicação de nitrogênio, fósforo e enxofre em região de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6:195-202, 1982.
- FURLANI, P.R. Efeitos fisiológicos do alumínio em plantas. In: SIMPÓSIO AVANÇADO DE SOLOS E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 2, Piracicaba, 1989. Campinas, Fundação Cargill, 1989. p. 73-86.

- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; MATTOS, H.B.; SARTINI, H.J.; FONSECA, M.P. Composição química inorgânica de forrageiras do Estado de São Paulo. Boletim de Indústria Animal, São Paulo, 31(1):115-37, jan./jun. 1974.
- GOMIDE, J.A.; ZAGO, C.P.; RIBEIRO, A.C.; BRAGA, J.M.; MARTINS, D. Calagem, fontes e níveis de fósforo no estabelecimento e produção de capim colônia (Panicum maximum Jacq.) no cerrado. Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, 15(3):241-6, 1986.
- GONZALES-ÉRICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C.; SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on growth of corn on an Oxisol of Central Brasil. Soil Science of Society American Journal, Madison, 34(5):1155-8, 1979.
- GUILHERME, M.R. Fertilizante Minercal + 5600 Ca+Mg+S; característica e eficiência. Departamento Técnico Agrícola do Grupo Pagliato, 1985. 51p. (Boletim Técnico, 3).
- GUIMARÃES, P.T.C. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas subsuperficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.145-68.
- GUTTERIDGE, R.C. Effect of phosphorus and sulphur fertilizers on establishment and growth of two Stylosanthes species on a red latossol in northeast Thailand. Tropical Agriculture, Trinidad, 58(1):31-6, Jan, 1981.

- GUTERRES, E.P. & GOMES, D.B. Efeito do calcário e da adubação nitrogenada em *Panicum maximum* Jacq. cv. Gatton. Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas, Porto Alegre, 2:285-301, dez. 1982.
- HAAG, H.P.; BOSE, M.L.V.; ANDRADE, R.G. Absorção dos macronutrientes pelos capins colonião, gordura, jaraguá, napier e pangola. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 24:177-88, 1967.
- HADDAD, C.M. Efeito do enxofre aplicado na forma de gesso, sobre a produção e qualidade do capim colonião (*Panicum maximum* Jacq.). Piracicaba, 1983, 115p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- HEWITT, E.S. Some aspects of mineral nutrition in legumes. In: HALLSWORTH, E.G., ed. Nutrition of Legumes, London, Butterworths, 1958. p.15-42.
- ITALIANO, E.C.; MORAES, E.; SMYTH, T.J. Doses de fósforo e calcário na produção de gramíneas forrageiras tropicais. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, 1. Belém, 1984. Resumos. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1984. p.342.
- JONES, M.B. Effect of applied sulphur on yield and sulphur uptake of various California dryland pasture species. Agronomy Journal, Madison, 54:235-7, 1964.
- JONES, M.B. & FREITAS, L.M.M. Resposta de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e calcário num Latossolo Vermelho Amarelo de campo cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:91-9, 1970.

- JONES, M.B. & QUAGLIATO, J.L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa a vários níveis de enxofre. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:359-63, 1970.
- JONES, M.B.; QUAGLIATO, J.L.; FREITAS, L.M.M. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais a aplicação de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.
- LEITE, V.B.O.; MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C.; CARRIEL, J.M.; LIEM, T.H. Uso do gesso combinado com fontes de fósforo, na consorciação colonião e siratro cultivados em solo de cerrado. Zootecnia, Nova Odessa, 23(3):263-94, jul./set. 1985.
- LEITE, V.B.O.; MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C.; MATTOS, H.B.; LIEM, T.H. Utilização de gesso e da associação fosfato natural + gesso em capim-colonião cultivado em solo de cerrado. Zootecnia, Nova Odessa, 24(3):319-48, jul./set. 1986.
- LOPES, A.S. Solos sob cerrado. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1984. 162p.
- LOPES, A.S. Manual de fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 155p.

- LOPES, A.S. & ALVES, H.M.R. Efeitos da aplicação de corretivos e fertilizantes na diminuição da toxidez de alumínio em profundidade, em amostras de solo sob vegetação de cerrado em Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981. Programa e Resumos, Salvador, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1981. p.96.
- LOTERO, J.; MONSALVE, S.A.; RAMIREZ, A.; VILLAMIZAR, F. Respuesto de gramíneas y leguminosas forrajeras al ancalamiento. Suelos Ecuatoriales, Bogotá, 3:210-39, 1971,
- LOVADINI, L.A.C.; BULISANI, E.A.; MASCARENHAS, H.A.A. Efeito de níveis de calagem, fósforo e potássio na produção de matéria seca de soja perene (Glycine wightii Verdc.) em solos de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1:31-4, 1977.
- MALAVOLTA, E. ABC da adubação. 4.ed. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 256p.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 253p.
- MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1985. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.3-57.
- MALAVOLTA, E.; GUILHERME, M.R.; LIEN, T.H. Associação fofogesso-calcário; princípios e aplicações. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.177-98.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; GUIMARÃES, P.T.G.; GUILHERME, M.R.; EIMORI, I.; VASCONCELOS, L.A.B.C.; MORAES, C.L.; KAMINSKY, J.; MUTTON, M.A.; CARVALHO, J.G.; RUY, V.M. Efeito de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. I. Capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.). São Paulo, SN Centro de Pesquisa e Promoção de Sulfato de Amônio, 1984. Divulgação Técnica. Boletim Técnico, 3.
- MATOCHA, J.E. Influence of sulphur sources and magnesium on forage yields of coastal bermuda grass (*Cynodon dactylon*). Agronomy Journal, Madison, 63:496-6, 1971.
- McCLUNG, A.C. & QUINN, L.R. Sulphur and phosphorus responses of Batatais grass (*Paspalum notatum*). New York, IBEC Research Institute, 1959. 15p. (Bulletin, 8).
- McNAUGHT, K.N. & CHRISSTOFFELS, P.J.E. Effect of sulphur deficiency on sulphur and nitrogen levels in pastures and lucerne. New Zealand Journal of Agricultural Research, New Zealand, 4(1):177-85, Fev./Apr. 1961.
- MELLO, F.A.F. A relação pH $\times$ Al^{3+} trocável do solo. Revista da Agricultura, Piracicaba, 52:213-7, 1977.
- MELLO, F.A.F. Origem, natureza e componentes da acidez do solo: critérios para calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, 1985. Campinas. Fundação Cargill, 1985. p.67-92.

- MONTEIRO, F.A. Sulfur fertilization and nutrient distribution in a Florida Spodosol profile under white clover-Pensacola bahiagrass. Gainesville, 1986. 182p. (PhD - University of Florida).
- MONTEIRO, F.A. & CARRIEL, J.M. Aplicação de níveis de enxofre na forma de gesso para cultivo do capim colônia em dois solos arenosos do Estado de São Paulo. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 44(2):335-48, jul./dez. 1987.
- MONTEIRO, F.A.; MALAVOLTA, E.; WERNER, J.C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. I. Soja perene Tinaroo e siratro cultivados em vasos. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, SP, 40(1):97-126, jan./jun. 1983a.
- MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M.; MARTINS, L.; CASTRO, J.V.; LIEN, T.H. Aplicação de níveis de enxofre, na forma de gesso, para cultivo de leguminosas forrageiras. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 40(2):169-72, jul./dez. 1983b.
- MONTEIRO, F.A.; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C.; OLIVEIRA, J.B. Limitações de fertilidade em solos de seis localidades paulistas para o cultivo da soja perene. Zootecnia, Nova Odessa, 21(3):181-212, jul./set. 1983c.

- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álico. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 16(2):187-94, 1992.
- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Plant and Soil, Dordrecht, 44:533-48, 1977.
- NEME, N.A. & LOVADINI, L.A.C. Efeito de adubos fosfatados e calcário na produção de forragem de soja perene (Glucine javanica L.) em terra de cerrado. Bragantia, Campinas, 26:365-71, 1967.
- NEPTUNE, A.M.L. Aplicação de calcário em culturas forrageiras. In: SIMPÓSIO MANEJO DE PASTAGENS, 2., Piracicaba, 1975. Anais. Piracicaba, PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FURLAN, R.S.; FARIA, V.P., ESALQ, 1975. p.49-84.
- NOVAES, N.J.; VITTI, G.C.; MANZANO, A; ESTEVES, S.N.; GIROTTI, C.R. Efeito da fosfatagem, calagem e gessagem na cultura do guandu. I. Produção de matéria seca e proteína e teores de proteína e fibra. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 23(9):1049-54, set. 1988.
- OLMOS, I.L.J. & CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. Ciência e Cultura, São Paulo, 28:171-80, 1976.

- OLIVEIRA, I.P.; KLUTHCOUSKI, J.; REYNIER, F.N. Efeito do fosfogesso na produção de feijão e arroz e no comportamento de alguns nutrientes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.45-9.
- PAULINO, V.T. Efeito da fertilização fosfatada, da calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas forrageiras. Piracicaba, 1990. 281p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminum following lime or gypsum applications to a Brazilian oxisol. Soil Science Society of American Journal, Madison, 48(1):33-8, 1984.
- PREMAZZI, L.M. Saturação por bases como critério para recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais. Piracicaba, 1991. 237p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- PUMPHREY, F.V. & MOORE, D.P. Diagnosing sulphur deficiency of alfafa (Medicago sativa L.) from plant analysis. Agronomy Journal, Madison, 52:364-6, 1965.
- QUAGGIO, J.A. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1983. 76p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- QUAGGIO, J.A. Resposta das culturas de milho e soja à aplicação de calcário e gesso e movimento de íons em solos do Estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, IBRAFOS, 1992. p.241-62.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(3):189-94, 1982a.
- QUAGGIO, J.A.; MASCARENHAS, H.A.A.; BATAGLIA, O.C. Resposta da soja à aplicação de doses crescentes de calcário em Latossolo Roxo destrófico de cerrado. II. Efeito residual. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 6(2):113-8, 1982b.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; MALAVOLTA, E. Alternativas de uso da solução tampão SMP para determinar a necessidade de calagem em solos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba, 1983. Sociedade Brasileira Ciência do Solo, 1983. p.
- QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van; SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcários com diferentes teores de magnésio. Brasiliense, Campinas, 44:391-406, 1985.
- QUINN, L.R.C.; MOTT, G.O.; BISCHOFF, W.A. Fertilização de pastos de capim colônia e produção de carne com novilhos zebu. New York, IBEC Research Institute, 1961. 40p. (Bulletin, 24).

- RAIJ, B. van Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1981. 142p.
- RAIJ, B. van Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1991. 341p.
- RAIJ, B. van Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, IBRAFOS, 1992. p.105-20.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. Análises químicas do solo para fins de fertilidade. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of sub-soil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface applied amendments. Agrochemo Physica, Pretoria, 4:1-6, 1972.
- RIBEIRO, G.L.; GARCIA, R.; RADIM, A.T.; GOMIDE, J.A. Resposta da soja perene (Glycine javanica) à inoculação com Rhizobium cowpea, calagem e adubação fosfatada e potássica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 7., Piracicaba, 1970. Anais. Piracicaba, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1970. p.16-7.
- RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; SOUZA, D.M.G. Deficiência de cálcio e crescimento de raízes em solos de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18., Salvador, 1981. Programas e Resumos, Salvador, Sociedade Brasileira Ciência do Solo, 1981. p.96.

- ROBSON, A.D. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. In: ANDREW, C.S. & KAMPRATH, E.J., ed. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978. p.277-93.
- ROSOLEM, C.A. & MACHADO, J.R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois latossolos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 8(1):103-9, 1984.
- SANCHES, P.A. Properties and management of soils in the tropics. Raleigh, John Wiley, 1976. 618p.
- SANTOS, H.L.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M.; CHAVES, J.R.P. Efeito de zinco, boro, molibdênio e calagem na produção de soja perene (Glucine lavanica L.) cultivada em solos de cerrado, em condições de casa de vegetação. Revista Ceres, Viçosa, 22(150):99-111, 1980.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, Livrocere, 1974. 55p.
- SIQUEIRA, C.; CARVALHO, M.M.; SARAIVA, O.F.; OLIVEIRA, F.T.T. Resposta de três gramíneas forrageiras tropicais à aplicação de calcário e fósforo em um solo ácido. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 17., Fortaleza, 1980. Anais. Fortaleza, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1984. p.473.
- SMITH, F.W. & SIREGAR, M.E. Sulfur requirements of tropical forages. In: BLAIR, G.L. & TILL, A.R., (ed.). Sulfur in South East Pacific Agriculture. Armidale, 1983. p.76-86.

- SOUZA, D.M.G.; REIN, T.A.; LOBATO, E.; RITCHEY, K.D. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, IBRAFOS, 1992. p.139-58.
- SOUTO, S.M. & DÖBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 4:129-38, 1969.
- SOUZA, D.M.G. & RITCHEY, K.D. Uso do gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. Anais. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.119-44.
- SPAIN, J.M. Establecimiento y manejo de pastos en los llanos orientales de Colombia. In: TERGAS, L.E. & SANCHES, P.A. ed. Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Cali, CIAT, 1978. p.181-90.
- SPAIN, J.M.; FRANCIS, C.A.; HOWELER, R.H.; CALVO, F. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures. In: BORNEMISZA, E. & ALVARADO, A., ed. Soil management in tropical America. Cali, CIAT, 1975. p.308-29.
- SPENCER, K.; JONES, M.B.; FRENEY, J.R. Diagnostic indices for sulphur status of subterranean clover. Australian Journal of Agricultural Research, East Melbourne, 28(3):401-12, 1977.

- STEWART, B.A.; PORTER, L.K.; VIETS, F.G. Effect of sulphur content of straws on rates of decomposition and plant growth. Soil Science Society American Proceedings, Madison, 30:355-8, 1966.
- SUMNER, M.E. Uso atual do gesso no mundo em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, 1992. p.7-42.
- SUZUKI, A.; BASSO, C.; WERNER WILMS, F.W. O uso do gesso como fonte complementar de cálcio em macieira. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2, Uberaba, 1992. Anais. Uberaba, 1992. p.225-40.
- TERGAS, L.E. Importancia del azufre en la nutrición mineral de leguminosas forrageras tropicales. Turrialba, San Jose, 22(1):63-70, jan/mar. 1977.
- TISDALE, S.L.; BEATON, J.D.; NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers. 4.ed. New York, McMillan, 1985. 754p.
- VICENTE-CHANDLER, J.; CARO-COSTA, R.; PEARSON, R.W.; ABRUÑA, F.; FIGARELLA, J.; SILVA, S. The intensive management of tropical forages in Puerto Rico. Rio Piedras, Univ. of Puerto Rico Agricultural Experimental Station, 1964. 149p. (Bulletin, 187).
- VITTI, G.C. Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta. Jaboticabal, FUNEP, 1988. 37p.

- VITTI, G.C. & NOVAES, N.J. Adubação com enxofre. In: SIMPÓSIO SOBRE ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1985. Calagem e adubação de pastagens. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e Fosfato, 1986. p.191-231.
- ZONTA, E.P. & MACHADO, A.A. Sistema de análise estatística para microcomputadores, 1987.
- WALKER, T.W.; ADAMS, A.F.R.; ORCHISTON, H.D. The effect of levels of calcium sulphate on the yield and composition of a grass and clover pasture. Plant and Soil, Dordrecht, Z(3):290-300, 1956.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. In: ENCONTRO DE ATUALIZAÇÃO EM PASTAGENS, 1., Nova Odessa, 1977. Anais, São Paulo, Nestlé, 1977. p.43-63.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1986. 49p. (Boletim Técnico, 18).
- WERNER, J.C. & HAAG, H.P. Estudos sobre a nutrição mineral de alguns capins tropicais. Boletim de Indústria Animal, São Paulo, 22(1):191-245, 1972.
- WERNER, J.C.; QUAGLIATO, J.L.; MARTINELLI, D. Ensaio de fertilização do colono com solo da "noroeste". Boletim de Indústria Animal, São Paulo, 24(único):159-67, 1967.
- WERNER, J.C. & MONTEIRO, F.A. Respostas das pastagens à aplicação de enxofre. Zootecnia, Nova Odessa, 26(1):71-85, jan./mar. 1988.

WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M. Efeitos da calagem em capim colônia (Panicum maximum Jacq.) estabelecido. Boletim de Indústria Animal, Nova Odessa, 34(2):247-53, jul./dez. 1979.

WILSON, L.L.; FISCHER, D.D.; KATSIGIANIS, T.S. Mineral composition of tropical forages and metabolic blood profiles of grazing cattle and sheep on calcium-dominated. Caribbean Soils. Tropical Agriculture, Trinidad, 58(1):53-62, 1981.

WOODHOUSE Jr., W.W. Long-term fertility requirements of Coastal Bermudagrass. III. Sulphur. Agronomy Journal, Madison, 61:705-8, Sep./Oct. 1969.

A P Ê N D I C E

Apêndice 1 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das equações sobre as diversas variáveis da análise química do solo em amostras coletadas antes do plantio (08/01/1987)

Variável dependente	Equações de regressão	R ²
(0 - 20cm)		
pH	$Y = 3,98 + 0,201389 X$	0,97
Ca ²⁺	$Y = 0,48 + 0,072916 X + 0,062934 X^2$	1,00
Mg ²⁺	$Y = 0,08 + 0,288194 X$	0,96
Al ³⁺	$Y = 1,16 - 0,258680 X$	0,99
H+Al	$Y = 3,92 - 0,381944 X$	0,98
S	$Y = 0,59 + 0,552083 X$	0,97
T	$Y = 4,66 - 0,350694 X + 0,162760 X^2$	1,00
V	$Y = 14,16 + 10,034722 X$	0,99
m	$Y = 62,31 - 15,729164 X$	0,99
S-SO ₄ ⁻²	$Y = 12,57 + 0,868055 X$	0,78
(20 - 40cm)		
pH	$Y = 3,96 + 0,052083 X$	0,99
Ca ²⁺	$Y = 0,37 + 0,072916 X$	0,89
Mg ²⁺	$Y = 0,09 + 0,076388 X$	0,99
Al ³⁺	$Y = 1,17 - 0,114930 X$	0,99
H+Al	$Y = 3,72 - 0,142361 X$	0,99
S	$Y = 0,47 + 0,145833 X$	0,94
V	$Y = 11,75 + 3,298611 X$	0,97
m	$Y = 70,72 - 7,326388 X$	0,98
S-SO ₄ ⁻²	$Y = 10,00 + 4,131944 X - 1,063368 X^2$	1,00

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 2 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das equações sobre as diversas variáveis das análises químicas em amostras de solo retiradas no primeiro ano de avaliação (28/03/1988).

Variável dependente	Equações de regressão	R ²
(0 - 20cm)		
pH	$Y = 3,75 + 0,295238 X$	0,99
Ca ²⁺	$Y = 0,24 + 0,304761 X$	0,99
Mg ²⁺	$Y = 0,08 + 0,225396 X$	0,99
K ⁺	$Y = 0,14 - 0,011746 X$	0,98
Al ³⁺	$Y = 1,13 - 0,581250 X + 0,077256 X^2$	1,00
H+Al	$Y = 3,61 - 0,469841 X$	0,99
S	$Y = 0,48 + 0,514285 X$	0,99
V	$Y = 12,51 + 11,619047 X$	0,99
m	$Y = 70,55 - 37,708334 X + 5,468750 X^2$	1,00
S-SO ₄ ²⁻	$Y = 10,11 - 7,430555 X + 1,475694 X^2$	1,00
(20 - 40cm)		
pH	$Y = 3,78 + 0,076190 X$	0,99
Ca ²⁺	$Y = 0,19 + 0,088888 X$	0,99
Mg ²⁺	$Y = 0,10 - 0,028571 X + 0,027210 X^2$	1,00
K ⁺	$Y = 0,10 - 0,007619 X$	0,99
Al ³⁺	$Y = 1,02 - 0,150000 X$	0,99
H+Al	$Y = 3,17 - 0,142857 X$	0,99
S	$Y = 0,37 + 0,152380 X$	0,97
V	$Y = 10,44 + 4,190476 X$	0,98
m	$Y = 73,40 - 10,763888 X$	0,99
S-SO ₄ ²⁻	$Y = 11,83 + 1,354166 X$	0,98

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 3 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das equações sobre as diversas variáveis das análises químicas em amostras de solo retiradas no segundo ano de avaliação (01/02/1989).

Variável dependente	Equações de regressão				R ²

(0 - 20cm)					
pH	Y =	4,12 -	0,020834 X + 0,082465 X ²	1,00	
Ca ²⁺	Y =	0,23 +	0,253472 X	0,93	
Mg ²⁺	Y =	0,10 -	0,027777 X + 0,065104 X ²	1,00	
K ⁺	Y =	0,15 -	0,044097 X + 0,008029 X ²	1,00	
Al ³⁺	Y =	0,93 -	0,269751 X	0,99	
H+Al	Y =	3,43 -	0,402777 X	0,98	
S	Y =	0,56 -	0,062500 X + 0,147569 X ²	1,00	
T	Y =	3,94 -	0,256944 X + 0,082465 X ²	1,00	
V	Y =	14,66 -	0,034721 X + 3,190104 X ²	1,00	
m	Y =	62,11 -	10,277778 X - 2,560763 X ²	1,00	
S-SO ₄ ²⁻	Y =	16,00 -	13,506944 X + 2,756076 X ²	1,00	
(20 - 40cm)					
M.O.	Y =	1,18 +	0,034722 X	0,89	
pH	Y =	4,14 +	0,086805 X	0,97	
Ca ²⁺	Y =	0,37 -	0,090277 X + 0,052083 X ²	1,00	
Mg ²⁺	Y =	0,10 -	0,038194 X + 0,041232 X ²	1,00	
K ⁺	Y =	0,10 -	0,036458 X + 0,008029 X ²	1,00	
Al ³⁺	Y =	0,89 -	0,139236 X	0,98	
H+Al	Y =	3,10 -	0,173611 X	0,97	
S	Y =	0,57 -	0,145833 X + 0,095486 X ²	1,00	
V	Y =	15,44 -	2,708333 X + 2,256944 X ²	1,00	
m	Y =	61,22 +	1,944444 X - 3,819444 X ²	1,00	
S-SO ₄ ²⁻	Y =	18,22 -	2,291666 X	0,88	

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 4 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das equações sobre as diversas variáveis das análises químicas em amostras de solo retiradas no terceiro ano de avaliação (27/03/1990).

Variável dependente	Equações de regressão			R ²

(0 - 20cm)				
M.O.	Y =	1,75 + 0,069444 X		0,99
pH	Y =	3,90 + 0,069444 X + 0,034722 X ²		1,00
Ca ²⁺	Y =	0,26 + 0,18028 X		0,99
Mg ²⁺	Y =	0,10 - 0,024305 X + 0,041232 X ²		1,00
K ⁺	Y =	0,13 - 0,047222 X + 0,008680 X ²		1,00
Al ³⁺	Y =	1,19 - 0,276388 X		0,99
H+Al	Y =	5,21 - 0,597222 X		0,99
S	Y =	0,47 + 0,145833 X + 0,043402 X ²		1,00
T	Y =	5,66 - 0,322916 X		0,99
V	Y =	8,66 + 2,399833 X + 1,280381 X ²		0,97
m	Y =	70,92 - 16,388888 X		0,99
S-SO ₄ ²⁻	Y =	17,88 - 13,472222 X + 2,560763 X ²		1,00
(20 - 40cm)				
pH	Y =	3,98 + 0,048611 X		0,99
Ca ²⁺	Y =	0,22 + 0,062500 X		0,94
Mg ²⁺	Y =	0,10 - 0,003472 X + 0,010850 X ²		1,00
K ⁺	Y =	0,08 - 0,032638 X + 0,007378 X ²		1,00
Al ³⁺	Y =	1,16 - 0,134028 X		0,99
H+Al	Y =	4,59 - 0,170139 X		0,97
S	Y =	0,40 + 0,079861 X		0,99
T	Y =	5,00 - 0,090277 X		1,00
V	Y =	7,57 + 2,048611 X		0,99
m	Y =	74,09 - 6,701388 X		0,99
S-SO ₄ ²⁻	Y =	23,44 - 7,430555 X + 1,562499 X ²		1,00

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 5 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das equações sobre as diversas variáveis da análise química em amostras de solo retiradas no quarto ano de avaliação (05/04/1991).

Variável dependente	Equações de regressão				R ²

(0 - 20cm)					
M.O.	Y =	1,76 -	0,111111 X		0,97
pH	Y =	3,91 +	0,024305 X + 0,049913 X ²		0,94
Ca ²⁺	Y =	0,14 +	0,114583 X + 0,036892 X ²		1,00
Mg ²⁺	Y =	0,10 -	0,065972 X + 0,041232 X ²		1,00
K ⁺	Y =	0,26 -	0,031250 X		0,99
Al ³⁺	Y =	1,10 -	0,259722 X		0,99
H+Al	Y =	4,65 -	0,107639 X - 0,115017 X ²		0,95
S	Y =	0,51 +	0,024305 X + 0,075954 X ²		1,00
T	Y =	5,20 -	0,208333 X		0,97
V	Y =	9,88 -	0,208333 X + 2,083333 X ²		1,00
m	Y =	67,88 -	6,423611 X - 3,103298 X ²		1,00
S-SO ₄ ²⁻	Y =	21,00 -	17,222222 X + 3,428819 X ²		1,00
(20 - 40cm)					
M.O.	Y =	1,27 +	0,079861 X		0,98
pH	Y =	3,97 +	0,006944 X + 0,021701 X ²		1,00
Ca ²⁺	Y =	0,22 +	0,114583 X		0,98
Mg ²⁺	Y =	0,10 -	0,031250 X + 0,023871 X ²		1,00
K ⁺	Y =	0,17 -	0,055555 X + 0,010416 X ²		1,00
Al ³⁺	Y =	1,09 -	0,057986 X - 0,026692 X ²		1,00
H+Al	Y =	4,44 -	0,267361 X		0,94
S	Y =	0,52 -	0,052083 X + 0,058593 X ²		1,00
T	Y =	4,92 -	0,131944 X		0,99
V	Y =	10,55 -	0,590277 X + 1,236979 X ²		1,00
m	Y =	68,00 +	0,381944 X - 2,842881 X ²		1,00
S-SO ₄ ²⁻	Y =	23,55 -	8,958333 X + 1,605902 X ²		1,00

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 6 - Equações de regressão para os efeitos de doses de calcário (X) sobre diversas variáveis, na ausência de gesso (ges 0), na presença de 300kg de gesso/ha (ges 1) e na presença de 600kg de gesso/ha (ges 2)

Variável dependente	Profundidade amostragem	gesso	Equações de regressão	R ²
1º. ano (28/03/1988)				
H+Al	0-20cm	ges 0	$Y = 3,98 - 0,609523 X$	0,99
		ges 1	$Y = 3,73 - 0,552380 X$	0,95
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	ges 0	$Y = 4,33 - 1,250000 X$	0,75
		ges 1	$Y = 10,00 - 8,020833 X + 1,627604 X^2$	1,00
		ges 2	$Y = 15,33 - 10,520833 X + 2,018229 X^2$	1,00
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	ges 2	$Y = 16,94 + 3,229166 X$	0,95
2º. ano (01/02/1989)				
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	ges 1	$Y = 13,33 - 11,562500 X + 2,408854 X^2$	1,00
		ges 2	$Y = 30,33 - 25,833333 X + 5,208333 X^2$	1,00
3º. ano (27/03/1990)				
pH	0-20cm	ges 0	$Y = 3,90 + 0,104166 X$	1,00
		ges 1	$Y = 3,90 + 0,072916 X + 0,045572 X^2$	1,00
		ges 2	$Y = 3,90 + 0,031249 X + 0,058593 X^2$	1,00
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	ges 0	$Y = 5,38 - 1,562500 X$	0,84
		ges 1	$Y = 16,00 - 11,562500 X + 2,148437 X^2$	1,00
		ges 2	$Y = 31,66 - 25,000000 X + 4,817708 X^2$	1,00
Al ³⁺	20-40cm	ges 0	$Y = 1,24 - 0,162500 X$	0,98
		ges 1	$Y = 1,20 - 0,219791 X + 0,031901 X^2$	1,00
		ges 2	$Y = 1,13 - 0,121875 X$	0,98
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	ges 1	$Y = 24,66 - 8,229166 X + 1,888020 X^2$	1,00
		ges 2	$Y = 33,16 - 4,895833 X$	0,94

continua ...

Apêndice 6 - (continuação)

Variável dependente	Profundidade amostragem	gesso	Equações de regressão	R ²
4º. ano (05/04/1991)				
Mg ²⁺	0-20cm	ges 0	Y = 0,10 - 0,093750 X + 0,058593 X ²	1,00
		ges 1	Y = 0,10 - 8,052083 X + 0,032552 X ²	1,00
		ges 2	Y = 0,10 - 0,052083 X + 0,032552 X ²	1,00
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	ges 0	Y = 12,33 - 10,625000 X + 2,213542 X ²	1,00
		ges 1	Y = 22,00 - 15,937500 X + 2,929687 X ²	1,00
		ges 2	Y = 28,66 - 25,104167 X + 5,143229 X ²	1,00
Mg ²⁺	20-40cm	ges 0	Y = 0,10 - 0,062500 X + 0,039062 X ²	1,00
		ges 1	Y = 0,09 + 0,031250 X	0,96
		ges 2	Y = 0,10 - 0,041666 X + 0,026041 X ²	1,00
n	20-40cm	ges 0	Y = 73,66 + 1,354166 X - 3,971353 X ²	1,00
		ges 1	Y = 69,05 - 7,395833 X	0,96
		ges 2	Y = 67,94 - 8,437499 X	0,94
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	ges 0	Y = 11,55 - 2,708333 X	0,97
		ges 1	Y = 21,66 - 4,166666 X	0,94
		ges 2	Y = 36,00 - 12,708333 X + 1,953125 X ²	1,00

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 7 - Equações de regressão para os efeitos das doses de gesso e coeficientes de determinações das equações sobre as diversas variáveis da análise química do solo, obtidas no primeiro, segundo, terceiro e quarto anos de avaliação.

Variável dependente	Profundidade amostragem	Equações de regressão	R ²
1º. ano (28/03/1988)			
Al ³⁺	0-20cm	Y = 0,58 - 0,000159 X	0,77
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	Y = 2,12 + 0,007963 X	0,98
Ca ²⁺	20-40cm	Y = 0,31 + 0,000925 X - 0,000001 X ²	1,00
K ⁺	20-40cm	Y = 0,08 + 0,000138 X - 0,000001 X ²	1,00
H+Al	20-40cm	Y = 2,90 - 0,000703 X + 0,000001 X ²	1,00
S	20-40cm	Y = 0,57 + 0,001351 X - 0,000002 X ²	1,00
V	20-40cm	Y = 16,55 + 0,031851 X - 0,000055 X ²	1,00
m	20-40cm	Y = 59,22 - 0,047777 X + 0,000075 X ²	1,00
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	Y = 8,22 - 0,000185 X + 0,000038 X ²	1,00
2º. ano (01/02/1989)			
M.O.	0-20cm	Y = 1,70 - 0,000389 X	0,94
K ⁺	0-20cm	Y = 0,12 - 0,000037 X	0,94
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	Y = 1,59 + 0,015185 X	0,96
Ca ²⁺	20-40cm	Y = 0,33 + 0,000389 X	0,94
S	20-40cm	Y = 0,62 + 0,000407 X	0,88
T	20-40cm	Y = 3,45 + 0,000425 X	0,97
V	20-40cm	Y = 18,12 + 0,008703 X	0,89
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	Y = 7,00 + 0,045555 X - 0,000041 X ²	1,00
3º. ano (27/03/1990)			
pH	0-20cm	Y = 4,06 + 0,000740 X - 0,000001 X ²	1,00
Ca ²⁺	0-20cm	Y = 0,43 + 0,000426 X	0,99
Al ³⁺	0-20cm	Y = 0,84 - 0,000659 X + 0,000001 X ²	1,00
H+Al	0-20cm	Y = 4,50 - 0,002037 X + 0,000002 X ²	1,00
S	0-20cm	Y = 0,76 + 0,000425 X	0,99
T	0-20cm	Y = 5,26 - 0,001648 X + 0,000002 X ²	1,00
V	0-20cm	Y = 15,08 + 0,009814 X	0,96
m	0-20cm	Y = 51,37 - 0,022222 X	0,97
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	Y = 2,59 + 0,015555 X	0,99

continua ...

Apêndice 7 - (continuação)

Variável dependente	Profundidade amostragem gesso	Equações de regressão	R ²
3º. ano (27/03/1990)			
Ca ²⁺	20-40cm	Y = 0,28 + 0,000129 X	0,85
K ⁺	20-40cm	Y = 0,07 - 0,000155 X + 0,0000002X ²	1,00
Al ³⁺	20-40cm	Y = 0,98 - 0,000442 X + 0,000001 X ²	1,00
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	Y = 10,44 + 0,025925 X	0,98
4º. ano (05/04/1991)			
Ca ²⁺	0-20cm	Y = 0,42 + 0,000185 X	0,99
Mg ²⁺	0-20cm	Y = 0,19 - 0,000074 X	0,75
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	Y = 5,24 + 0,009444 X	0,92
Ca ²⁺	20-40cm	Y = 0,33 + 0,000240 X	0,98
S	20-40cm	Y = 0,62 + 0,000203 X	0,98
m	20-40cm	Y = 58,70 - 0,007407 X	0,98
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	Y = 7,22 + 0,023888 X	0,99

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de gesso estudada.

Apêndice 8 - Equações de regressão para os efeitos de doses de gesso (X) sobre diversas variáveis, na ausência de calcário (cal 0), na presença de 1,6t de calcário/ha (cal 1) e na presença de 3,2t de calcário/ha (cal 2).

Variável dependente	Profundidade amostragem	calcário	Equações de regressão	R ²
1º. ano (28/03/1988)				
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	cal 0	Y = 4,94 + 0,017222 X	0,89
		cal 1	Y = 0,66 + 0,004444 X	0,84
H+Al	0-20cm	cal 0	Y = 4,13 - 0,001833 X	0,84
S-SO ₄ ²⁻	20-40cm	cal 0	Y = 7,83 + 0,013888 X	0,99
		cal 1	Y = 7,66 - 0,010555 X + 0,000066 X ²	1,00
		cal 2	Y = 9,00 - 0,000555 X + 0,000050 X ²	1,00
2º. ano (01/02/1989)				
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	cal 0	Y = 4,33 + 0,016666 X + 0,000044 X ²	1,00
3º. ano (27/03/1990)				
pH	0-20cm	cal 2	Y = 4,23 + 0,001833 X - 0,000002 X ²	1,00
Ca ²⁺	0-20cm	cal 1	Y = 0,43 + 0,000388 X	0,99
		cal 2	Y = 0,62 + 0,000777 X	0,99
Al ³⁺	0-20cm	cal 1	Y = 0,86 - 0,001038 X + 0,000013 X ²	1,00
		cal 2	Y = 0,45 - 0,001200 X + 0,000141 X ²	1,00
H+Al	0-20cm	cal 1	Y = 4,43 - 0,001777 X + 0,000003 X ²	1,00
		cal 2	Y = 3,86 + 0,004333 X + 0,000048 X ²	1,00
	0-20cm	cal 2	Y = 1,40 - 0,002166 X + 0,000004 X ²	1,00
T	0-20cm	cal 2	Y = 5,00 - 0,003833 X + 0,000053 X ²	1,00
V	0-20cm	cal 2	Y = 22,94 + 0,021666 X	0,94
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	cal 0	Y = 5,05 + 0,042778 X	0,98
Al ³⁺	20-40cm	cal 1	Y = 1,02 - 0,000944 X + 0,000001 X ²	1,00
4º. ano (05/04/1991)				
Mg ²⁺	0-20cm	cal 2	Y = 0,40 - 0,000666 X + 0,000001 X ²	1,00
S-SO ₄ ²⁻	0-20cm	cal 0	Y = 12,83 + 0,027222 X	0,99
		cal 1	Y = 1,00 + 0,018888 X - 0,000029 X ²	1,00
Mg ²⁺	20-40cm	cal 2	Y = 0,30 - 0,000555 X + 0,000001 X ²	1,00
m	20-40cm	cal 0	Y = 71,83 - 0,012777 X	0,90
		cal 1	Y = 65,00 - 0,012222 X	0,91
		cal 2	Y = 37,33 + 0,041666 X - 0,000064 X ²	1,00

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 9 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das diversas variáveis do colômbio

Variável dependente	ano	Equações de regressão	R ²
matéria seca	3º. ano	$Y = 2313,57 + 193,923607 X$	0,94
	4º. ano	$Y = 1873,88 + 846,597236 X - 166,970486 X^2$	1,00
teor de proteína	2º. ano	$Y = 6,59 + 0,228819 X$	0,87
	3º. ano	$Y = 7,42 + 0,313194 X$	0,99
	4º. ano	$Y = 7,40 + 0,174632 X$	0,92
quantidade total de proteína	3º. ano	$Y = 171,70 + 23,472221 X$	0,97
	4º. ano	$Y = 137,33 + 73,506945 X - 14,301215 X^2$	1,00
teor de cálcio	1º. ano	$Y = 0,43 + 0,074048 X - 0,014539 X^2$	1,00
	2º. ano	$Y = 0,34 + 0,097222 X - 0,014322 X^2$	1,00
	3º. ano	$Y = 0,29 + 0,066319 X - 0,009332 X^2$	1,00
	4º. ano	$Y = 0,29 + 0,026736 X$	0,93
teor de magnésio	1º. ano	$Y = 0,22 + 0,108333 X - 0,013888 X^2$	1,00
	2º. ano	$Y = 0,18 + 0,107639 X - 0,016927 X^2$	1,00
	3º. ano	$Y = 0,18 + 0,068750 X - 0,006510 X^2$	1,00
	4º. ano	$Y = 0,15 + 0,036458 X$	0,99
teor de potássio	1º. ano	$Y = 2,42 - 0,079513 X$	0,96
	2º. ano	$Y = 1,65 + 0,198958 X - 0,051432 X^2$	1,00
	3º. ano	$Y = 2,03 + 0,271875 X - 0,064887 X^2$	1,00
	4º. ano	$Y = 1,84 + 0,065625 X$	0,90
teor de ferro	1º. ano	$Y = 699,05 - 57,951388 X$	0,98
	2º. ano	$Y = 826,33 - 363,229172 X + 73,285590 X^2$	1,00
	3º. ano	$Y = 574,66 - 318,611116 X + 62,456597 X^2$	1,00
	4º. ano	$Y = 495,88 - 207,361114 X + 40,928819 X^2$	1,00
teor de manganês	1º. ano	$Y = 217,11 - 51,006945 X + 9,743923 X^2$	1,00
	2º. ano	$Y = 234,35 - 30,312499 X$	0,99
	3º. ano	$Y = 199,77 - 45,104167 X + 6,358407 X^2$	1,00
	4º. ano	$Y = 298,22 - 64,270834 X + 10,828993 X^2$	1,00
teor de zinco	1º. ano	$Y = 24,83 - 0,590277 X$	0,92
	2º. ano	$Y = 27,66 - 1,041666 X$	0,95
	4º. ano	$Y = 26,88 - 4,236111 X + 0,824653 X^2$	1,00
relação N/S	3º. ano	$Y = 8,79 + 0,451388 X$	0,95
	4º. ano	$Y = 8,52 + 0,347222 X$	0,94

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 10 - Equações de regressão para os efeitos das doses de calcário e coeficientes de determinação das equações sobre as diversas variáveis para o conjunto soja-perene + colônia

Variável dependente	ano	Equações de regressão	R ²
matéria seca (kg/ha)	1º. ano	$Y = 8093,37 + 454,79166 X$	0,95
	2º. ano	$Y = 2726,62 + 356,6666 X$	0,99
	3º. ano	$Y = 2469,98 + 912,534705 X$	0,95
	4º. ano	$Y = 1999,24 + 942,951372 X$	0,98
quantidade total de proteína (kg/ha)	1º. ano	$Y = 869,79 + 100,798609 X$	0,89
	2º. ano	$Y = 207,35 + 52,951387 X$	0,96
	3º. ano	$Y = 201,59 + 154,930552 X$	0,94
	4º. ano	$Y = 151,98 + 128,576386 X$	0,99

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de calcário estudada.

Apêndice 11 - Significâncias do teste F⁽¹⁾ para o desdobramento da interação calcário X gesso e das regressões para os efeitos do gesso dentro da aplicação de 1,6 e 3,2t de calcário e para o efeito do calcário na presença de 0, 300 e 600kg de gesso sobre os teores de cálcio, ferro e manganês na soja-perene referente ao quarto ano.

F.V.	Ca	Fe	Mn
G/cal 1,6	**	ns	*
Reg. linear	**	*	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns
G/cal 3,2	*	ns	*
Reg. linear	*	ns	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns
Cal/G 0	**	**	**
Cal/G 300	**	*	**
Cal/G 600	ns	ns	ns

⁽¹⁾ *, ** = significância a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ns = não significativo.

Apêndice 12 - Equações de regressão para os efeitos das doses de gesso e coeficientes de determinações das diversas variáveis da soja-perene

Variável dependente	ano	Equações de regressão	R ²
matéria seca	2º. ano	$Y = 633,25 + 0,636944 X$	0,95
quantidade total de proteína	2º. ano	$Y = 105,50 + 0,106666 X$	0,94
	4º. ano	$Y = 227,33 + 0,102777 X$	0,82
teor de magnésio	1º. ano	$Y = 0,49 - 0,000075 X$	0,99
	2º. ano	$Y = 0,40 - 0,000164 X + 0,000002 X^2$	1,00
	3º. ano	$Y = 0,40 - 0,000053 X$	0,96
	4º. ano	$Y = 0,34 - 0,000044 X$	0,92
teor de cálcio	2º. ano	$Y = 0,96 + 0,000394 X$	0,94
	3º. ano	$Y = 1,03 + 0,000533 X$	1,00
teor de potássio	2º. ano	$Y = 2,33 - 0,003083 X$	0,98
	4º. ano	$Y = 2,34 - 0,00018 X$	0,84
teor de enxofre	1º. ano	$Y = 0,12 + 0,000097 X$	0,99
	2º. ano	$Y = 0,13 + 0,000025 X$	0,83
teor de ferro	2º. ano	$Y = 348,83 - 0,142222 X$	0,94
relação N/S	1º. ano	$Y = 25,27 - 0,009444 X$	0,90
	2º. ano	$Y = 20,02 - 0,002500 X$	0,67

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de gesso estudada.

Apêndice 13 - Equações de regressão para os efeitos das doses de gesso e coeficientes de determinação sobre a quantidade total de proteína do conjunto soja-perene + colônia (2º. ano) e das diversas variáveis do colônia

Variável dependente	ano	Equações de regressão	R ²
teor de proteína	1º. ano	$Y = 12,56 - 0,000696 X$	0,82
quantidade total de proteína	2º. ano	$Y = 255,81 + 0,088518 X$	0,87
teor de cálcio	1º. ano	$Y = 0,46 + 0,000075 X$	0,95
	2º. ano	$Y = 0,39 + 0,000131 X$	0,99
	3º. ano	$Y = 0,30 + 0,000174 X$	0,97
	4º. ano	$Y = 0,29 + 0,000137 X$	0,99

onde Y é a variável dependente analisada e X é a dose de gesso estudada