EFEITOS DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES E DE NÍVEIS DE CALAGEM EM QUATRO LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS TROPICAIS

FRANCISCO ANTONIO MONTEIRO

Orientador: Prof. EURÍPEDES MALAVOLTA

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

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro, 1980

Aos meus pais, por terem me dado a vida e o máximo de si pela minha educação e

Às minhas irmãs, pela satisfação de tê-las

ofereço

À minha esposa Marisa, com quem pelo amor felizmente me uni, e

À Juliana, fruto desse amor e felicidade maior do nosso lar

dedico

AGRADECIMENTOS

São apresentados os sinceros agradecimentos às seguintes pessoas e Instituições:

- Ao Prof. Dr. Eurípedes Malavolta pelas orientações seguras, ensinamentos e atenção dedicadas à nossa pessoa.

- Ao Engº Agrº PhD Joaquim Carlos Werner pela transmissão de conhecimentos técnicos e pela forma fraterna com que sempre nos distinguiu.

- Ao Engº Agrº Dr. Edgard Leone Caielli, Diretor Geral do Instituto de Zootecnia, pelas facilidades concedidas.

- Ao Engº Agrº Geraldo Leme da Rocha pela oportunidade de aperfeiçoamento e incentivo prestado.

- Aos Engºs Agrºs Dr. José Vicente Silveira Pedreira e Dr. Herbert Barbosa de Mattos pelo apoio à realização do trabalho.

- Aos amigos do Instituto de Zootecnia, e em especial ao grupo da Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, pela colaboração prestada.

- Ao Estat. Antonio Álvaro Duarte de Oliveira, pela colaboração durante as análises estatísticas.

- Aos Engºs Agrºs Dr. Bernardo Van Raij e Dr. Alcyr Cesar do Nascimento pela colaboração na fase de análises de solo.

- Aos professores da Área de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ pelos ensinamentos ministrados.

- Aos Senhores Rodolfo Leandro Mauerberg, Luís Muscio e Antonio Marco Pigatto pela ajuda em várias etapas do trabalho.

- À Senhorita Fernanda Meconi, Senhora Sandra Aparecida Folegatti Zanini e Senhor José Bonetto pela colaboração durante as análises em laboratório.

- À Senhora Maria Alice Crestani pela ajuda na tabulação dos dados e datilografia do trabalho.

- À minha esposa Marisa e à minha filha Juliana pelo sacrifício e compreensão sempre prestados.

- À Bibl. Maria Elisabeth Ferreira de Carvalho pela ajuda na citação de literatura.

- Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação da ESALQ pela amizade e distinção sempre manifestadas.

- À Companhia Industrial e Comercial Brasileira de Produtos Alimentares (NESTLÉ) pela ajuda financeira.

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de uma bolsa de pesquisa no ano 75/76.

- E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização do presente trabalho.

INDICE

Página

RESUMO..... vii

SUMMARY..... x

1. INTRODUÇÃO..... 1

2. REVISÃO DE LITERATURA..... 4

2.1. Calagem..... 4

2.1.1. Acidez e necessidade de calagem em solos tropicais..... 4

2.1.2. Efeitos da acidez do solo em leguminosas..... 6

2.1.3. Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à calagem..... 10

2.2. Micronutrientes..... 23

2.2.1. Micronutrientes para leguminosas..... 24

2.2.2. Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à aplicação de micronutrientes no solo..... 26

3. MATERIAL E MÉTODOS..... 39

3.1. Local..... 39

3.2. Espécies..... 39

3.3. Solo..... 40

3.4. Preparação dos vasos e calagem..... 40

3.5. Plantio, adubação, irrigação e desbastes..... 41

3.6. Delineamento experimental..... 42

Página

3.7. Colheitas..... 43

3.8. Amostragens de solo..... 44

3.9. Análises químicas das plantas..... 45

3.10. Análises químicas de solos..... 46

3.11. Análises estatísticas..... 47

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... 49

4.1. Efeitos químicos da calagem no solo..... 49

4.2. Efeitos da calagem nas leguminosas..... 54

4.2.1. Soja perene var. Tinaroo..... 54

4.2.2. Centrosema..... 68

4.2.3. Siratro..... 76

4.2.4. Galactia..... 84

4.3. Efeitos dos micronutrientes nas leguminosas.... 96

4.3.1. Soja perene var. Tinaroo..... 96

4.3.2. Centrosema..... 103

4.3.3. Siratro..... 108

4.3.4. Galactia..... 113

5. CONCLUSÕES..... 118

6. LITERATURA CITADA..... 122

7. APÊNDICE..... 136

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE MICRONUTRIENTES E DE NÍVEIS DE CALAGEM EM QUATRO LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS TROPICAIS

Francisco Antonio Monteiro

Orientador : Prof. Eurípedes Malavolta

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estudar a influência de micronutrientes e de níveis de calagem na produção de matéria seca, na nodulação, na quantidade de nitrogênio fixada e na composição mineral de soja perene Tinaroo (*Glycine wightii* (R. Grah. ex Wight & Arn) Verdc. var. Tinaroo), centrosema (*Centrosema pubescens* Benth), siratro (*Macroptilium atropurpureum* D.C. cv. siratro) e galactia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.).

O experimento foi conduzido em vasos, em casa-de-vegetação situada na Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, Estado de São Paulo. Utilizou-se um solo Podzólico Vermelho Amarelo - variação Laras Álico e foram testados quatro níveis de calagem (0; 0,83; 1,66 e

2,49 toneladas de calcário dolomítico por hectare). Dentro de cada nível de calagem estudou-se o efeito de molibdênio ou boro + cobre + zinco (aplicados conjuntamente), segundo a técnica do fatorial. Os dezesseis tratamentos obtidos foram dispostos em blocos ao acaso, com três repetições.

A aplicação do calcário dolomítico foi realizada cerca de 42 dias antes do plantio das espécies enquanto os micronutrientes foram aplicados na forma de solução e momentos após o plantio, em 19.03.75. Realizou-se uma adubação básica, em todos os vasos, com fósforo, potássio e enxofre.

Em 12.05.75 efetuou-se o corte único do siratro e o primeiro corte da soja perene e da galactia. A centrosema sofreu o único corte em 02.06.75 enquanto o segundo corte da soja perene foi realizado em 23.06.75 e o da galactia em 30.06.75.

A produção de matéria seca, nodulação e nitrogênio total da soja perene e da centrosema foram crescentes até a maior dose de calcário aplicada. Os valores máximos para essas variáveis e nessas espécies, seriam obtidos com níveis de calagem superiores aos empregados. Em ausência de calagem, a soja perene exibiu sintomas visuais de toxidez de manganês.

Para o siratro os máximos valores da quantidade total de nitrogênio seriam obtidos com o emprego de uma tonelada de calcário por hectare, enquanto para a galactia no segundo corte esses valores máximos ocorreriam mediante a aplicação de 0,72 toneladas do corretivo por hectare. Relacionaram-se es

ses pontos de máximo com os resultados das análises químicas do solo.

Entre os micronutrientes, o molibdênio foi o que proporcionou as respostas mais favoráveis para as leguminosas - testadas e seus efeitos somente ocorreram quando se aplicou calcário. As doses de calcário em que ocorreram as respostas ao molibdênio variaram de uma espécie para outra.

O emprego de boro, cobre e zinco em conjunto apenas mostrou efeitos positivos, para o siratro e quando em presença da maior dose de calcário aplicada.

A calagem resultou em variações significativas na composição mineral das leguminosas enquanto a aplicação de boro, cobre e zinco juntos proporcionou elevação nos teores de boro em todas as leguminosas estudadas e em presença de qualquer dos níveis de calcário.

EFFECTS OF LIMING AND MICRONUTRIENT ADDITION ON FOUR TROPICAL FORAGE LEGUMES

Francisco Antonio Monteiro

Adviser : Prof. Eurípedes Malavolta

SUMMARY

This experiment was carried out in order to study the effects of liming and micronutrient addition on dry matter yield, amount of nitrogen fixed and on the mineral composition of perennial soybean (*Glycine wightii* (R. Grah. ex Wight & Arn.) Verdc. var. Tinaroo, centro (*Centrosema pubescens* Benth), siratro (*Macroptilium atropurpureum* D.C. cv. siratro) and galactia (*Galactia striata* (Jacq.) Urb.) under controlled conditions.

Plants were grown in pots containing a Red-Yellow Podzolic Soil Laras variation. Four levels of dolomitic limestone were applied (0, 0.83, 1.66 and 2.49 tons per hectare) before planting. Each limestone level was split into four treatments consisting of a combination of Mo and B plus Cu plus Zn, arranged in a factorial design. Three replications were used.

A basal dressing of P_2O_5, K_2O and S was used in all pots.

Centro and siratro received only one cutting whereas two were performed in perennial soybean and galactia.

It was found that dry matter yield, nodulation and total amount of nitrogen fixed of perennial soybean and centro increased with lime rates. Maximum values were to be expected with levels higher than the maximum used in the experiment. Symptoms of Mn toxicity were observed in perennial soybean in the absence of lime.

In the case of siratro the highest amount of nitrogen was observed to occur when 1 ton of limestone per hectare was used. In the second cutting of galactia maximum value of total amount of nitrogen would occur when 0.72 tons of limestone per hectare had been applied. These points of maximum were correlated with the results of soil analysis.

Molybdenum caused the most significant responses, always in the presence of limestone. The rates of limestone which allowed for the molybdenum effect varied according to the species.

Joint application of B, Cu and Zn showed favourable effect only for siratro and in the presence of the highest level of limestone.

Liming brought about significant changes in the mineral composition of the forages, whereas the joint application of B, Cu and Zn caused an increase in B concentration in all legumes irrespective of the level of limestone.

1. INTRODUÇÃO

Tradicionalmente as leguminosas tem sido utilizadas na agricultura, especialmente nas regiões temperadas. Nas últimas décadas o emprego de plantas dessa família nas áreas tropicais tem se mostrado perfeitamente viável e bem sucedida.

É ponto bem estabelecido que o fornecimento de nitrogênio, de forma adequada e contínua, constitui-se num fator chave na melhoria da produtividade e do valor nutritivo de uma pastagem.

Alternativamente, esse nitrogênio pode ser acrescentado à pastagem através do emprego de adubo mineral ou do aproveitamento do potencial de fixação biológica do nitrogênio, pelas leguminosas forrageiras. Dada a problemática

atual da produção do adubo nitrogenado a partir de derivados do petróleo, grande ênfase se tem dado à pesquisa com leguminosas forrageiras.

Entre os vários fatores que afetam a fixação de nitrogênio pelas leguminosas, um dos principais é a nutrição mineral do sistema leguminosa-*Rhizobium*. No contexto da nutrição mineral os aspectos relativos à calagem e ao emprego de micronutrientes nos solos tropicais tem sido enfatizados.

A afirmação de que "não há justificativa para propor que as leguminosas tropicais precisem de calagem porque o solo é ácido, pois elas são capazes de prosperar e nodular quase normalmente em solos nitidamente ácidos" não é nova (NORRIS, 1958). Para acrescentar à afirmação, ANDREW e NORRIS (1961), ao comparar o desenvolvimento de leguminosas tropicais e o de temperadas, também apresentaram nítida evidência de que o grupo das tropicais tolera mais as condições de solos ácidos que o das temperadas.

Todavia, MUNNS e FOX (1977), trabalharam com maior número de espécies tropicais e de temperadas e verificaram não haver distinta diferença entre os dois grupos, estando a resposta à calagem mais diretamente ligada à espécie considerada.

A reconhecida variação da disponibilidade dos micronutrientes em função das condições de acidez do meio bem realçam a necessidade de estudos em que se relacionem ambos os fatores e se deixe clara a posição de um quando se obtém a

resposta com o outro.

Dentro desse contexto de resposta controvertida à calagem e da necessidade de obtenção de dados para micronutrientes quando se relaciona calagem com micronutrientes para leguminosas forrageiras tropicais é que se desenvolveu o presente trabalho. Nele se procurou estudar quatro leguminosas forrageiras situadas entre as mais indicadas por JONES (1974) para as condições do Estado de São Paulo.

O presente trabalho, desenvolvido com um solo de distribuição expressiva na região de estudo, teve por objetivos:

- observar a influência de quatro níveis de calagem e de quatro micronutrientes na produção de matéria seca, na nodulação, no nitrogênio fixado e nos teores de macro e micronutrientes de quatro leguminosas forrageiras tropicais.
- determinar a real necessidade de calagem e de aplicação de micronutrientes dentro de cada nível de calagem, para cada uma das leguminosas.
- verificar as possíveis alterações químicas no solo resultantes do emprego do calcário dolomítico.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Calagem

2.1.1. Acidez e necessidade de calagem em solos tropicais.

De acordo com MALAVOLTA (1976), admite-se atualmente que a acidez do solo é constituída pela fração trocável correspondente ao alumínio adsorvido ao complexo de troca e pela fração titulável devida ao íon hidrogênio ligado à matéria orgânica e, possivelmente, aos polímeros de alumínio.

YUAN (1963) trabalhou com solos da Flórida e estabeleceu que em condições de elevada acidez há predominância dos íons hidrogênio sobre o alumínio; com o aumento do pH o alumínio passa a predominar sobre o hidrogênio e acima de pH 5,8 ambos tornam-se insignificantes.

Para COLEMAN e THOMAS (1967) o alumínio trocável é o cátion dominante nas condições de solo ácido, com o que concordam KAMPRATH (1970 e 1972) e MALAVOLTA (1976).

TISDALE e NELSON (1975) mostram que a hidrólise do alumínio é a responsável pelo baixo pH das soluções contendo o íon alumínio.

Existe uma série de métodos de se determinar a necessidade de calagem dos solos (COLEMAN e THOMAS, 1967; CATANI e ALONSO, 1969; DEFELIPO et alii, 1972; WERNER e MATTOS, 1972, VAN RAIJ, 1975 e MALAVOLTA, 1976). Entre eles, o método da incubação de amostras do solo com quantidades crescentes de carbonato de cálcio ou óxidos de cálcio e de magnésio, com posterior leitura do pH, tem sido um dos aconselhados (CATANI e ALONSO, 1969; DEFELIPO et alii, 1972; WERNER e MATTOS, 1972 e MALAVOLTA, 1976). Geralmente, por esse método procura-se atingir o pH 6,5 (MALAVOLTA, 1976) e, através desse procedimento normalmente se obtém necessidades de calcário maiores que por outros métodos comuns (CATANI e ALONSO, 1969).

A multiplicação do teor de alumínio trocável do solo por um fator 1,5 ou 2,0 (VAN RAIJ, 1975 e MALAVOLTA , 1976) tem sido amplamente usada no Estado de São Paulo, para avaliar a necessidade de calagem para uma série enorme de culturas.

A calagem tem como um dos papéis o de elevar os teores de cálcio e de magnésio do solo. Dentro dessa premissa, VAN RAIJ (1975) propõe a adoção de um valor 2 (solos de textu

ra leve e com baixo teor de matéria orgânica) ou 3 (para os demais solos) para se subtrair o valor encontrado para a soma de cálcio e magnésio na análise química do solo e assim se fixar a quantidade de calcário necessária.

2.1.2. Efeitos da acidez do solo em leguminosas.

De acordo com JACKSON (1967) os diversos fatores da acidez do solo que afetam o desenvolvimento das plantas são o pH do solo, o alumínio trocável, as bases trocáveis, o manganês solúvel e a disponibilidade de nutrientes às plantas. Acrescenta ainda, que a separação entre a ação desses fatores é difícil, dada a sua interdependência.

ANDREW (1976), trabalhando com cinco leguminosas tropicais e seis temperadas verificou que a nodulação e o subsequente crescimento da leguminosa teve efeito dominante do íon hidrogênio sobre o cálcio, que o efeito benéfico do cálcio somente foi notado dentro de certa faixa de pH e que o pH teve pequeno efeito nas plantas bem supridas com nitrogênio combinado.

Após revisar uma série de trabalhos ANDREW (1978) afirma que as leguminosas diferem na sua habilidade de nodular em substratos com variáveis valores de pH e suprimento de cálcio e que o crescimento ótimo bem como a máxima produção de nitrogênio são dependentes de pH e nível de cálcio satisfatórios.

A nutrição em cálcio tanto da planta hospedeira como do *Rhizobium* é extremamente complexa (ANDREW, 1962).

Para MUNNS (1970) o início da infecção das raízes pelos Rhizobia é a fase que mais exige cálcio na nodulação da leguminosa. Acrescenta ainda que uma vez iniciada aquela fase em meio com adequado suprimento de cálcio, os nódulos se desenvolvem normalmente mesmo que a planta seja removida para uma solução - com baixa concentração de cálcio.

A influência do cálcio para o crescimento do *Rhizobium* foi estudada por NORRIS (1959) que mostrou ser esse elemento requerido em muito pequenas quantidades por esse microrganismo. Todavia, deixou evidente ser o magnésio essencial e exigido em maiores quantidades que o cálcio para o normal desenvolvimento do *Rhizobium*.

Com relação ao magnésio, Michael citado por ANDREW (1962) obteve aumentos na produção de proteína e no tamanho dos nódulos quando empregou esse macronutriente para o cultivo de uma espécie do gênero *Phaseolus*.

De acordo com KAMPRATH (1972) nas condições de solo ácido o molibdênio tende a ser firmemente preso pelas argilas e óxidos hidratados de ferro e alumínio, podendo sua disponibilidade às plantas ser inadequada. Neste aspecto, SIQUEIRA e VELOSO (1978) trabalhando com nove solos do cerrado brasileiro, verificaram que a máxima adsorção do molibdato ocorreu nas proximidades de pH 4,0 e que acima de pH 6,0 a adsorção tornou-se muito baixa.

ASHER (1979) descreve o aumento da disponibilidade do molibdênio e a redução da capacidade de absorção des-

se elemento pelas raízes da planta, com a elevação do pH. Acrescenta que o incremento na disponibilidade é de magnitude maior que a redução daquela capacidade da planta, de tal forma que a quantidade do elemento absorvida pela planta aumenta com a elevação do pH.

LINDSAY (1972) discute a variação da solubilidade dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco em função do pH do meio. Mostra que a solubilidade desses nutrientes, em geral, tem máximos valores em pH baixo (4,0 a 5,0) e que essa solubilidade decresce com a elevação do pH, embora esse decréscimo tenha proporções diferentes para cada um dos elementos discutidos.

O efeito depressivo do excesso de alumínio para as plantas tem sido ressaltado há algumas décadas (ANDREW, 1962 e KAMPRATH, 1972). Para RORISON (1958) o excesso de alumínio é especialmente prejudicial à leguminosa no desenvolvimento da plântula e o principal efeito negativo desse excesso está na inibição do crescimento radicular.

ANDREW et alii (1973) estudaram os efeitos do emprego de quatro níveis de alumínio (0; 0,5; 1,0 e 2,0ppm de Al) em solução nutritiva onde cultivaram cinco leguminosas forrageiras tropicais e seis temperadas. Constataram, dentro de ambos os grupos, espécies que não tiveram suas produções de matéria seca afetadas por qualquer dos níveis de alumínio empregados; outras em que o efeito prejudicial foi ressaltado somente na máxima dose de alumínio e outras ainda que foram

negativamente afetadas a partir do nível 0,5ppm.

Conforme ANDREW (1978) a toxidez de manganês ocorre mais comumente nas leguminosas que em plantas de outras famílias. O mesmo autor afirma que a toxidez de manganês exerce sua maior influência na germinação e no desenvolvimento da nascediça.

ANDREW e HEGARTY (1969) cultivaram oito leguminosas forrageiras tropicais e quatro temperadas, em solução nutritiva recebendo seis níveis de manganês (0,5; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 e 40,0 ppm de Mn). Verificaram não haver diferença de tolerância ao excesso de manganês entre os dois grupos de leguminosas, mas dentro de cada grupo constataram ampla variação na produção de matéria seca como resultado do emprego desse micronutriente. No grupo das tropicais, em geral, marcantes decréscimos na produção de matéria seca e concomitantes aumentos na concentração de manganês na parte aérea foram observados nos níveis de 10 ou mais partes por milhão de manganês.

SOUTO e DÖBEREINER (1969) testaram a aplicação de quatro níveis de manganês (0; 50; 100 e 200 ppm de Mn) a um solo da baixada fluminense, no qual cultivaram seis leguminosas forrageiras tropicais. Puderam observar, já aos 22 dias após a semeadura, a maior ou menor sensibilidade das espécies ao excesso de manganês no solo. Essas diferenças entre as espécies foram ressaltadas por ocasião do corte do experimento. Também constataram que a dose de 50 ppm Mn já reduziu conside

ravelmente o peso de nódulos e o nitrogênio fixado pelas leguminosas. Neste aspecto, FRANCO e DÖBEREINER (1971) verificaram que a nodulação e a fixação de nitrogênio foram mais sensíveis à toxidez de manganês do que a produção de matéria seca da soja.

Sintomas típicos da toxidez de manganês em leguminosas forrageiras são descritos por SOUTO e DÖBEREINER (1969) e ANDREW e PIETERS (1970).

2.1.3. Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à calagem.

Dentro do contexto do presente trabalho a tônica desse ítem é para o estudo dos efeitos resultantes da calagem quando aplicada a solos cultivados com a soja perene, centrosema, siratro ou galactia.

2.1.3.1. Estudos com a soja perene.

O efeito do calcário aplicado em doses de 0; 4; 6 e 8 toneladas por hectare a um solo de cerrado no qual cultivaram a soja perene, foi estudado por NEME e LOVADINI (1967). O pH do solo ao final do ensaio foi de 4,21; 5,05 ; 5,55 e 5,56 enquanto a produção total de matéria seca da soja perene teve índices 100; 169; 154 e 214 para as respectivas doses de calcário. Acréscimos na produção de matéria seca da soja perene também foram obtidos por RIBEIRO et alii (1970), num solo com pH 4,5, com aplicações de 0; 2 e 4 toneladas de calcário dolomítico por hectare e por Neptune cita-

do por NEPTUNE (1975) num Latosol arenoso de pH 4,9 recebendo 2,5 toneladas de calcário por hectare.

SOUTO e DÖBEREINER (1969) aplicaram carbonato de cálcio em dois solos, com o objetivo de elevar o pH a 6,5 e eliminar a toxidez de manganês dos mesmos. Estudaram o comportamento de duas variedades de soja perene (Tinaroo e SP-1) e puderam verificar que a calagem proporcionou um aumento da ordem de 10 a 30 vezes no nitrogênio fixado e na produção de forragem. Também observaram que a variedade Tinaroo é muito mais sensível à toxidez de manganês que a SP-1, sendo principalmente sua simbiose mais afetada pelo excesso desse elemento.

QUAGLIATO e NUTI (1969) realizaram ensaios de vasos com soja perene em dois solos e empregando quatro níveis de calcário (0,35; 0,70; 1,40 e 2,80 t/ha no solo de Pirassununga e 0; 0,70; 1,40 e 2,80 t/ha no solo de Nova Odessa). Observaram que a produção de matéria seca da leguminosa, em ambos os solos aumentou até a dose de 1,4 toneladas de calcário por hectare, a qual elevou, aproximadamente, o pH do solo de Pirassununga a 5,7 e o de Nova Odessa a 5,2.

As respostas da soja perene a quatro níveis de calagem em dois latosolos ácidos (0 a 2.000 quilos de calcário dolomítico por hectare num Latosol Vermelho Amarelo e 0 a 4.200 quilos por hectare num Latosol Vermelho Escuro), foram estudadas por LOVADINI (1972). Constatou que a aplicação do calcário provocou acréscimos na produção de matéria seca e na

absorção de nitrogênio, cálcio, magnésio, potássio, enxofre e alumínio da leguminosa desenvolvida em ambos os solos.

Cultivando a soja perene Tinaroo num Latosol Vermelho Escuro, FRANÇA et alii (1973) verificaram efeitos positivos marcantes da calagem no peso seco das plantas e nos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio das mesmas. O peso dos nódulos foi reduzido pela calagem, em ausência de boro. A calagem envolveu a aplicação de 6 toneladas de carbonato de cálcio por hectare, a qual elevou o pH do solo de 4,3 para 5,7.

MUNNS e FOX (1977) trabalharam com um Oxisol do Havaí cultivando dezoito leguminosas(entre as quais estavam a soja perene Cooper e Tinaroo) sob doses de carbonato de cálcio de 0 a 22 toneladas por hectare, as quais elevaram o pH do solo de 4,7 até 7,1. Para a obtenção de 90% da produção máxima alcançada de matéria seca a soja perene Cooper necessitava de 6 toneladas de calcário por hectare enquanto a Tinaroo requeria 5 toneladas por hectare. A magnitude de aumento de produção de matéria seca devido à calagem foi de cinco vezes para a variedade Tinaroo e de três vezes para a Cooper. A avaliação dos efeitos da calagem na nodulação e fixação de nitrogênio nesse experimento foi realizada por MUNNS et alii (1977). Estes autores observaram que o número de nódulos nas duas variedades de soja perene aumentava com a elevação do pH até em torno de 6,0, enquanto o tamanho dos nódulos sofria acréscimos devido a calagem até em pH ligeiramente superior a

6,0 para a soja perene Tinaroo e para a faixa de pH 5,0 a 5,5 para a soja perene Cooper. Na variedade Tinaroo a eficiência dos nódulos em fixar nitrogênio acompanhou a tendência do número deles e na Cooper a fixação de nitrogênio continuou sendo mais eficiente, embora o número de nódulos diminuísse em pH mais elevado. Conclusivamente, afirmam esses autores que o aumento no tamanho dos nódulos seria o maior responsável pelo aumento da produção de matéria seca na variedade Tinaroo, como consequência da aplicação do calcário.

Os efeitos do emprego de três doses de calcário dolomítico (0; 1,5 e 4,0 toneladas por hectare) num Latosol Vermelho Amarelo com pH 5,0 e o alumínio trocável de 1,0 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo, cultivado com soja perene, foram estudados por LOVADINI et alii (1977). Realizaram cinco cortes na leguminosa e verificaram que a maior dose de calcário aplicada resultou em produção de mais matéria seca que as outras duas menores e que estas duas não diferiram entre si, quanto a esse parâmetro. Quando compararam os dados relativos ao conjunto dos cortes realizados, obtiveram 44% de aumento na produção de matéria seca, 13% de diminuição na porcentagem de proteína e 8% de aumento na produção total de proteína, mediante a aplicação de 4 toneladas de calcário por hectare.

2.1.3.2. Estudos com centrosema

ANDREW e NORRIS (1961) cultivaram nove leguminosas forrageiras em um solo com pH 5,5 e com 0,1 equivalen -

tes miligrama de cálcio trocável por 100 gramas de solo que representava 3% da capacidade de troca total do referido solo, empregando oito níveis de carbonato de cálcio (0 a 2.500kg/ha). Uma das espécies estudadas foi a centrosema que mostrou acréscimos na produção de matéria seca e no nitrogênio total da parte aérea até a dose de 1.250 quilos de carbonato de cálcio por hectare (a qual elevou o pH do solo a 6,4). A avaliação da nodulação efetuada para os tratamentos entre a dose 0 e 750 quilos de carbonato de cálcio por hectare mostrou crescentes número e peso de nódulos da centrosema. O teor de cálcio na parte aérea da leguminosa foi crescente do menor até os dois maiores níveis de calagem.

DÖBEREINER e ARONOVICH (1966) estudaram, em centrosema, o efeito da aplicação do calcário num solo com problemas reconhecidos de toxidez de manganês. Verificaram aumentos significativos na produção de matéria seca, no número de nódulos e no nitrogênio total da centrosema, mediante a aplicação do calcário que elevou o pH do solo de 4,7 para 5,8. O teor de manganês das plantas oriundas de vasos com calcário e dependentes do nitrogênio fixado biologicamente foi menor que 100 ppm, enquanto nos vasos sem calcário esse teor foi ligeiramente superior a 300 ppm.

Cultivando a centrosema em dois solos da Nigéria, nos quais estudaram a calagem na forma de carbonato de cálcio, ODU et alii (1971) puderam verificar que os mais altos valores para a produção de matéria seca e para o número de nó-

dulos bem como as mais eficientes fixações de nitrogênio ocorreram em pH final de 6,1 e 6,4 para cada um dos dois solos.

TEITZEL e BRUCE (1972) realizaram uma série de onze experimentos em vasos com solos originados de basaltos , na Austrália e em um deles cultivaram a centrosema. Esse solo tinha pH 6,0; cálcio trocável de 1,92 miliequivalentes por cento e magnésio trocável de 0,88 miliequivalentes por cento. Verificaram respostas significativas e positivas em termos de produção de matéria seca e porcentagem de nitrogênio na leguminosa, para uma aplicação de 560 quilos de carbonato de cálcio por hectare.

Realizando um ensaio em casa-de-vegetação WERNER e MATTOS (1972) cultivaram a centrosema num Latosol Vermelho Escuro-orto e testaram, entre outros tratamentos, três níveis de calagem. O solo original tinha pH 5,30 e alumínio trocável de 0,70 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo. A calagem para neutralizar o alumínio trocável além de realmente conseguir essa neutralização elevou o pH do solo a 5,8 enquanto a calagem para pH 6,5 elevou esse índice para 6,1. A produção de matéria seca e o peso de nódulos decresceram à medida que se aplicou as doses de calcário. Estas, por sua vez, resultaram em aumentos nos teores de nitrogênio, cálcio, fósforo, molibdênio e cobre nas plantas. Os teores de zinco e de manganês, bem como o nitrogênio total nas plantas sofreram aumentos com a calagem para neutralização do alumínio trocável, mas voltaram a decrescer com a mais alta dose

de calagem.

SOARES e VARGAS (1974) estudaram o efeito da calagem na centrosema cultivada em três latosolos coletados na região de cerrado. Esses solos tinham pH e alumínio trocável (equivalentes miligrama por 100 gramas de solo) de 5,2 e 0,9; 5,2 e 0,7 e 4,2 e 2,0 e receberam calagem à base de 1,8; 2,8 e 6,0 toneladas de calcário, respectivamente. Verificaram, em todos os solos que a aplicação de calcário resultou em efeitos significativos e benéficos na produção de matéria seca da parte aérea, no sistema radicular e no teor de proteína da leguminosa.

2.1.3.3. Estudos com siratro

FREITAS e PRATT (1969) conduziram experimentos em casa-de-vegetação, com oito solos do Estado de São Paulo (quatro latosolos e quatro podzólicos), testando o efeito de níveis de calcário em três leguminosas forrageiras, entre as quais estava o siratro. Os solos estudados tinham pH, por ocasião da semeadura, no tratamento sem calcário, variando entre 4,4 e 4,7. Puderam verificar um aumento médio de produção de matéria seca de 93% no siratro, pela adição do calcário, elevando o pH do solo de 4,5 para 6,0. A maior produção dessa leguminosa ocorreu em pH 6,1 e ligeiro decréscimo de produção foi notado quando o pH ascendeu a mais que 6,2. Acrescentam, também, que o siratro parece ser altamente sensível à toxidez de manganês.

Os efeitos da aplicação de duas doses de calcá-

rio num Latosol Vermelho Amarelo - fase arenosa, cultivado - com siratro, foram estudados por BRAZON (1971). O solo tinha um pH inicial de 5,0 e o alumínio trocável de 0,8 equivalen - tes miligrama por 100 gramas de solo. Concluiu o autor que a calagem não teve efeito sobre a produção de matéria seca da parte aérea e dos nódulos; teve efeito depressivo sobre a produção de matéria seca das raízes; incrementou o conteúdo de nitrogênio na parte aérea e nos nódulos; não resultou em alteração no conteúdo de nitrogênio nas raízes e proporcionou aumento no teor de magnésio na parte aérea da leguminosa.

Em ensaio de casa-de-vegetação, MATTOS (1972) trabalhou com o siratro num Latosol Vermelho Escuro-orto que tinha pH 5,5 e alumínio trocável de 0,8 equivalentes miligrama por 100 gramas de solo. Aplicou cinco doses de calcário (0; 1; 2; 3 e 4 toneladas por hectare) e obteve efeitos significativos nos aumentos de produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, na quantidade de nitrogênio extraído, no número de nódulos e na massa nodular até a dose de 2 toneladas de calcário por hectare. O emprego do calcário resultou em incrementos positivos nos teores de cálcio e de magnésio na parte aérea, contribuiu para deprimir os teores de boro, manganês e zinco da parte aérea mas não alterou os teores de nitrogênio da leguminosa.

KOLLING et alii (1974) empregaram um Ultisol ácido (pH=5,3 e Al^{+++} trocável = 1,00 mE/100g) para, entre outros, estudar o efeito da calagem em siratro. O calcário foi

utilizado nas doses de 0; 1,1; 2,2; 3,3 e 4,4 toneladas por hectare, o que proporcionou valores de pH do solo, após incubação, de 5,0; 5,1; 5,7; 5,8 e 6,4, respectivamente. Constataram que o calcário proporcionou aumento significativo na produção de matéria seca do siratro e as maiores produções estiveram nas doses 1,1 e 2,2 toneladas por hectare. A nodulação da leguminosa não foi afetada pelo calcário e os teores de nitrogênio não mostraram clara tendência de variação em função da calagem.

Trabalhando com um Latosol Vermelho Escuro Eutrófico, GAVAZONI et alii (1979) aplicaram 0 e 1,5 toneladas de calcário calcítico por hectare, para o cultivo de siratro em canteiros experimentais. O solo tinha um pH inicial de 5,6 e o alumínio trocável de 0,5 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo. Juntamente com o calcário distribuíram 375 quilos de sulfato de magnésio por hectare. Com base nos dados coletados em cinco cortes nas parcelas do ensaio, concluiram que o calcário não proporcionou efeitos significativos na produção de matéria seca da leguminosa, mas que o efeito do adubo fosfatado na porcentagem de proteína bruta somente ocorreu na presença do corretivo. Acrescentaram ainda que a aplicação da calagem resultou em aumento no teor de magnésio, em redução no teor de zinco e não alterou significativamente os teores de cálcio, cobre e manganês na leguminosa.

2.1.3.4. Estudos com galactia

MATTOS e ALCÂNTARA (1976) descrevem que a pri-

meira coleta e introdução dessa leguminosa foi realizada em 1963 e que mais tarde se iniciaram os estudos a respeito dela em Nova Odessa, SP. Embora descrevam uma série de características favoráveis da galactia para uso na alimentação animal, os estudos sobre a nutrição mineral dessa espécie são ainda muito escassos. Com relação à este aspecto, os referidos autores mencionam que a galactia tolera os solos de baixo pH e se desenvolve bem mesmo em solos de baixa fertilidade.

MATTOS e WERNER (1972) realizaram ensaio de vasos com a galactia num solo Podzólico Vermelho Amarelo - variação Laras com pH inicial de 5,8. Verificaram que a omissão de calagem não resultou em redução significativa na produção de matéria seca da leguminosa.

Em trabalho com uma Areia Quartzosa coletada no cerrado de Brotas (pH=4,8 e Al^{+++} trocável=0,8 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo), MONTEIRO et alii (dados não publicados) verificaram que a calagem foi um dos três fatores mais limitantes a um adequado desenvolvimento da galactia nesse solo.

2.1.3.5. Estudos com mais de uma leguminosa

Duas variedades de soja perene (Comum e Tinaroo), centrosema e siratro foram cultivadas por FRANÇA e CARVALHO (1970) num solo de cerrado com pH=4,3, cálcio trocável baixo, traços de magnésio trocável e alumínio trocável de 0,62 equivalentes miligrama por 100 gramas de solo. Aplicaram calcário que elevou o pH a 6,0 e constataram que a produção

de matéria seca e o nitrogênio total nas plantas foram estatísticamente superiores na presença do calcário. Mediante o emprego do calcário, o peso de nódulos somente foi alterado na centrosema onde o corretivo teve efeito negativo.

As respostas de soja perene, siratro e centrosema à sete níveis de calagem em um latosolo de cerrado, foram estudadas por JONES e FREITAS (1970). As adições de calcário fizeram variar o pH do solo na fase inicial do cultivo das plantas, de 4,5 a 6,8. Verificaram que a soja perene foi a espécie menos produtiva em ausência de calagem e que a produção das três leguminosas aumentaram até o quinto nível de calagem (pH de 6,4 no início do experimento). As doses subsequentes determinaram decréscimos na produção de matéria seca das leguminosas. Observaram também, elevações nos teores de proteína, de cálcio e de magnésio e redução na porcentagem de potássio, mediante a aplicação do calcário.

JONES et alii (1970) estudaram as respostas à aplicação de calcário a um solo Latosol Vermelho cultivado com oito leguminosas forrageiras, entre as quais estavam a centrosema e a soja perene. A calagem, que elevou o pH do solo de 4,7 a 7,6, resultou em aumentos significativos na produção de matéria seca e no nitrogênio total bem como em redução nos teores de boro, zinco, manganês e ferro das duas leguminosas citadas.

Os efeitos da aplicação de uma calagem que elevou o pH de um Latosol Vermelho Escuro de 4,7 para 5,8, em so

ja perene comum, soja perene Tinaroo, centrosema e siratro , foram estudados por CARVALHO et alii (1971). Em termos de produção de matéria seca, a calagem somente teve influência para a soja perene comum, na qual foi benéfica. O nitrogênio total nas plantas, embora estivesse na faixa de 60 a 70% dos valores obtidos na presença de calagem para as duas variedades de soja perene e para a centrosema, não mostrou variação significativa em decorrência do emprego da calagem. Também, a calagem não teve efeito significativo sobre o número e peso de nódulos dessas quatro leguminosas.

O cultivo da soja perene Tinaroo e do siratro num solo Podzólico Vermelho Amarelo (pH 5,4 e Al^{+++} trocável de 0,1 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo) foi efetuado por EIRA et alii (1972). Adicionaram o calcário para elevar o pH a 6,5 e verificaram, nessa condição de menor acidez, significativos aumentos no nitrogênio total da soja perene e na porcentagem de nitrogênio do siratro, bem como significativo decréscimo no peso das raízes do siratro. Em termos de produção de matéria seca e de número e peso de nódulos não constataram efeito da calagem, em qualquer das leguminosas.

KORNELIUS e STAMMEL (1973) realizaram ensaio de vasos, com um Molisol de pH inicial 5,5, trabalhando com soja perene Cooper e siratro. Empregaram o calcário nas doses de 0; 1,2 e 2,4 toneladas por hectare e concluíram que a produção total de matéria seca da soja perene sofreu aumentos significativos com a calagem, enquanto para o siratro esses

efeitos foram negativos. Observaram as maiores produções de matéria seca em pH final de 5,4 para o siratro e de 5,9 para a soja perene.

Um Ultisol ácido da Costa Rica foi utilizado - por TRIGOSO e FASSBENDER (1973) para cultivo de soja perene, centrosema e siratro. Em termos de calagem, verificaram sua influência positiva na produção de matéria seca, na massa nodular, na quantidade de nitrogênio fixado e no nitrogênio absorvido pelas leguminosas estudadas.

Trabalhando com um Latosol Vermelho Escuro -fase cerrado, CARVALHO et alii (1974) aplicaram 4.300 quilos de calcário dolomítico ou 3.100 quilos de calcário calcítico para o cultivo da soja perene e do siratro. Tendo analisado os dados relativos a quatro cortes, constataram que o corretivo do solo teve efeito positivo sobre a produção de matéria seca e de proteína, a partir do segundo corte, para as duas leguminosas. Acrescentaram, também, que não houve diferenças entre as duas fontes de calcário testadas.

MIRANDA (1979) trabalhou com um solo Podzólico Vermelho Amarelo (pH 5,7 e Al^{+++} trocável = 0,08 equivalentes miligrama por 100 gramas de solo) e uma Areia Quartzosa Distrófica (pH 5,0 e Al^{+++} trocável = 1,04 equivalentes miligrama por 100 gramas de solo), nas quais cultivou soja perene comum, siratro e galactia. A calagem na forma de carbonato de cálcio compreendeu a aplicação de 2,0 toneladas por hectare na Areia Quartzosa e 1,5 toneladas por hectare no solo Podzó-

lico. A aplicação de cálcio e de magnésio como nutrientes também constou da série de tratamentos. No solo Podzólico, a ausência somente de calagem não resultou em variação significativa da produção de matéria seca nas três espécies, enquanto a omissão conjunta de calagem e de cálcio resultou em redução significativa naquela variável para as três leguminosas. Na Areia Quartzosa a omissão exclusiva da calagem resultou em acréscimos na produção de matéria seca do siratro e da galactia. Nesse mesmo solo o tratamento "menos calagem e cálcio" - concorreu para diminuir a produção de matéria seca da soja perene e para aumentar a da galactia. A calagem resultou em aumento no teor de cálcio e em diminuição nos teores de boro, ferro, manganês e zinco nas três espécies desenvolvidas nos dois solos.

2.2. Micronutrientes

De acordo com FRANCO (1978) a deficiência de micronutrientes pode se constituir num sério problema de fertilidade nos solos tropicais altamente lixiviados e com baixo pH. Afirma que, nessas condições alguns elementos (por exemplo, boro e zinco) podem ser deficientes devido à lavagem do solo, enquanto outros (por exemplo, molibdênio) podem estar indisponíveis às plantas devido a adsorção às partículas do solo. Por outro lado o uso de calagem para esses solos ácidos influi diretamente na disponibilidade dos micronutrientes para as plantas. WERNER (1975) revisando a literatura sobre o uso de micronutrientes em pastagens concluiu que seria neces-

sário apenas o acréscimo de molibdênio na adubação, quando se adota o critério da aplicação de calagens baixas a moderadas. Entretanto, quando se usam doses mais elevadas de corretivos da acidez, seria mais importante o fornecimento de outros micronutrientes cuja disponibilidade diminui com a elevação do pH.

Esta revisão é dirigida diretamente a quatro micronutrientes dentre os sete que já tem reconhecida sua essencialidade para o normal desenvolvimento das plantas. Serão aqui tratados: boro, cobre, molibdênio e zinco.

2.2.1. Micronutrientes para leguminosas

2.2.1.1. Boro

ANDREW (1962) menciona que o boro é essencial para o desenvolvimento das raízes e também para a formação dos nódulos nas leguminosas. De acordo com MALAVOLTA (1976) a menor nodulação em leguminosa deficiente em boro seria o resultado da dificuldade de translocação de carboidrato na planta, quer pela não formação de complexos ácido bórico - carboidratos, quer pela desorganização nos vasos condutores.

Sob condições de carência de boro, quando os nódulos se desenvolvem, eles são pequenos e possuem falhas no seu sistema vascular e nos bacteróides (FRANCO, 1978).

Borshchenko e Sherstnew citados por PRICE et alii (1972) relatam decréscimo na síntese de proteína em raízes de leguminosa deficiente em boro.

2.2.1.2. Cobre

HALLSWORTH (1958) descreve um efeito definido do cobre na fixação de nitrogênio através de uma adequada formação de nódulos, quando se acrescenta cobre à solução nutridora da leguminosa.

Já CARTWRIGHT e HALLSWORTH (1970) referem-se à necessidade de cobre para o desenvolvimento das bactérias do gênero *Rhizobium*, bem como para a atividade dos nódulos.

PRICE et alii (1972) relacionam várias proteínas contendo cobre, entre elas estando a oxidase de diamino e a proteína azul, originadas em leguminosas.

MALAVOLTA (1976) menciona que plantas carentes de cobre mostram menor síntese proteica.

De acordo com FRANCO (1978) as leguminosas deficientes em cobre tem nódulos menores e menor número de bacteróides nos nódulos que as bem supridas com esse elemento.

2.2.1.3. Molibdênio

HALLSWORTH (1958) afirma ser muito claro o papel do molibdênio na eficiência da fixação e não na nodulação da leguminosa. Conforme ANDREW (1962) o requerimento de molibdênio pelo *Rhizobium* é maior que o da planta hospedeira e que esse micronutriente é essencial em duas fases da nutrição da leguminosa: no eficiente funcionamento do *Rhizobium* e no metabolismo do nitrogênio nas plantas. A influência do molibdênio nessas duas fases está relacionada à duas enzimas, a ni

trogenase e a redutase do nitrato, respectivamente (PRICE et alii, 1972 e EPSTEIN, 1975). Na nitrogenase a função do molibdênio seria o enfraquecimento da ligação entre os dois átomos de nitrogênio, o que os tornaria suscetíveis de redução (EPSTEIN, 1975).

2.2.1.4. Zinco

Mulder, citado por HEWITT (1958) verificou que com a deficiência de zinco houve formação de nódulos pequenos, a capacidade de fixação de nitrogênio foi alterada e o crescimento da leguminosa foi deprimido. Essa interferência no crescimento da planta pode ser atribuída a uma deficiência de ácido indolacético, como consequência da falta de triptofano na planta, o qual por sua vez tem sua síntese diminuída em planta carente de zinco (MALAVOLTA, 1976).

FRANCO (1978) ao analisar o papel dos micronutrientes no sistema leguminosa - *Rhizobium*, afirma que a deficiência de zinco, primariamente limita o crescimento da planta hospedeira.

2.2.2. Respostas das leguminosas forrageiras tropicais à aplicação de micronutrientes no solo.

À semelhança do procedimento adotado ao se analisar a calagem, tratar-se-á aqui somente dos resultados experimentais obtidos com soja perene, centrosema, siratro e galactia.

2.2.2.1. Estudos com soja perene

Quagliato e Jones, citados por QUAGLIATO (1966), cultivaram a soja perene em solo de Nova Odessa, com pH inicial de 4,5. Em presença de calagem e como média de três cortes, verificaram reduções na produção de matéria seca da leguminosa, da ordem de 23% para a omissão de boro e de 6% na ausência de cobre ou molibdênio no tratamento completo. A omissão de zinco não proporcionou variação na produção da planta.

Trabalhando com solos de Pirassununga e de Nova Odessa, QUAGLIATO e NUTI (1969) testaram a aplicação, respectivamente, de boro + zinco e de boro + molibdênio, em presença de níveis de calagem. Verificaram, para o Regosol de Pirassununga que as maiores produções de matéria seca e número de nódulos na soja perene ocorreram com a aplicação de 1,4 toneladas de calcário por hectare (pH em torno de 5,7) e na presença dos dois micronutrientes. No solo de Nova Odessa, a presença de boro e molibdênio se fez sentir no aumento da produção de matéria seca, especialmente quando se passou de pH 5,2-5,3 para 5,7-5,9. Sem esses dois micronutrientes, essa elevação do pH pela calagem não resultou em maior produção da leguminosa, enquanto sensível aumento nessa variável foi constatado em presença de boro e molibdênio juntos.

Os efeitos de boro, molibdênio e zinco em soja perene Tinaroo cultivada num Latosol Vermelho Escuro - fase cerrado, foram estudados por FRANÇA et alii (1973). Esses micronutrientes foram empregados em solo sem calagem (pH=4,3) e

com calagem (pH=5,7). Em pH mais baixo, a adição de molibdênio resultou em sensíveis aumentos na porcentagem de nitrogênio total na planta. Em pH mais elevado, foram boro e zinco que proporcionaram os acréscimos na produção de matéria seca, no nitrogênio total e no peso dos nódulos. A aplicação do boro, em presença da calagem, reduziu o teor de nitrogênio na planta. O molibdênio em presença da calagem e o boro e zinco em ausência de calagem, não mostraram efeitos significativos nas variáveis citadas, o que bem ilustra a mudança na disponibilidade desses micronutrientes em função do pH do meio , conforme proposto por LINDSAY (1972) e ASHER (1979).

WERNER e MATTOS (1974) cultivaram a soja perene comum em um Latosol Vermelho Escuro-orto, testando os micronutrientes boro, cobre, molibdênio e zinco, num pH final de 6,0. Verificaram que o molibdênio foi o que apresentou os efeitos mais marcantes, tendo influenciado significativamente em aumentos da produção de matéria seca, da porcentagem de nitrogênio, do nitrogênio total e da massa nodular da leguminosa. A aplicação de boro resultou em aumentos significativos na produção de matéria seca e no número e peso de nódulos, mostrando porém tendência em reduzir o teor de nitrogênio na planta. O cobre provocou aumentos significativos no peso de nódulos e mostrou interação positiva com o molibdênio no aumento da porcentagem de nitrogênio nas raízes. O emprego do zinco não influenciou significativamente em qualquer das variáveis abordadas. Relatam ainda que a aplicação

conjunta dos quatro micronutrientes resultou em efeitos negativos e significativos para a produção de matéria seca, teores de nitrogênio e para o nitrogênio total das raízes da planta.

2.2.2.2. Estudos com centrosema.

ANDREW e THORNE (1962) testaram as respostas de leguminosas temperadas e tropicais (entre as quais estava a centrosema) ao emprego de níveis de cobre. A aplicação de seis níveis de cobre (0 a 8 quilos de sulfato de cobre por hectare) a um solo com pH inicial de 5,5 e recebendo 625 quilos de carbonato de cálcio por hectare, resultou em expressivos aumentos na produção de matéria seca e no teor desse micronutriente na parte aérea da centrosema. O tratamento que não recebeu cobre mostrou uma produção de matéria seca de 45% da máxima alcançada no ensaio. Em outro experimento, com solução nutritiva, também ocorreram expressivas elevações na produção de matéria seca e na concentração de cobre na parte aérea da planta. Nesse segundo ensaio, as plantas crescidas na solução que não recebeu cobre, tiveram produção de 17% da máxima alcançada.

Trabalhando com solos de origem basáltica do Queensland (Austrália), TEITZEL e BRUCE (1972) realizaram uma série de experimentos com leguminosas forrageiras, nos quais testaram a deficiência geral de nutrientes. Em um dos experimentos, cultivaram a centrosema em solo com pH=6,0 e verificaram que o molibdênio contribuiu para aumentos na produção de

matéria seca e no teor de nitrogênio da planta, quer em presença ou em ausência de calagem. Acrescentam ainda que em amostragens realizadas em pastagens cultivadas próximo aos seus experimentos, puderam constatar aumento de 27% na porcentagem de nitrogênio da centrosema, bem como maior lotação da pastagem, devidos ao acréscimo do molibdênio ao superfosfato na adubação da pastagem consorciada.

A adição de boro, cobre, molibdênio e zinco juntos a uma adubação completa para centrosema cultivada num Latosol Vermelho Escuro-orto, foi estudada por WERNER e MATTOS (1972). O pH do solo estava em torno de 5,8 a 5,9. Verificaram que a adição conjunta dos quatro micronutrientes resultou em decréscimos na produção de matéria seca, no número e peso de nódulos, no nitrogênio total da planta, bem como nos teores de cobre e zinco na leguminosa. Posteriormente, WERNER e MATTOS (1975) trabalharam com a centrosema cultivada em solo coletado no mesmo local que o ensaio anterior, testando os quatro micronutrientes num esquema fatorial. O pH do solo ao final do ensaio estava em 6,03 e puderam constatar que o molibdênio provocou aumentos significativos na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total na planta. O boro produziu aumento significativo no número de nódulos enquanto o cobre e o zinco isoladamente não provocaram efeitos significativos nas variáveis estudadas. O cobre e o molibdênio mostraram interação significativa e positiva na produção de matéria seca e de nitrogênio total na leguminosa,ao passo que as interações tri

plice de boro, cobre e zinco ou a quádrupla (boro, cobre, molibdênio e zinco) foram significativas e negativas para o nitrogênio total na centrosema. Ainda, aquela interação tríplice foi prejudicial à concentração de nitrogênio na planta.

O emprego conjunto de molibdênio e cobre em parcelas consorciadas de centrosema com capim gordura, no mesmo local de onde foi retirado o solo para os ensaios de vasos de WERNER e MATTOS (1972) e WERNER e MATTOS (1975) é relatado por WERNER (1975). Estando o solo com um pH=5,3, o autor mostra aumentos da ordem de 86; 108 e 139% na produção de matéria seca da centrosema, nos três primeiros cortes do experimento, mediante a aplicação dos micronutrientes, Também, por ocasião do terceiro corte a centrosema tinha sua porcentagem sobre a produção total da parcela, mais que duplicada, quando em presença desses dois elementos.

SOARES e VARGAS (1974) cultivaram a centrosema em três latosolos, em presença de calagem, e verificaram que o boro induziu significativos aumentos na produção de matéria seca e de proteína dessa leguminosa no Latosol Vermelho Escuro. A adição conjunta de quatro micronutrientes (cobre, manganês, molibdênio e zinco) teve efeito benéfico na produção de matéria seca e na eficiência de fixação de nitrogênio e os autores atribuem esses benefícios à adição de molibdênio.

Os efeitos da aplicação de quatro micronutrientes num esquema fatorial, a um solo Podzolizado de Lins e Marília coletado em Andradina, SP e cultivado com a centrosema,

foram estudados por MONTEIRO et alii (1975). Verificaram efeitos significativos desses elementos somente no segundo corte do experimento, quando o molibdênio influenciou em aumentos na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total na planta. O cobre resultou em variação positiva no teor de nitrogênio na leguminosa, enquanto o boro e o zinco não mostraram efeitos nas variáveis abordadas.

Em outro solo Podzolizado de Lins e Marília, coletado em São José do Rio Preto, SP, WERNER et alii (1975[b]) realizaram um ensaio fatorial com boro, cobre, molibdênio e zinco em centrosema. Puderam constatar os efeitos desses nutrientes no segundo corte do experimento, verificando influencia significativas e positivas do molibdênio na porcentagem de nitrogênio e do molibdênio e do zinco no nitrogênio total na leguminosa. Efeitos significativos e negativos no teor de nitrogênio na centrosema foram obtidos com o emprego do boro.

DE-POLLI et alii (1976) realizaram a aplicação de micronutrientes num solo Podzólico Vermelho Amarelo com pH 5,5 e cultivado com centrosema. Puderam constatar que o molibdênio influenciou aumentos significativos na produção de matéria seca, na porcentagem de nitrogênio e no nitrogênio total na planta, mas resultou em decréscimo significativo no número e peso de nódulos totais na leguminosa. O zinco favoreceu aumentos na produção de matéria seca e no nitrogênio total, enquanto o boro proporcionou elevação significativa no nitrogênio total da centrosema. A aplicação de cobre não resultou em

variação significativa quer no crescimento, quer na nodulação da centrosema.

A aplicação de micronutrientes na forma de FTE-Br 15 (contém somente boro, cobre, molibdênio e zinco) em um solo Podzólico Vermelho Amarelo destinado ao desenvolvimento da centrosema, foi efetuada por NERY et alii (1976). Com aplicação normal da formulação, no solo (40kg/ha) os efeitos foram muito insignificantes na centrosema, enquanto pesada adubação (200kg FTE-Br 15/ha) provocou aumentos em torno de 25% na produção de matéria seca, no número e peso de nódulos totais e de cerca de 10% no nitrogênio total dessa leguminosa.

2.2.2.3. Estudos com siratro.

TRUONG et alii (1967) cultivaram o siratro num solo arenoso de pH=6,2, no qual testaram os efeitos da presença ou não de boro, de cobre, de molibdênio e de zinco, isoladamente. Puderam verificar que a ausência de molibdênio ou a presença de zinco resultou em decréscimo significativo na produção de matéria seca dessa leguminosa.

TEITZEL (1969) realizou experimento de campo - na região costeira de Queensland (Austrália), efetuando entre outras, a aplicação de cobre em parcelas de siratro. Pode o autor verificar uma clara resposta (em produção de matéria seca) do siratro à cobre, na presença de adubo fosfatado. Nenhum outro nutriente por si, teve efeito no crescimento da planta, mas quando cobre era aplicado, havia uma resposta adicional ao potássio. O emprego de cobre aumentou ligeiramente

a porcentagem de nitrogênio e sensivelmente o nitrogênio total na leguminosa.

Dentro de uma série de experimentos com solos australianos de origem granítica, TEITZEL e BRUCE (1971) testaram o siratro em dois desses solos. Verificaram que depois do fósforo, o cobre era o elemento mais limitante para a produção dessa leguminosa.

Trabalhando com siratro num Latosol Vermelho Escuro-orto, MATTOS (1972) testou a aplicação de molibdênio e a conjunta de boro, cobre e zinco, em presença de cinco níveis de calagem. Constatou que o molibdênio teve efeitos benéficos na produção de matéria seca e no número e peso de nódulos, mas foi prejudicial à absorção de cobre pela planta. A utilização de boro, cobre e zinco em conjunto proporcionou incrementos no desenvolvimento da raiz, no número e peso de nódulos e nos teores de boro e zinco na planta. O efeito desses três micronutrientes se fez sentir no crescimento da raiz, especialmente com a elevação da calagem. O emprego dos quatro micronutrientes juntos resultou em decréscimos na produção de matéria seca (parte aérea e raiz) mas incrementou o número e o peso de nódulos do siratro.

TEITZEL e BRUCE (1973) realizaram outra série de experimentos com solos australianos derivados de areia de praia, entre os quais cultivaram o siratro em dois ensaios. Puderam constatar efeitos significativos tanto para o boro, como para o cobre e para o molibdênio, na produção de matéria

seca dessa leguminosa.

2.2.2.4. Estudos com galactia

MATTOS e WERNER (1972) estudaram os efeitos da aplicação de boro e molibdênio em um solo Podzólico Vermelho Amarelo - variação Laras, no qual cultivaram a galactia. O molibdênio não provocou variação na produção de matéria seca da leguminosa, enquanto na ausência de boro essa variável tendeu a aumentá-la, fazendo com que os autores levantassem a suspeita de possível toxidez de boro na galactia.

Em trabalho relatado em EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (1979) e conduzido num Latosol Roxo de cerrado, com galactia, constatou-se que a omissão de boro resultou em sensíveis decréscimos da produção de matéria seca, do número e do peso de nódulos dessa leguminosa.

MONTEIRO et alii (dados não publicados) trabalharam com uma Areia Quartzosa coletada no cerrado de Brotas, SP e constataram que o molibdênio foi um dos três fatores nutricionais mais limitantes ao desenvolvimento da galactia.

2.2.2.5. Estudos com mais de uma leguminosa

Trabalhando com um Latosol Vermelho de cerrado, em presença de calagem (pH=6,0), FRANÇA e CARVALHO (1970) aplicaram os micronutrientes em conjunto para o cultivo da soja perene comum, soja perene Tinaroo, centrosema e siratro. Constataram que a presença conjunta de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco aumentaram sensivelmente a produção de matê-

ria seca, o peso de nódulos e o nitrogênio total nas quatro leguminosas mencionadas. Já, CARVALHO et alii (1971), estudando a aplicação dos mesmos micronutrientes num Latosol Vermelho Escuro-fase mata, de cerrado, cultivado com as quatro leguminosas citadas, não verificaram qualquer efeito desses nutrientes nas variáveis estudadas. Também, nesse solo o emprego dos micronutrientes ocorreu em tratamento com calagem (pH final de 5,8).

A omissão de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco em conjunto resultou em decréscimos significativos na produção de matéria seca e de nitrogênio total e em acréscimos no teor de nitrogênio na soja perene e na centrosema cultivadas por JONES et alii (1970), num Latosol Vermelho de cerrado (em presença de calagem que elevou o pH a 7,6). Esses mesmos autores constataram que a soja perene teve sua produção significativamente diminuída na ausência de zinco num Latosol Vermelho Amarelo (pH final de 6,3) e na ausência de boro ou de zinco num Regosol (pH final de 6,1). Todavia, a presença de cobre deprimiu significativamente a produção de matéria seca da soja perene, da centrosema e do siratro cultivadas no Regosol. A soja perene não teve seu desenvolvimento alterado pela omissão individual de boro, cobre, molibdênio ou zinco aplicados num Latosol Vermelho de cerrado (pH final de 6,0).

TRUONG et alii (1971) aplicaram três níveis de molibdênio (0,25; 0,50 e 3,00 ppm) em uma solução nutritiva contendo excesso de manganês, onde cresciam soja perene, cen-

trosema e siratro. Verificaram que a produção de matéria seca dessas três leguminosas não variaram significativamente com as doses adicionadas do micronutriente.

A soja perene e o siratro foram cultivados por EIRA et alii (1972) num solo Podzólico Vermelho Amarelo, onde testaram o emprego de boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco em conjunto, em presença de calagem para elevar o pH a 6,5. Constataram que a aplicação desses micronutrientes contribuiu para aumentos expressivos na produção de matéria seca, de nitrogênio total e no peso e tamanho dos nódulos dessas leguminosas.

TRIGOSO e FASSBENDER (1973) aplicaram cinco níveis de boro e cinco de molibdênio em soja perene, centrosema e siratro cultivados num Ultisol da Costa Rica. Verificaram que o boro e o molibdênio não tiveram efeitos significativos na produção de matéria seca e na massa nodular das três leguminosas. Todavia, para a soja perene o molibdênio mostrou efeito positivo no nitrogênio fixado nos nódulos e no nitrogênio total na planta. Para soja perene e siratro, a presença de boro teve efeito benéfico no nitrogênio fixado nos nódulos, especialmente para a mais alta dose empregada (1,2 ppm de boro).

Andrew, citado por FRANCO (1978), mostra o efeito positivo da aplicação de zinco na nodulação de soja perene e siratro cultivados em solução nutritiva.

MIRANDA (1979) testou, entre outros tratamen -

tos, a omissão conjunta dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco em dois solos (Podzólico Vermelho Amarelo e Areia Quartzosa Distrófica), em presença de calagem (pH de 6,3 e 5,9, respectivamente). No solo Podzólico, verificou significativas diminuições na produção de matéria - seca e nos teores de boro, cobre e zinco na soja perene e na galactia, mediante a omissão dos micronutrientes. Nesse mesmo solo a ausência dos micronutrientes resultou em decréscimo nos teores de boro e zinco do siratro. No solo Areia Quartzosa a omissão dos micronutrientes proporcionou decréscimos na produção de matéria seca e nos teores de boro das três espécies ; diminuição nos teores de cobre da galactia e do siratro e no teor de zinco da soja perene.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local

O experimento foi conduzido em vasos, em casa-de-vegetação localizada na Estação Experimental Central do Instituto de Zootecnia, em Nova Odessa, Estado de São Paulo.

3.2. Espécies

Foram estudadas quatro espécies de leguminosas forrageiras tropicais, a saber:

- *Glycine wightii* (R. Grah. ex Wight & Arn.) Verdc. var. Tinaroo - soja perene Tinaroo
- *Centrosema pubescens* Benth. - centrosema
- *Macroptilium atropurpureum* D.C. cv. Siratro - siratro.

. *Galactia striata* (Jacq.) Urb. - galactia.

3.3. Solo

O solo envolvido no experimento é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo - variação Laras, Álico*. Foi coletado a uma profundidade de 0-30 centímetros, secado à sombra e passado em peneira com abertura de 3 milímetros.

Uma amostra do solo preparado foi analisada quimicamente e os resultados revelaram: matéria orgânica = 2,1%, pH = 4,8; Al^{+++} = 0,8; H^{+} = 2,95; Ca^{++} = 0,3; Mg^{++} = 0,1 ; K^{+} = 0,07 e PO_4^{---} = 0,02 equivalentes miligrama por cem mililitros de terra fina seca ao ar.

3.4. Preparação dos vasos e calagem

Empregou-se vasos de cerâmica com as paredes internas pintadas com tinta impermeabilizante e revestidos internamente com sacos plásticos. Em cada vaso colocou-se cinco quilos de terra.

A calagem foi efetuada em 06.02.75. A dose mais elevada de calcário foi determinada por incubação do solo com os óxidos de cálcio e de magnésio, em proporção semelhante a do calcário dolomítico a ser utilizado e teve por meta elevar o pH a 6,5. O ponto de partida para calagem foi o nível zero de calcário. Como a calagem para neutralizar o alumínio trocá

---

* Comunicação pessoal do Engº Agrº J.B. Oliveira - Seção de Pedologia - Instituto Agronômico - Campinas, SP.

vel (1,5 x 0,8 e.mg Al^{+++}) e para elevar o cálcio e o magnésio a 2,0 (2,0 - 0,3 e.mg Ca^{++} - 0,1 e.mg Mg^{++}) resultariam em níveis que estavam dentro dos valores mínimo e máximo definidos para calagem, optou-se por espaçar igualmente as doses de calcário.

Dessa forma, o calcário dolomítico aplicado nos vasos obedeceu às doses de 0; 0,83; 1,66 e 2,49 toneladas do corretivo por hectare, o que correspondeu à 0; 1,66 ; 3,32 e 4,98 gramas do material por vaso.

O calcário utilizado procedia de Votorantin-SP , e sua análise química revelou conteúdo de 29,09% de CaO, de 11,84% de MgO e de 17,90% de sílica e materiais insolúveis.

Após a mistura de calcário dolomítico, aplicou-se água destilada e deionizada até próximo a capacidade de campo do solo e deixou-se reagindo em repouso até o plantio.

3.5. Plantio, adubação, irrigação e desbastes

Em 19.03.75 procedeu-se ao plantio das forrageiras nos vasos, em sulcos com 1 a 2 centímetros de profundidade e colocando-se 40 sementes de soja perene var. Tinaroo, 30 de centrosema, 50 de siratro e 25 de galactia, nos vasos respectivos. As sementes da soja perene e do siratro, por apresentarem relativamente baixa porcentagem de germinação, foram escarificadas mecanicamente, antes da semeadura.

Os nutrientes fósforo, potássio e enxofre foram aplicados como adubação básica e nas dosagens de 100kg P_2O_5/ha, 90kg K_2O/ha e 31kg S/ha. Os sais fornecedores desses nutrien-

tes foram $NaH_2PO_4 \cdot H_2O$ (389 mg/vaso) e K_2SO_4 (333 mg/vaso) e uma solução contendo os dois sais foi colocada no vaso após o plantio.

Os micronutrientes boro, cobre e zinco, quando aplicados, o foram em conjunto e nas dosagens respectivas de 0,5; 2,0 e 2,0kg/ha. O fornecimento desses nutrientes foi processado através de H_3BO_3 (5,64 mg/vaso), $CuSO_4.5H_2O$ (15,75 mg/vaso) e quelato de Zn (28,57 mg/vaso).

A adição de molibdênio nos tratamentos em que coube, foi executada à base de 0,25kg/ha e na forma de $Na_2MoO_4.2H_2O$ (1,26 mg/vaso).

A partir da aplicação das soluções e durante todo o período de cultivo das leguminosas, os vasos foram irrigados duas vezes por dia, com água destilada e deionizada.

Após a germinação das plantas, procedeu-se a desbastes periódicos até que, em 15 e 16.04.75 realizou-se um desbaste final em todos os vasos, deixando-se cinco plantas em cada vaso.

3.6. Delineamento experimental

Empregou-se o delineamento de blocos ao acaso, com dezesseis tratamentos e três repetições para cada uma das espécies em separado.

Os níveis de calagem correspondentes a 0; 0,83; 1,66 e 2,49 toneladas de calcário por hectare serão designados simplesmente sob a forma respectiva de calagem 0; 1; 2 e 3.

Os tratamentos empregados, foram os seguintes:

1. Calagem 0 - sem micronutrientes
2. Calagem 0 + Mo
3. Calagem 0 + (B + Cu + Zn)
4. Calagem 0 + (Mo + B + Cu + Zn)
5. Calagem 1 - sem micronutrientes
6. Calagem 1 + Mo
7. Calagem 1 + (B + Cu + Zn)
8. Calagem 1 + (Mo + B + Cu + Zn)
9. Calagem 2 - sem micronutrientes
10. Calagem 2 + Mo
11. Calagem 2 + (B + Cu + Zn)
12. Calagem 2 + (Mo + B + Cu + Zn)
13. Calagem 3 - sem micronutrientes
14. Calagem 3 + Mo
15. Calagem 3 + (B + Cu + Zn)
16. Calagem 3 + (Mo + B + Cu + Zn)

3.7. Colheitas

A centrosema e o siratro sofreram um único corte no experimento, enquanto a soja perene e a galactia foram submetidas a dois cortes.

Em 12.05.75, cerca de 54 dias após o plantio, procedeu-se ao corte único do siratro e ao primeiro corte da soja perene e da galactia.

O único corte da centrosema foi realizado em

02.06.75, ou seja 75 dias após a semeadura.

O segundo e último corte da soja perene e da galactia foi executado, respectivamente, em 23.06.75 (cerca de 42 dias após o primeiro corte) e em 30.06.75 (49 dias após o primeiro corte).

Depois do corte final de cada espécie, as raízes eram separadas do solo através de jatos de água corrente. A seguir, procedeu-se à retirada dos nódulos para, inicialmente, serem contados. Uma vez feito isso, as raízes foram lavadas com água destilada e deionizada.

Todo o material colhido (parte aérea, raízes e nódulos) sofreu secagem a 65°C em estufa de circulação forçada de ar, durante 48 horas.

Estando secas, a parte aérea, as raízes e os nódulos foram pesados separadamente.

O material da parte aérea e das raízes de cada vaso foi moído em separado em moinho tipo Whiley e acondicionado em frascos de vidro fechados com tampa plástica.

3.8. Amostragens de solo

Um dia antes do plantio das leguminosas (em 18.03.75) procedeu-se a uma amostragem de solos, retirando-se, com uma espátula de aço inox, pequenas porções de solo em cada vaso, de acordo com os níveis de calagem utilizados. Dessa forma, coletou-se quatro amostras (calagem 0; 1; 2 e 3) para cada leguminosa.

Por ocasião do corte final de cada espécie, após retirada a parte aérea da planta e antes da lavagem das raízes uma nova amostragem de solo foi realizada. Com uma espátula de aço inox, retirou-se as amostras, tratamento por tratamento, mas unindo-se as três repetições de cada ensaio numa só amostra composta. Assim, foram coletadas dezesseis amostras para cada uma das espécies forrageiras.

3.9. Análises químicas das plantas

Em todo material proveniente da parte aérea das leguminosas procedeu-se à determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco. Nas raízes moídas fez-se a determinação dos teores de nitrogênio.

O nitrogênio foi determinado pelo método semi-micro Kjeldahl, usando óxido de mercúrio como catalisador (LOTT et alii, 1956).

Na determinação do boro empregou-se o método da curcumina, com leituras no colorímetro fotoelétrico Klett-Summerson (SARRUGE e HAAG, 1974).

A extração nítrico-perclórica foi utilizada como ponto de partida para as demais determinações (SARRUGE e HAAG, 1974).

O fósforo foi determinado pelo método do vanado-molibdato de amônio, com leituras no colorímetro fotoelétrico Klett-Summerson (SARRUGE e HAAG, 1974).

Para a determinação do cálcio fez-se uma dilui-

ção inicial da alíquota do extrato com óxido de lantânio e procedeu-se à leitura em espectrofotômetro de absorção atômica - Perkin-Elmer, modelo 306 (PERKIN-ELMER, 1976).

As demais leituras de magnésio, potássio, cobre, ferro, manganês e zinco, foram executadas em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin-Elmer, modelo 306 (PERKIN-ELMER , 1976).

3.10. Análises químicas de solos

Em todas as amostras coletadas foram determinados pH; alumínio, cálcio, magnésio e potássio trocáveis e fósforo solúvel (CATANI e JACINTHO, 1974).

O pH foi obtido por leitura em potenciômetro, de uma suspensão aquosa, na relação 1:2,5.

Para a determinação de alumínio, de cálcio e de magnésio trocáveis empregou-se a extração com cloreto de potássio. Para o alumínio, fez-se a titulação final com solução de hidróxido de sódio, enquanto o cálcio e o magnésio foram lidos no espectrofotômetro de absorção atômica, Perkin-Elmer, modelo 303.

Determinou-se o potássio trocável por fotometria de chama, após extração com ácido sulfúrico.

A extração do fósforo solúvel foi executada por ácido sulfúrico, com a sequente adição de reativo sulfo-bismuto-molíbdico e ácido ascórbico para posterior leitura em colorímetro fotoelétrico Klett-Summerson.

A determinação da matéria orgânica foi realizada

via carbono, por colorimetria, após oxidação do material com dicromato de potássio*.

Na primeira série de amostras de solo (dezesseis amostras antes do plantio) e nas amostras colhidas nos vasos cultivados com centrosema, procedeu-se à determinação também de hidrogênio mais alumínio trocáveis. Uma vez que se determinou o alumínio trocável, por diferença calculou-se o hidrogênio trocável.

Fez-se a determinação do hidrogênio mais alumínio trocáveis por extração com acetato de cálcio pH 7,0 e titulação com hidróxido de sódio (CATANI e JACINTHO, 1974).

3.11. Análises estatísticas

A análise estatística de todos os dados obtidos baseou-se em PIMENTEL GOMES (1970) e foi processada em computador eletrônico IBM, modelo 1130.

Os dados obtidos para número e peso de nódulos foram transformados em raiz quadrada antes de serem analisados estatisticamente.

Na análise de variância dos dados obtidos para as plantas cuidou-se de decompor os três graus de liberdade dos níveis de calagem enquanto o efeito dos tratamentos de micronutrientes foi analisado dentro de cada nível de calagem.

O teste F foi usado para se determinar as signifi

---

* Comunicação pessoal do Engº Agrº J.A. QUAGGIO - Seção de Fertilidade do solo - Instituto Agronômico - Campinas, SP.

cãncias dos tratamentos e para o caso da calagem, as regres - sões significativas tiveram suas equações calculadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos químicos da calagem no solo

Os dados obtidos nas análises químicas das amostras de solo e coletadas nos vasos, um dia antes do plantio das leguminosas, são apresentados na Tabela 1. A Figura 1 ilustra as variações ocorridas no pH, Al^{3+} trocável e (Ca^{2+} + Mg^{2+}) trocáveis, na porcentagem de saturação de bases, na porcentagem de saturação de alumínio, em função de níveis de calagem aplicados.

Pode-se verificar (Tabela 1) que a aplicação do calcário dolomítico ao solo resultou em elevações do pH, do cálcio e do magnésio trocáveis, da soma de bases permutáveis (S), da capacidade de troca de cátions (T), bem como da porcentagem de saturação de bases (V). Paralelamente, a calagem

proporcionou reduções no alumínio e hidrogênio trocáveis e na porcentagem de saturação de alumínio (m). Variações desse tipo são amplamente mencionadas na literatura, como por BUCKMAN e BRADY (1968), KAMPRATH (1972), TISDALE e NELSON (1975), CAMARGO e VAN RAIJ (1976) e MALAVOLTA (1976).

Tabela 1. Resultados das análises químicas do solo, em amostras tomadas 40 dias após a calagem e um dia antes do plantio das leguminosas. Médias de quatro repetições.

Nível de calagem	M.O. %	pH	equivalentes-miligrama por 100ml T.F.S.A.								V[a] %	m[b] %
			Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	PO_4^{3-}	H^{+}	S	T		
0	2,1	4,7	0,80	0,30	0,10	0,07	0,03	2,62	0,47	3,89	12,1	63,0
1	2,1	5,1	0,40	0,62	0,30	0,07	0,03	2,60	0,99	3,99	24,8	28,8
2	2,1	5,4	0,20	0,90	0,45	0,07	0,03	2,48	1,42	4,10	34,6	12,3
3	2,1	5,6	0,08	1,18	0,60	0,07	0,03	2,20	1,85	4,13	44,8	4,1

a. Calculado através da fórmula 100.S/T

b. Calculado através da fórmula 100.Al/(S+Al)

Por esses dados, constata-se que o pH do solo atingiu um valor máximo de 5,6, quando se aplicou o calcário para elevar o pH a 6,5. Acredita-se que tal fato tenha ocorrido devido a problemas na solubilidade total do corretivo empregado.

Também, pelos dados da Tabela 1, pode-se observar que o alumínio trocável do solo tornou-se praticamente nulo quando o pH atingiu 5,6 e a porcentagem de saturação de bases era de 44,8%.

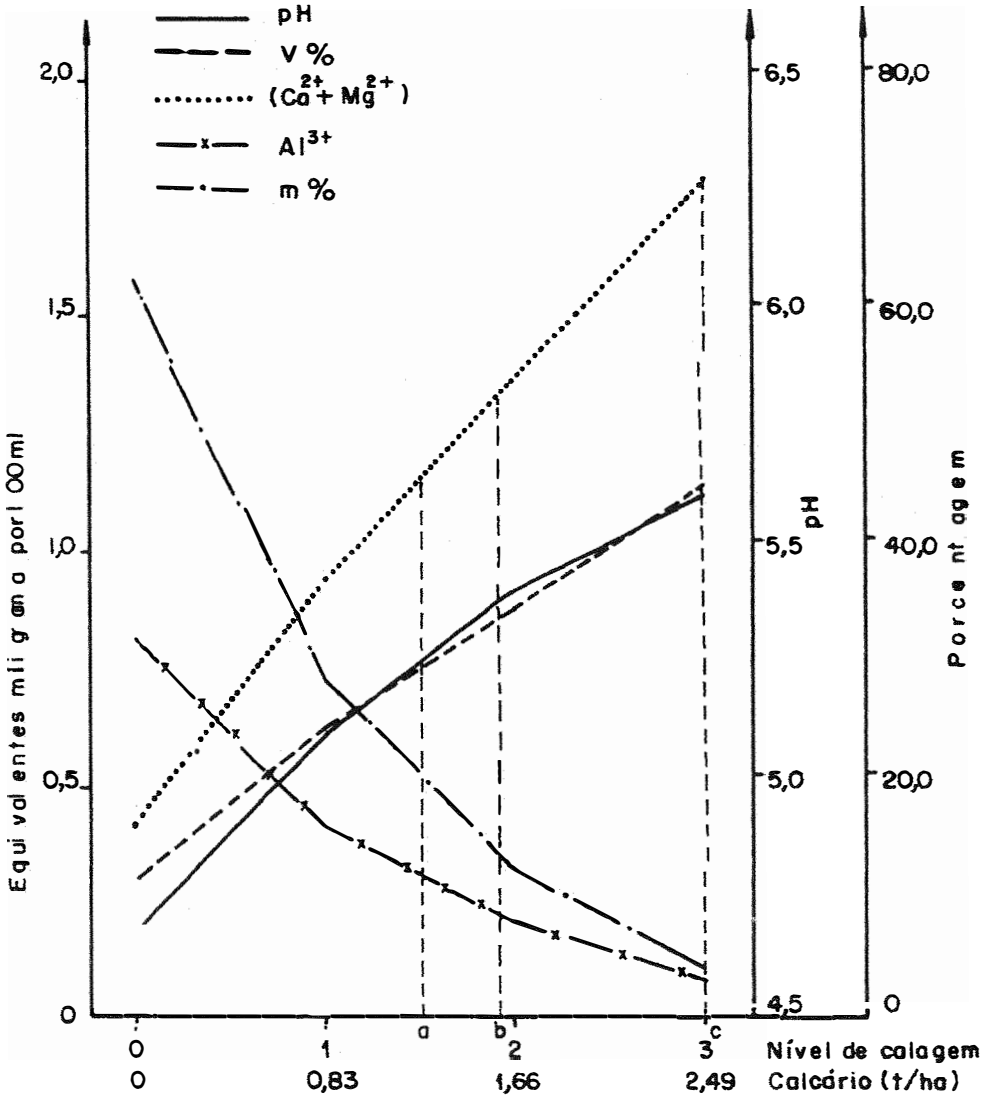

Fig. 1. Variação obtida no pH, Al^{3+}, (Ca^{2+} + Mg^{2+}), V% e m% do solo, mediante os níveis de calagem.
a, b e c - calagem para neutralizar o Al^{3+} trocável (Al x 1,5), para elevar o (Ca^{2+} + Mg^{2+}) a 2,0 para elevar o pH a 6,5, respectivamente.

KAMPRATH (1972) realça a importância da porcentagem de saturação de alumínio no solo, enquanto SOARES (1979)

destaca que esse valor tem-se relacionado melhor com o crescimento das plantas do que apenas o teor de alumínio trocável. Neste sentido, pode-se constatar na Tabela 1 que, com o emprego dos níveis de calagem, a porcentagem de saturação em alumínio no solo, mostrou valores de 63,0; 28,8; 12,3 e 4,1%.

Da Figura 1 pode-se inferir que uma calagem realizada nesse solo, objetivando neutralizar o alumínio trocável (teor de alumínio trocável no solo multiplicado pelo fator 1,5) resultaria, à época dessa amostragem, em pH=5,2, Al^{3+} trocável = 0,31, (Ca^{2+} + Mg^{2+}) trocáveis de 1,11 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo, V = 29,6% e m = 21,4%. Dessa mesma forma, pode-se admitir que uma calagem para elevar os teores de cálcio mais magnésio trocáveis ao valor 2,0, resultaria em pH = 5,4, Al^{3+} trocável = 0,21, (Ca^{2+} + Mg^{2+}) trocáveis de 1,32 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo, V = 34,8% e m = 13,6%.Ressalte-se, que a calagem para elevar o pH a 6,5 proporcionou valores de 5,6; 0,08; 1,78; 44,8% e 4,1% para essas cinco variáveis, respectivamente.

Na Tabela 2 estão os dados coletados nas análises químicas das amostras de solo, retiradas no dia da colheita final de cada espécie de leguminosa forrageira estudada.

Além da comprovação daqueles efeitos gerais da calagem já mencionados, pode-se notar na Tabela 2, que há ligeiras variações entre os dados obtidos para as diferentes espécies cultivadas. Cabe aqui ressaltar que as amostras de solo foram coletadas em épocas diferentes, portanto propiciando di-

Tabela 2. Resultados das análises químicas do solo, em amostras tomadas no dia da colheita final[a] de cada leguminosa forrageira cultivada. Médias de quatro repetições.

Espécie	Nível de calagem	M.O. %	pH	equivalentes-miligrama por 100ml T.F.S.A.								V[b] %	M[c] %
				Al^{3+}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	PO_4^{3-}	H^{+}	S	T		
Siratro	0	2,1	5,2	0,62	0,12	0,02	0,11	0,07	-	0,25	-	-	71,3
	1	2,1	5,4	0,32	0,50	0,20	0,12	0,07	-	0,82	-	-	28,1
	2	2,1	5,7	0,10	0,65	0,30	0,12	0,07	-	1,07	-	-	8,5
	3	2,1	5,9	0,05	0,95	0,40	0,06	0,07	-	1,41	-	-	3,4
Centrosema	0	2,1	5,0	0,78	0,20	0,00	0,11	0,08	2,94	0,31	4,03	7,7	71,6
	1	2,0	5,2	0,48	0,48	0,20	0,11	0,08	2,92	0,79	4,19	18,6	37,8
	2	2,0	5,5	0,20	0,62	0,32	0,09	0,08	2,72	1,03	3,95	26,1	16,3
	3	2,2	5,7	0,02	0,72	0,40	0,09	0,08	2,65	1,21	3,88	31,2	1,6
Soja perene	0	2,2	5,1	0,80	0,30	0,10	0,09	0,07	-	0,49	-	-	62,0
	1	2,2	5,4	0,45	0,60	0,20	0,07	0,07	-	0,87	-	-	34,1
	2	2,2	5,6	0,15	0,90	0,40	0,07	0,07	-	1,37	-	-	9,9
	3	2,2	5,9	0,00	1,15	0,52	0,07	0,07	-	1,74	-	-	0,0
Galactia	0	2,2	4,9	0,80	0,30	0,10	0,08	0,06	-	0,48	-	-	62,5
	1	2,2	5,3	0,50	0,58	0,25	0,08	0,06	-	0,91	-	-	35,5
	2	2,1	5,6	0,22	0,88	0,42	0,08	0,06	-	1,38	-	-	13,8
	3	2,2	5,8	0,00	1,15	0,58	0,08	0,06	-	1,81	-	-	0,0

a. Amostras retiradas cerca de 95, 116, 137 e 144 dias após a calagem, respectivamente para siratro, centrosema, soja perene e galactia.

b. Calculado através da fórmula 100.S/T

c. Calculado através da fórmula 100.Al/(S+Al)

ferentes períodos de reação do calcário no solo e de cultivo das plantas.

Também se pode verificar (Tabela 2) que o nível 1 de calagem (0,83 toneladas de calcário por hectare) reduzia o teor de alumínio trocável para valores abaixo ou, no máximo, igual a 0,50 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo, que é apontado por WERNER (1977), como o valor crítico no solo com pastagem formada com a maioria das espécies forrageiras tropicais.

O nível máximo de calagem empregada (2,49 toneladas de calcário por hectare) é que praticamente anulou o alumínio trocável no solo (Tabela 2) e elevou a soma do cálcio e do magnésio trocáveis a valores próximos de 1,5 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo. Esses valores, embora sendo baixos, estão acima do valor crítico para solo com pastagem (de 1,0 equivalente miligrama por 100 mililitros de solo) apontado por WERNER (1977).

4.2. Efeitos da calagem nas leguminosas

Embora todos os dados obtidos tenham sido analisados conjuntamente (calagem e micronutrientes) optou-se por apresentar em primeiro lugar aqueles relativos ao efeito geral da calagem e em seguida os dados referentes ao efeito dos micronutrientes dentro de cada nível de calagem.

4.2.1. Soja perene var. Tinaroo

Os dados obtidos para a produção de matéria se-

ca, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes na soja perene Tinaroo, em função dos quatro níveis de calagem aplicados, são apresentados nas Tabelas de 3 a 6. As equações para as regressões significativas são mostradas nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 3. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na parte aérea do 1º corte da soja perene (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	M.S. g/vaso	N %	N total (mg/vaso)
0	1,83	3,75	67
1	4,26	1,79	76
2	5,03	1,74	88
3	5,80	1,75	101
Reg.linear	**	**	**
Reg.quadr.	**	**	ns
Reg.cúbica	*	**	ns

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo

Tabela 4. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação no 2º corte da soja perene (42 dias após o 1º corte), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)			N %		N total (mg/vaso)			Nodulação[b]	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	parte aérea	raízes	planta inteira	nº/ vaso	mg/ vaso
0	1,79	2,21	4,00	1,89	1,84	33	40	73	5,19	8,33
1	3,76	3,34	7,10	2,28	1,88	86	63	149	10,69	18,15
2	5,70	3,70	9,40	2,27	1,94	131	72	203	13,78	19,81
3	6,48	3,53	10,01	2,35	1,96	151	70	221	15,52	21,30
Reg.linear	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
Reg.quadr.	**	**	**	ns	ns	**	**	**	**	**
Reg.cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.
ns = não significativo
b. dados originais transformados em raiz quadrada.

As produções de matéria seca da parte aérea verificadas no primeiro e segundo cortes (Tabelas 3 e 4) bem como das raízes e planta inteira no segundo corte (Tabela 4) foram significativamente aumentadas pela calagem (Tabelas 7 e 8), o que está concordando plenamente com a grande maioria dos estudos envolvendo essa espécie. Em termos de produção da parte aérea, ao se comparar o nível 0 de calagem (pH final = 5,1 e Al^{3+} = 0,8 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo) com o nível 4 (pH final = 5,9 com alumínio trocável de valor nulo) nota-se que o primeiro representou cerca de 30% do segundo, em ambos os cortes, confirmando a sensibilidade da soja perene Tinaroo às condições de acidez do meio (SOUTO e DÖBEREINER, 1969 e JONES e FREITAS, 1970). Em ambos os cortes, a soja perene teve sua produção aumentada até a máxima dose de calcário utilizada.

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da planta, por ocasião do primeiro corte (Tabela 3) mostrou sensível redução quando se aplicou as duas primeiras doses de calcário no solo. Esse decréscimo foi simultâneo a um aumento de grande magnitude na produção de matéria seca da parte aérea, o que leva a atribuir a queda do teor de nitrogênio a um efeito de diluição do elemento na planta. Todavia, na presença de calagem, as porcentagens de nitrogênio constatadas são inferiores aos 2,04 a 2,25% observados por SOUTO e DÖBEREINER (1969) e aos 2,18% (em tratamento completo) por JONES et alii (1970). Isto leva a supor que ao tempo do primeiro corte a nodulação

dessa espécie ainda não estivesse em pleno funcionamento.

Já à época do segundo corte, pode-se verificar (Tabela 4) que a calagem resultou em significativos aumentos lineares (Tabela 8) no teor de nitrogênio na parte aérea e nas raízes. Também os valores porcentuais desse elemento na parte aérea, não obstante o aumento da produção de matéria seca, foram os mais altos nos níveis mais elevados de calagem. Efeitos da calagem, semelhantes a esse, foram constatados em soja perene por JONES e FREITAS (1970) e por FRANÇA et alii (1973). Os teores de nitrogênio na parte aérea da soja perene, no segundo corte, estão ligeiramente acima daqueles observados por SOUTO e DÖBEREINER (1969) e por JONES et alii (1970), evidenciando o bom desempenho da simbiose nessa época e nos tratamentos com calagem.

O nitrogênio total, em ambos os cortes efetuados nessa planta (Tabelas 3 e 4), foi significativamente aumentado como efeito da calagem (Tabelas 7 e 8). Aumentos nessa variável, devido à calagem, também foram verificados com soja perene, por FRANÇA e CARVALHO (1970), JONES et alii (1970), EIRA et alii (1972), TRIGOSO e FASSBENDER (1973) e CARVALHO et alii (1974).

A nodulação dessa espécie, expressa em termos de número ou de peso dos nódulos secos por vaso (Tabela 4), foi significativamente incrementada pela calagem (Tabelas 7 e 8), o que está de acordo com TRIGOSO e FASSBENDER (1973) e MUNNS et alii (1977). Nesse aspecto, além da influência no maior de-

senvolvimento das plantas com o consequente maior fornecimento de fotossintetizados (NEYRA, 1978) a calagem deve também ter melhorado o suprimento de cálcio e de magnésio para os nódulos (NORRIS, 1959 e MUNNS, 1970).

Os teores dos nutrientes analisados na soja perene, além do nitrogênio, são apresentados nas Tabelas 5 e 6. De um modo geral pode-se verificar que os valores encontrados estão dentro de valores normalmente apresentados na literatura (JONES e FREITAS, 1970; FRANÇA et alii, 1973; WERNER et alii 1975[a] e MIRANDA, 1979), salientando-se, contudo, as concentrações relativamente mais elevadas para fósforo, cálcio, magnésio e potássio no material colhido no primeiro corte do experimento. Para esses teores de cálcio e potássio, especialmente altos nas plantas crescidas no nível 0 de calagem (Tabela 5), obviamente teria ocorrido uma concentração desses elementos, por falta de maior crescimento da planta.

As porcentagens de fósforo e de potássio na leguminosa (Tabelas 5 e 6) decresceram significativamente em função da calagem (Tabelas 7 e 8), em ambos os cortes. Redução na porcentagem de fósforo, quando comparou o tratamento sem calagem e sem cálcio com o tratamento completo na soja perene, foi verificada por MIRANDA (1979), enquanto reduções nos teores de potássio devido à calagem são relatados por JONES e FREITAS (1970) e MIRANDA (1979). Esses decréscimos seriam resultado de uma diluição dos nutrientes no interior da planta.

O teor de cálcio na parte aérea da soja perene

Tabela 5. Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no 1º corte da soja perene (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,31	3,55	0,83	3,21	68	11	150	947	53
1	0,30	2,74	0,81	2,70	52	9	126	133	35
2	0,31	2,82	0,89	2,82	49	7	108	67	30
3	0,27	2,54	0,82	2,66	46	7	113	46	27
Reg.linear	*	**	ns	**	**	**	**	**	**
Reg.quadr.	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	**	**
Reg.cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

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

Tabela 6. Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no 2º corte da soja perene (42 dias após o 1º corte), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,22	1,30	0,50	1,50	61	12	171	477	72
1	0,22	1,15	0,48	1,71	60	9	153	144	58
2	0,18	1,27	0,47	1,36	54	7	156	76	52
3	0,18	1,35	0,47	1,29	49	8	141	57	49
Reg.linear	**	ns	*	**	**	**	**	**	**
Reg.quadr.	ns	**	ns	**	ns	**	ns	**	*
Reg.cúbica	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	**	ns

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

cultivada em calagem 0 proveniente do segundo corte (Tabela 6) mostrou novamente um efeito de concentração do elemento. Quando se considera os teores nas plantas cultivadas em presença de calagem, nota-se uma concentração ascendente com a elevação do nível de calagem. Observação semelhante é descrita por JONES e FREITAS (1970), EIRA et alii (1972), FRANÇA et alii (1973) e MIRANDA (1979).

A porcentagem de magnésio na leguminosa (Tabelas 5 e 6) não sofreu variações em relação à calagem, no primeiro corte, enquanto mostrou decréscimos significativos e lineares (Tabela 8) no segundo corte. Esse tipo de redução não tem sido comumente relatada, mas dado o fato de ela ser de baixa magnitude enquanto os aumentos na produção de matéria seca foram muito mais expressivos, a quantidade de magnésio absorvida, sem dúvida alguma, foi maior com a elevação da calagem.

Os teores de boro, cobre, ferro, manganês e zinco nos materiais colhidos da soja perene (Tabelas 5 e 6) sofreram significativos decréscimos com as doses de calagem empregadas (Tabelas 7 e 8). Isso está de acordo com o relatado por LINDSAY (1972) quanto à redução da disponibilidade desses micronutrientes pela calagem, e também com os resultados obtidos por JONES et alii (1970) e MIRANDA (1979). Mesmo considerando as máximas reduções verificadas, de acordo com Andrew citado por JONES e FREITAS (1970), os teores de boro, cobre e zinco não seriam deficientes para a leguminosa.

Cabe ressaltar os altos teores de manganês veri-

ficados na parte aérea da planta, no primeiro corte (Tabela 5) no nível 0 de calagem (pH final = 5,1). De acordo com Andrew, citado por JONES e FREITAS (1970) uma concentração maior que 450 ppm de manganês na soja perene deve resultar em toxidez do elemento à planta. De fato, em ausência de calagem, em ambos os cortes os teores de manganês foram superiores a esse valor, especialmente no primeiro corte quando atingiu a 947 ppm de manganês (Tabela 5). Também, durante a condução do experimento na casa-de-vegetação, verificou-se a partir de 10 dias do plantio, que as primeiras folhas das plântulas de soja perene crescidas em nível 0 de calagem (pH final = 5,1) já começavam a exibir uma clorose nos seus bordos. Com o passar dos dias esta clorose foi se acentuando, tornando-se bem nítida nos bordos e avançando entre as nervuras das primeiras folhas da planta. Simultaneamente apareciam pontos necróticos nas áreas cloróticas e as plantas desenvolvidas nos vasos sem calagem, aos 25 dias após a semeadura já exibiam desenvolvimento bem menor que nos vasos com calagem. Essa sintomatologia verificada é idêntica à apresentada por SOUTO e DÖBEREINER (1969); ANDREW e PIETERS (1970) e WERNER et alii (1975[a]) para a toxidez de manganês em soja perene. Os sintomas constatados no presente experimento são mostrados na Figura 2.

Fig. 2. Sintomas de toxidez de manganes em soja perene Tinaroo, verificados nos tratamentos sem calagem.

De acordo com as informações disponíveis na literatura (SOUTO e DÖBEREINER, 1969 e FRANCO e DÖBEREINER, 1971) o efeito da toxidez de manganês afetaria mais o desenvolvimento da nodulação que o da planta em si. Assim, tentou-se correlacionar os dados obtidos por ocasião do segundo corte da soja perene, de teores de manganês na parte aérea com o peso de nódulos e com a produção de matéria seca. Verificou-se que houve correlação negativa e significativa do teor de manganês tanto com a produção de matéria seca da parte aérea ($r = -0,83^{***}$) como com o peso de nódulos ($r = -0,93^{***}$). Embora, se possa observar uma relação mais estreita entre o teor de manganês e o

e o peso de nódulos da soja perene, deve-se acrescentar que a produção de matéria seca dessa leguminosa, também depende em muito da concentração daquele micronutriente. A Figura 3 serve para ilustrar essas observações.

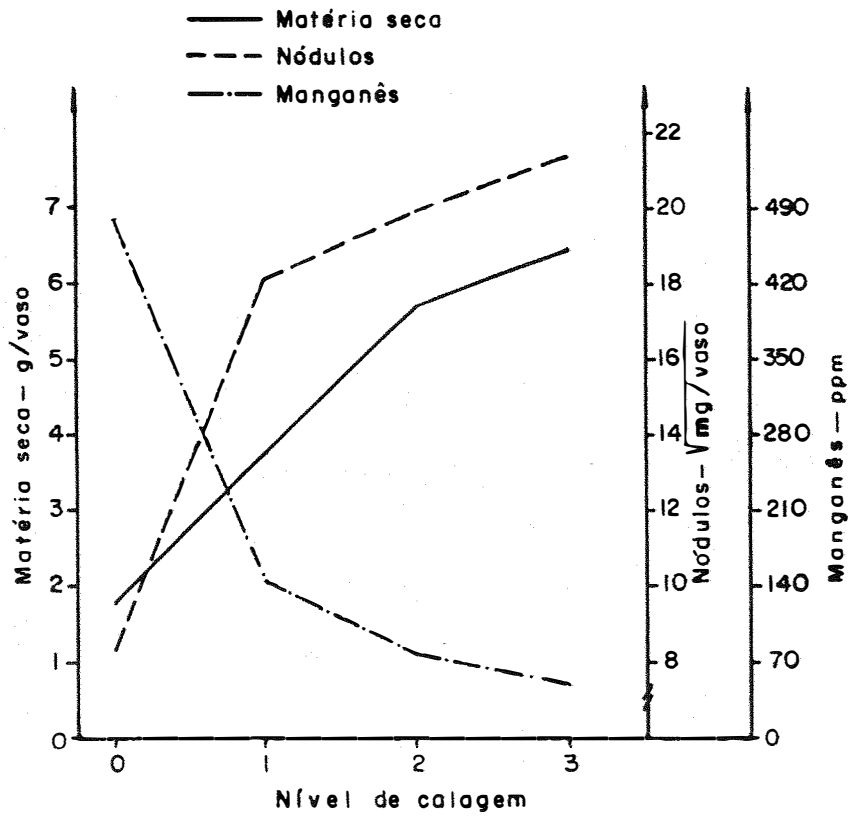

Fig. 3. Relação entre os teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca da soja perene Tinaroo, obtidos no 2º corte do ensaio.

De acordo com a afirmação de JACKSON (1967) é muito difícil a separação entre os fatores que afetam o crescimento e/ou nodulação das leguminosas, mas diante dos dados obtidos, há clara indicação de que um dos principais efeitos benéficos da calagem para a soja perene Tinaroo foi através

da eliminação da toxidez de manganês.

A variável nitrogênio total depende em alto grau da produção de matéria seca e da eficiência da fixação de nitrogênio pelos nódulos. Através das equações de regressão obtidas para essa variável, em função dos níveis de calagem aplicados, (Tabelas 7 e 8), pode-se verificar que os valores máximos para o nitrogênio total para a soja perene Tinaroo seriam obtidos com doses bem maiores que as utilizadas no presente trabalho.

Tabela 7. Equações de regressão[a] obtidas entre as variáveis estudadas na soja perene e os níveis de calagem testados (0 a 2,49t/ha). Dados referentes ao primeiro corte da espécie.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y=1,833+4,457X-2,398X^2+0,480X^3$
Teor de nitrogênio-%	$Y=3,750-4,124X+2,748X^2-0,544X^3$
Nitrogênio total-p.a.	$Y=65,633+13,815X$
Teor de fósforo-%	$Y=0,313-0,013X$
Teor de cálcio-%	$Y=3,353-0,354X$
Teor de potássio-%	$Y=3,077-0,183X$
Teor de boro-ppm	$Y=66,958-20,381X+4,959X^2$
Teor de cobre-ppm	$Y=10,650-1,827X$
Teor de ferro-ppm	$Y=151,245-41,772X+10,433X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y=947,000-1656,324X+1055,676X^2-205,568X^3$
Teor de zinco-ppm	$Y=52,400-24,016X+5,685X^2$

a. Y é o valor para a variável estudada enquanto X é a dose de calcário aplicada, dentro dos limites testados.

Tabela 8. Equações de regressão[a] obtidas entre as variáveis estudadas na soja perene e os níveis de calagem testados (0 a 2,49 t/ha). Dados referentes ao segundo corte da espécie.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y=1,731+3,004X-0,432X^2$
Matéria seca-raiz	$Y=2,219+1,697X-0,472X^2$
Matéria seca-pl.int.	$Y=3,951+4,702X-0,904X^2$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y=1,991+0,165X$
Teor de nitrogênio-raiz-%	$Y=1,837+0,054X$
Nitrogênio total-p.a.	$Y=31,783+77,851X-11,854X^2$
Nitrogênio total-raiz	$Y=40,462+34,392X-9,163X^2$
Nitrogênio total-pl.int.	$Y=72,245+112,244X-21,017X^2$
Nodulação[b]-nº/vaso	$Y=5,244+7,502X-1,364X^2$
Nodulação[b]-mg/vaso	$Y=7,825+20,422X-12,473X^2+2,481X^3$
Teor de fósforo-%	$Y=0,223-0,018X$
Teor de cálcio-%	$Y=1,304-0,449X+0,417X^2-0,089X^3$
Teor de magnésio-%	$Y=0,498-0,015X$
Teor de potássio-%	$Y=1,499+0,920X-1,032X^2+0,249X^3$
Teor de boro-ppm	$Y=62,116-4,879X$
Teor de cobre-ppm	$Y=11,825-4,477X+1,088X^2$
Teor de ferro-ppm	$Y=168,300-10,532X$
Teor de manganês-ppm	$Y=477,333-627,623X+353,101X^2-64,029X^3$
Teor de zinco-ppm	$Y=72,029-18,689X+3,840X^2$

a. Y é o valor para a variável estudada enquanto X é a dose de calcário aplicada, dentro dos limites testados.

b. Dados transformados em raiz quadrada.

4.2.2. Centrosema

Os resultados verificados para a produção de matéria seca, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes na centrosema, em função das quatro doses de calagem empregadas, são mostrados nas Tabelas 9 e 10, enquanto as equações correspondentes às regressões significativas constam na Tabela 11.

As produções da matéria seca (parte aérea, raízes e planta inteira) apresentadas na Tabela 9, foram significativa e linearmente aumentadas (Tabela 11) pela aplicação dos níveis de calcário. Aumentos nessa variável, como um resultado da calagem também foram obtidos por ANDREW e NORRIS (1961), DÖBEREINER e ARONOVICH (1966), FRANÇA e CARVALHO (1970), JONES et alii (1970), TEITZEL e BRUCE (1973), TRIGOSO e FASSBENDER (1973) e SOARES e VARGAS (1974). Na ausência de calagem a produção de matéria seca da parte aérea da leguminosa foi de cerca de 62% do máximo alcançado no nível 3 de calagem, o que está bem próximo dos 52% verificados por ANDREW e NORRIS (1961).

A porcentagem de nitrogênio tanto na parte aérea como nas raízes (Tabela 9) sofreu aumento linear e significativo (Tabela 11) como resultado da adição das doses de calcário. Esse resultado está de acordo com aqueles obtidos por JONES e FREITAS (1970), WERNER e MATTOS (1972), TEITZEL e BRUCE (1973) e SOARES e VARGAS (1974). Os teores de nitrogênio obtidos para a parte aérea (Tabela 9) estão entre os mais baixos obtidos por ANDREW e NORRIS (1961) e são bem menores que os verifica -

Tabela 9. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação da centrosema com 75 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)			N %		N total (mg/vaso)			Nodulação[b]	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	parte aérea	raízes	planta inteira	nº/ vaso	mg/ vaso
0	5,32	3,58	8,90	1,43	1,67	76	60	136	7,23	11,39
1	6,12	3,86	9,98	1,80	1,72	111	66	177	11,04	20,84
2	7,27	4,26	11,53	2,01	1,87	147	80	227	10,92	24,75
3	8,60	4,71	13,31	2,22	1,95	193	92	285	11,03	26,41
Reg. linear	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Reg. quadr.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	**
Reg. cúbica	na	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

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

b. Dados originais transformados em raiz quadrada.

Tabela 10. Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea da centrosema com 75 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,16	1,77	0,28	0,76	45	10	245	641	68
1	0,16	1,94	0,32	0,81	50	10	199	186	54
2	0,14	1,96	0,33	0,84	42	8	169	112	53
3	0,15	1,94	0,32	0,83	38	8	148	74	52
Reg.linear	*	*	**	*	**	**	**	**	**
Reg.quadr.	ns	ns	*	ns	**	ns	ns	**	**
Reg.cúbica	ns	ns	ns	ns	**	*	ns	**	ns

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo

dos por WERNER e MATTOS (1972). Entretanto, os teores desses nutrientes obtidos nos dois níveis mais altos de calagem (2,01 e 2,22% N) são bem superiores àqueles relatados por WERNER e MATTOS (1974).

Tabela 11. Equações de regressão[a] obtidas entre as variáveis estudadas na centrosema e os níveis de calagem testados (0 a 2,49t/ha). Dados referentes ao corte único da espécie.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y=5,178+1,323X$
Matéria seca-raiz	$Y=3,536+0,456X$
Matéria seca-pl.int.	$Y=8,714+1,779X$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y=1,478+0,310X$
Teor de nitrogênio-raiz-%	$Y=1,657+0,117X$
Nitrogênio total-p.a.	$Y=73,158+46,977X$
Nitrogênio total-raiz	$Y=58,083+13,253X$
Nitrogênio total-pl.int.	$Y=131,241+60,230X$
Nodulação[b] -nº/vaso	$Y=7,441+4,700X-1,343X^2$
Nodulação[b] -mg/vaso	$Y=11,552+12,945X-2,829X^2$
Teor de fósforo-%	$Y=0,160-0,005X$
Teor de cálcio-%	$Y=1,879+0,048X$
Teor de magnésio-%	$Y=0,285+0,054X-0,016X^2$
Teor de potássio-%	$Y=0,775+0,028X$
Teor de boro-ppm	$Y=44,833+19,417X-21,471X^2+4,955X^3$
Teor de cobre-ppm	$Y=10,416+3,434X-5,624X^2+1,554X^3$
Teor de ferro-ppm	$Y=238,425-38,594X$
Teor de manganês-ppm	$Y=640,833-881,512X+522,938X^2-99,492X^3$
Teor de zinco-ppm	$Y=68,266-22,972X+6,532X^2$

a. Y é o valor para a variável estudada, enquanto X é a dose de calcário aplicada, dentro dos limites testados.

b. Dados transformados em raiz quadrada.

O nitrogênio total na parte aérea, nas raízes e por conseguinte na planta inteira (Tabela 9) foi significativa e linearmente (Tabela 11) aumentado com a aplicação das doses de calcário dolomítico. Comparando-se os valores encontrados - no nível máximo de calagem com a ausência de aplicação do corretivo constata-se que essa variável foi aumentada de 2,5; 1,5 e 2,1 vezes na parte aérea, raízes e planta inteira, respectivamente. Aumentos no nitrogênio total da centrosema em função da calagem também são realçados pela grande maioria dos trabalhos consultados.

Quanto à nodulação (Tabela 9) verifica-se que a calagem influiu de modo benéfico tanto no número quanto no peso de nódulos, sendo esse efeito quadrático (Tabela 11). Esses aumentos concordam com os dados obtidos por ANDREW e NORRIS (1961), DÖBEREINER e ARONOVICH (1966), WERNER e MATTOS (1972) e TRIGOSO e FASSBENDER (1973). O que se constata no número de nódulos (Tabela 9) é um substancial aumento quando se adiciona o nível 1 de calcário (pH final = 5,2). Já o peso de nódulos continua sofrendo acréscimos sensíveis até a aplicação dos mais altos níveis do corretivo. Como MUNNS (1970) realça a importância do cálcio na infecção das raízes durante a formação de nódulos, é possível que o nível de cálcio disponível, quando se empregou a calagem 1 (teor inicial de cálcio de 0,62 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo), já era suficiente - para estabelecer a nodulação. Entretanto, o maior fornecimento do magnésio teria sido o grande responsável pelo incremento na

massa nodular, com a elevação da calagem, já que o magnésio desempenha importante papel na nutrição do *Rhizobium* (NORRIS, 1959).

Com exceção do nitrogênio (já discutido), os teores dos macro e micronutrientes na centrosema, são mostrados na Tabela 10. De um modo geral, verifica-se que os teores estão dentro da normalidade encontrada com essa espécie, em outros trabalhos (ANDREW e NORRIS, 1961; JONES et alii, 1970 e WERNER e MATTOS, 1972).

Em termos dos macronutrientes cálcio, magnésio e potássio, o que se nota (Tabelas 10 e 11) é um aumento nos seus teores à medida que se eleva o nível de calagem. A elevação no teor de cálcio da centrosema com a calagem tem sido verificada (ANDREW e NORRIS, 1961, JONES e FREITAS, 1970 e WERNER e MATTOS 1972) e no teor de magnésio, também JONES e FREITAS (1970) obtiveram. Entretanto, um aumento na concentração de potássio, com a adição de calcário não é relacionada por nenhum desses autores, com centrosema. Fato semelhante ao obtido para o teor de potássio no presente experimento, foi verificado por MIRANDA (1979) com siratro.

Embora a redução linear (Tabela 11) dos teores de fósforo na centrosema, com o acréscimo dos níveis de calagem (Tabela 10), tenha sido de pequena magnitude, ela chegou a ser estatisticamente significativa. É escassa a citação de teores desse macronutriente variando em função da calagem e pode-se verificar que MIRANDA (1979) obteve semelhante variação quan

do trabalhou com calagem mais cálcio, com soja perene.

Os teores dos micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco na centrosema (Tabelas 10 e 11) mostraram significativos decréscimos com a elevação das doses de calcário. Resultados semelhantes são mostrados por JONES et alii (1970) e WERNER e MATTOS (1972) e estão de acordo com a afirmativa de LINDSAY (1972) de que as disponibilidades desses elementos são reduzidas com a aplicação da calagem em solos ácidos.

Com relação ao teor de manganês na centrosema cultivada em ausência de calagem, verifica-se um valor de 641 ppm (Tabela 6). DÖBEREINER e ARONOVICH (1966) citam problemas de toxidez desse elemento em centrosema, quando o teor de manganês na planta era ligeiramente superior a 300 ppm. Também, Andrew, citado por JONES e FREITAS (1970) apresenta como nível crítico para a toxidez de manganês uma concentração de 730 ppm do elemento. No presente ensaio não se constatou qualquer sintoma visual de toxidez de manganês na centrosema, entretanto pode-se supor que o alto teor verificado esteja relacionado a efeitos prejudiciais na nodulação dessa leguminosa e consequentemente na fixação do nitrogênio (SOUTO e DÖBEREINER, 1966 e FRANCO e DÖBEREINER, 1971). Tendo isso em mente é que procurou-se correlacionar os teores de manganês na parte aérea da planta com a produção de matéria seca da mesma ou com a nodulação verificada. Assim, constatou-se a correlação negativa do teor de manganês com a produção de matéria seca ($r = -0,69^{***}$) ou com o peso de nódulos ($r = -0,86^{***}$). Sendo esta correlação mais

expressiva (r mais próximo de 1,00), confirma-se a maior influência do excesso de manganês na nodulação que no crescimento da centrosema. A Figura 4 ilustra esses fatos.

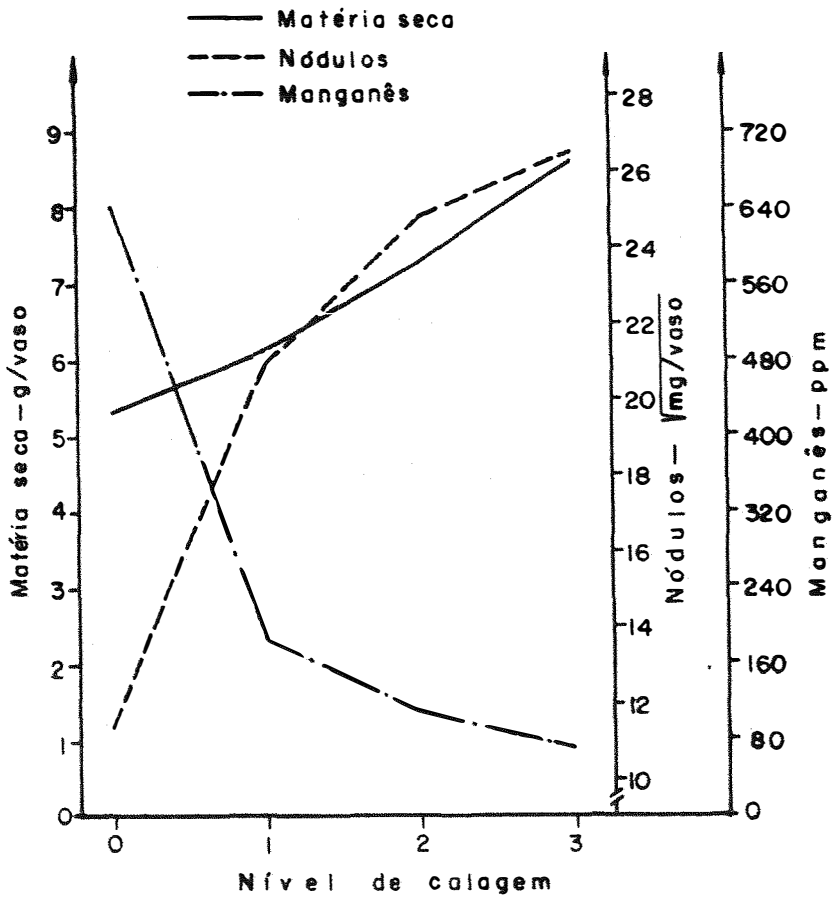

Fig. 4. Relação entre teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca da centrosema.

Observando-se as equações de regressão apresentadas na Tabela 11, para o nitrogênio total e também para produção de matéria seca, em função dos níveis de calagem estudados, verifica-se que os máximos valores para essas variáveis seriam obtidos com doses de calcário superiores às testadas no presente trabalho.

4.2.3. Siratro

Nas Tabelas 12 e 13 constam os dados obtidos para produção de matéria seca, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes no siratro, em função dos níveis de calcário empregados. A Tabela 14 mostra as equações correspondentes às regressões significativas.

As produções de matéria seca da parte aérea, raízes e planta inteira (Tabela 12) variaram significativamente com a calagem (Tabela 14). Acréscimos nesses valores também foram obtidos com siratro por FREITAS e PRATT (1969), FRANÇA e CARVALHO (1970), TRIGOSO e FASSBENDER (1973) e CARVALHO et alii (1974). Num exame detalhado desses dados, pode-se verificar que os expressivos aumentos nessas produções se deram com a aplicação de 0,83 toneladas de calcário por hectare (pH final = 5,4 e Al^{+++} trocável = 0,32 equivalentes miligrama por 100 mililitros de solo). Aumentos significativos na produção do siratro com a aplicação de doses relativamente baixas de calcário também são relatados por MATTOS (1972) e KOLLING et alii (1974). Há que se acrescentar aqui, que a literatura realmente aponta essa leguminosa como uma das tolerantes à condições de acidez moderada do solo.

Em termos de porcentagem de nitrogênio (Tabela 12) constata-se que a calagem teve efeito significativo, na parte aérea do siratro, efeito esse que foi linear (Tabela 14). Verifica-se que o teor desse elemento foi acrescido até o máximo nível de calagem utilizado (2,49 toneladas de calcário por

Tabela 12. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação do siratro com 54 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)			N %		N total (mg/vaso)			Nodulação[b]	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	parte aérea	raízes	planta inteira	nº/ vaso	mg/ vaso
0	2,76	3,96	6,72	3,05	1,18	84	46	130	3,67	5,91
1	3,42	5,07	8,49	3,12	1,11	107	56	163	8,22	12,70
2	3,22	4,88	8,10	3,24	1,16	104	57	161	9,29	13,74
3	3,44	4,67	8,11	3,32	1,18	114	55	169	9,41	12,52
Reg.linear	**	*	**	*	ns	**	**	**	**	**
Reg.quadr.	*	**	**	ns	ns	*	**	**	**	**
Reg.cúbica	**	ns	*	ns	ns	**	ns	**	**	*

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

b. Dados originais transformados em raiz quadrada.

hectare). Elevação na porcentagem de nitrogênio na parte aérea como resultado da aplicação de calcário, mesmo quando a produção da parte aérea do siratro não aumentava, também foi obtida por BRAZON (1971) e EIRA et alii (1972). O teor de nitrogênio nas raízes não sofreu alteração pela calagem, o que também foi constatado por BRAZON (1971) e MATTOS (1972).

O nitrogênio total no siratro (Tabela 12) foi significativamente alterado como resultado da aplicação de calcário. Significativos efeitos da calagem nessa variável foram constatados por FRANÇA e CARVALHO (1970), CARVALHO et alii (1971), TRIGOSO e FASSBENDER (1973) e CARVALHO et alii (1974). Embora o nitrogênio total na parte aérea tenha se elevado até a dose mais alta de calcário (pH final = 5,9), o maior salto nessa variável ocorreu quando se passou da dose 0 (pH final = 5,2) para a dose 1 de calagem (pH final = 5,4).

Quanto à nodulação da leguminosa (Tabela 12), pode-se constatar o efeito benéfico e segundo uma regressão cúbica (Tabela 14) da calagem tanto no número quanto no peso de nódulos. Resultados semelhantes também foram encontrados com siratro por MATTOS (1972) e TRIGOSO e FASSBENDER (1973). O número de nódulos foi crescente até a dose máxima empregada, enquanto o peso de nódulos mostrou seu maior valor absoluto na dose 2 de calcário (1,66 toneladas por hectare). À semelhança do que foi verificado com a produção de matéria seca e nitrogênio total a nodulação teve seu grande acréscimo com a aplicação do nível 1 de calagem (0,83 toneladas de calcário por hectare).

Os teores de fósforo, cálcio e magnésio na parte aérea do siratro (Tabela 13), sofreram significativos acréscimos mediante a aplicação de calcário (Tabela 14). Aumento no teor de fósforo na leguminosa, como consequência da calagem, foi verificado por FRANÇA et alii (1973), enquanto elevações nas porcentagens de cálcio e de magnésio do siratro, em presença de calagem, foram observadas por JONES e FREITAS (1970) e MATTOS (1972).

À medida que se elevou a dose de calcário, o teor de potássio no siratro sofreu decréscimo linear (Tabelas 13 e 14), o que foi constatado por JONES e FREITAS (1970).

O teor de boro na parte aérea (Tabela 8) exibiu um comportamento interessante, em relação à calagem. Contrariamente ao observado por MATTOS (1972), esse micronutriente se mostrou com teor significativamente mais elevado na presença das doses 1 ou 2 do calcário, o que resultou num efeito quadrático da calagem para essa variável (Tabela 14).

As concentrações de cobre, manganês e zinco no siratro (Tabela 13) foram significativamente reduzidas mediante o emprego dos níveis de calagem (Tabela 14). Decréscimos em uma ou mais dessas variáveis também são relatados por MATTOS (1972) e GAVAZONI et alii (1979).

Com relação ao manganês, Andrew, citado por JONES e FREITAS (1970) apresenta como nível crítico para a toxidez desse elemento um teor de 710 ppm na parte aérea do siratro, enquanto JONES e PRATT (1969) mencionam que essa legumino

Tabela 13. Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea do siratro com 54 dias, em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,20	1,97	0,61	1,86	34	13	230	862	69
1	0,21	2,02	0,83	1,79	39	10	231	157	55
2	0,22	2,07	0,95	1,76	40	11	222	84	46
3	0,22	2,15	0,97	1,58	37	10	218	66	42
Reg.linear	*	**	**	**	ns	**	ns	**	**
Reg.quadr.	ns	ns	**	ns	**	*	ns	**	*
Reg.cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

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

sa seria sensível à toxidez de manganês. De fato, os menores valores na produção de matéria seca, no nitrogênio total e na nodulação do siratro foram constatados no nível 0 de calagem (pH final = 5,2), no qual a leguminosa teve a concentração de 862 ppm de manganês, mas não exibiu qualquer sintoma visual de toxidez do elemento. Tendo em vista as menções na literatura (SOUTO e DÖBEREINER, 1969 e FRANCO e DÖBEREINER, 1971) de que o excesso de manganês afetaria mais à simbiose *Rhizobium* - leguminosa, procurou-se correlacionar o teor de manganês na parte aérea, com a produção de matéria seca e com o peso de nódulos no siratro. Verificou-se que a correlação do teor de manganês com o peso de nódulos (r = -0,90***) realmente é de maior magnitude que a do teor desse micronutriente com a produção de matéria seca da parte aérea da leguminosa (r = -0,62***). Esses resultados confirmam, com siratro, o que se encontra na literatura referente à outras leguminosas, e no presente trabalho, com soja perene e centrosema. A Figura 5 ilustra essas relações.

Os teores de ferro na parte aérea do siratro (Tabela 13) não variaram significativamente com os níveis de calagem empregados.

Tomando-se o nitrogênio total no siratro como ponto de referência e através da equação de regressão dessa variável com as doses de calagem (Tabela 14) pode-se assinalar que o máximo valor para essa variável é obtido com a aplicação de 1,00 tonelada de calcário por hectare. Com o auxílio da Figura 1, pode-se verificar que essa dose de calcário, proporciona-

ria à época do plantio do experimento, os seguintes valores na análise de solo: pH = 5,18; Al^{3+} = 0,35; (Ca^{2+} + Mg^{2+}) = 1,03; V = 27,2% m = 24,8%.

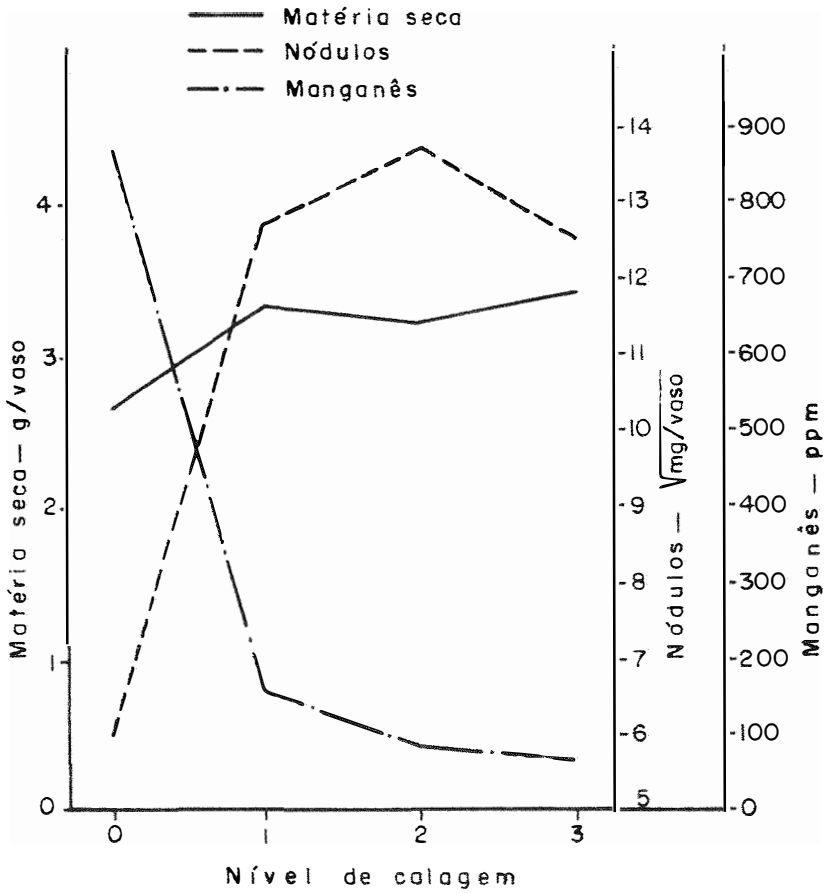

Fig. 5. Relação entre os teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca do siratro.

Tabela 14. Equações de regressão[a] obtidas entre as variáveis estudadas no siratro e os níveis de calagem testados (0 a 2,49t/ha). Dados referentes ao corte único da espécie.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y=2,754+1,809X-1,569X^2+0,377X^3$
Matéria seca-raiz	$Y=4,027+1,414X-0,474X^2$
Matéria seca-pl.int.	$Y=6,718+4,335X-3,439X^2+0,751X^3$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y=3,043+0,112X$
Nitrogênio total-p.a.	$Y=83,583+57,691X-46,148X^2+11,003X^3$
Nitrogênio total-raiz	$Y=46,300+14,267X-4,415X^2$
Nitrogênio total-pl.int.	$Y=129,500+78,281X-58,910X^2+13,238X^3$
Nodulação[b]-nº/vaso	$Y=3,674+8,247X-4,345X^2+0,732X^3$
Nodulação[b]-mg/vaso	$Y=5,911+12,452X-6,713X^2+1,018X^3$
Teor de fósforo-%	$Y=0,200+0,009X$
Teor de cálcio-%	$Y=1,962+0,071X$
Teor de magnésio-%	$Y=0,607+0,331X-0,075X^2$
Teor de potássio-%	$Y=1,875-0,102X$
Teor de boro-ppm	$Y=33,512+8,850X-2,993X^2$
Teor de cobre-ppm	$Y=12,495-2,414X+0,635X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y=862,000-1410,621X+877,492X^2-168,113X^3$
Teor de zinco-ppm	$Y=68,666-18,624X+3,084X^2$

a. Y é o valor para a variável estudada, enquanto X é a dose de calcário aplicada, dentro dos limites testados.

b. Dados transformados em raiz quadrada.

4.2.4. Galactia

Os dados coletados para a produção de matéria seca, nitrogênio total, nodulação e teores de macro e micronutrientes na galactia, em função dos quatro níveis de calagem empregados, são mostrados nas Tabelas 15 a 18. As equações correspondentes às regressões significativas são apresentadas nas Tabelas 19 e 20.

Na Tabela 15 pode-se verificar que, na ocasião do primeiro corte do experimento, a produção de matéria seca e o nitrogênio total da galactia foram linear e significativamente aumentados de acordo com os níveis de calagem (Tabela 19). Esses resultados estão de pleno acordo com aqueles obtidos por MIRANDA (1979) num solo Podzólico Vermelho Amarelo e por MONTEIRO et alii (dados não publicados) em uma Areia Quartzosa de cerrado. A produção de matéria seca, quando não se aplicou calcário ao solo esteve em cerca de 70% da máxima alcançada no nível 3 de calagem (pH final = 5,8 e alumínio trocável nulo no solo).

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da galactia, no primeiro corte (Tabela 15), sofreu incrementos positivos mediante a aplicação do calcário até a dose 2, a partir do qual decresceu, resultando num efeito quadrático da calagem (Tabela 19). MIRANDA (1979) também obteve aumentos nessa variável quando adicionou calagem e cálcio a um solo Podzólico. Os valores absolutos encontrados para o teor de nitrogênio na galactia, no primeiro corte e na presença dos dois níveis mais

altos de calagem (teores de 2,15 e 2,13% de nitrogênio) são superiores ao teor de 1,89% apontado por MIRANDA (1979), no solo Podzólico Vermelho Amarelo, como indicador de adequado estado nutricional. Isso equivale a dizer que já no primeiro corte a fixação de nitrogênio estava operando de forma ativa, pois não se aplicou qualquer forma de nitrogênio combinado à leguminosa.

Pelos dados obtidos no segundo corte da galactia e apresentados na Tabela 16 verifica-se que a calagem influiu na produção de matéria seca, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa, através de aumentos nessas variáveis à medida que se elevou a dose de calagem, exceto para a dose 2 (1,66 toneladas por hectare). Com efeito, nessa dose 2 de calagem essas variáveis tiveram valores absolutos menores que no nível 1, o que resultou em alta significância para a regressão cúbica para a calagem (Tabela 20).

A produção de matéria seca da parte aérea, na ausência de calagem, representou cerca de 65% do máximo alcançado com a maior dose de calcário aplicada, o que de certa forma confirma as apreciações de MATTOS e ALCÂNTARA (1976) sobre a tolerância à acidez dessa leguminosa.

A porcentagem de nitrogênio na parte aérea da galactia (Tabelas 16 e 20), do nível 0 ao 2 de calagem, mostrou redução no seu valor; no entanto voltou a aumentar, atingindo o máximo no nível 3 de calcário (2,49 toneladas por hectare). O teor de nitrogênio constatado em qualquer dos níveis de cala

gem, está acima do valor 1,89% verificado com essa leguminosa cultivada em adubação completa por MIRANDA (1979).

Tabela 15. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na parte aérea no 1º corte da galactia (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)	N %	N total (mg/vaso)
0	4,56	1,80	82
1	5,45	1,94	105
2	5,69	2,15	122
3	6,38	2,13	136
Reg.linear	**	**	**
Reg.quadr.	ns	*	ns
Reg.cúbica	ns	ns	ns

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

ns = não significativo

O teor de nitrogênio nas raízes da leguminosa mostrou tendência exatamente inversa ao da parte aérea (Tabelas 16 e 20). Com outras leguminosas, também se tem verificado

Tabela 16. Produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio, nitrogênio total e nodulação no 2º corte da galactia (49 dias após o 1º corte), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	M.S. (g/vaso)			N %		N total (mg/vaso)			Nodulação[b]	
	parte aérea	raízes	planta inteira	parte aérea	raízes	parte aérea	raízes	planta inteira	nº/ vaso	mg/ vaso
0	5,72	3,23	8,95	2,24	1,92	130	62	192	11,13	20,70
1	8,17	3,60	11,77	2,17	2,13	177	76	253	14,03	23,08
2	7,35	3,39	10,74	1,97	2,27	148	77	225	11,68	17,77
3	8,77	3,69	12,46	2,33	2,21	203	82	285	16,68	23,65
Reg.linear	**	ns	**	ns	**	**	**	**	**	ns
Reg.quadr.	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
Reg.cúbica	**	ns	**	ns	ns	**	ns	**	**	**

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

b. Dados originais transformados em raiz quadrada.

o aumento da porcentagem desse elemento nas raízes com a aplicação de calcário, como é o caso de WERNER e MATTOS (1972), cultivando a centrosema.

Quanto à nodulação da galactia, na ausência de calagem (pH final = 4,9), o peso total dos nódulos representou cerca de 77% do total alcançado no máximo nível de calagem estudado (pH final = 5,8) revelando essa leguminosa boa capacidade em nodular, mesmo nas condições de maior acidez do meio.

Os teores de fósforo na parte aérea da galactia, tanto no primeiro como no segundo corte (Tabelas 17 e 18), mostram que, à exceção dos valores obtidos para o nível 0 de calagem, os demais teores do elemento crescem à medida que se aumenta a dose de calagem. Aumentos nessa variável tem sido constatados com soja perene (FRANÇA et alii, 1973), com centrosema (WERNER e MATTOS, 1972) e com siratro (MATTOS, 1972), mediante o emprego de calagem. Quanto ao teor relativamente alto ocorrido no nível 0 de calagem, especialmente no primeiro corte, MIRANDA (1979) também verificou teor de fósforo significativamente mais elevado na galactia, na omissão de calagem mais cálcio em um solo Podzólico Vermelho Amarelo. Esse mais alto teor de fósforo coincide com o menor crescimento da planta, o que torna possível a ocorrência de um efeito de diluição do elemento no interior da planta com maior desenvolvimento.

Os teores de cálcio na galactia, no material colhido no primeiro e no segundo corte (Tabelas 17 e 18), aumentaram significativamente à medida que se elevou a aplicação de

Tabela 17. Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no 1º corte da galactia (com 54 dias), em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,28	1,91	0,31	2,26	32	6	106	575	27
1	0,23	2,04	0,27	1,88	35	6	115	111	21
2	0,24	2,20	0,30	1,90	36	6	124	56	19
3	0,25	2,54	0,36	1,98	33	6	104	41	19
Reg.linear	ns	**	**	*	ns	ns	ns	**	**
Reg.quadr.	**	ns	**	**	**	ns	ns	**	**
Reg.cúbica	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

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

Tabela 18. Teores de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobre, ferro, manganês e zinco na parte aérea no 2º corte da galactia (49 dias após o 1º corte) em função dos níveis de calagem. Significância do teste F[a] para os componentes linear, quadrático e cúbico. Médias de 12 dados iniciais.

Níveis de calagem	P %	Ca %	Mg %	K %	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm
0	0,14	1,15	0,16	1,34	47	4	121	268	50
1	0,13	1,30	0,17	1,20	39	4	114	97	47
2	0,14	1,54	0,18	1,17	41	5	113	65	40
3	0,15	1,63	0,19	1,22	39	5	119	50	35
Reg.linear	*	**	**	**	**	ns	ns	**	**
Reg.quadr.	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	**	ns
Reg.cúbica	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns

a. * e ** = significâncias aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

ns = não significativo

calcário ao solo. Também, as porcentagens de magnésio em ambos os cortes e exceto para o nível zero de calagem no segundo corte, sofreram acréscimos significativos com a calagem. O teor de magnésio encontrado na ausência de calagem no primeiro corte, inexplicavelmente está acima daquele verificado nos níveis 1 e 2 de calcário, no mesmo corte. Aumentos nos teores de ambos macronutrientes, em decorrência da calagem, são relatados na literatura, para outras leguminosas forrageiras (JONES e FREITAS, 1970; MATTOS, 1972, FRANÇA et alii, 1973).

Tabela 19. Equações de regressão[a] obtidas entre as variáveis estudadas na galactia e os níveis de calagem testados (0 a 2,49 t/ha). Dados referentes ao primeiro corte da espécie.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y=4,662+0,687X$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y=1,786+0,284X-0,055X^2$
Nitrogênio total-p.a.	$Y=89,132+14,857X$
Teor de fósforo-%	$Y=0,271-0,063X+0,022X^2$
Teor de cálcio-%	$Y=1,863+0,248X$
Teor de magnésio-%	$Y=0,308-0,062X+0,033X^2$
Teor de potássio-%	$Y=2,240-0,512X+0,166X^2$
Teor de boro-ppm	$Y=32,129+6,430X-2,449X^2$
Teor de manganês-ppm	$Y=575,166-926,180X+565,035X^2-107,700X^3$
Teor de zinco-ppm	$Y=27,283-8,996X+2,298X^2$

a. Y é o valor para a variável estudada enquanto X é a dose de calcário empregada, dentro dos limites testados.

Tabela 20. Equações de regressão[a] obtidas entre as variáveis estudadas na galactia e os níveis de calagem testados (0 a 2,49t/ha). Dados referentes ao segundo corte da espécie.

Variável estudada	Equação de regressão
Matéria seca-p.a.	$Y=5,720+7,054X-6,371X^2+1,607X^3$
Matéria seca-pl.int.	$Y=8,954+8,265X-7,573X^2+1,922X^3$
Teor de nitrogênio-p.a.-%	$Y=2,279-0,379X+0,154X^2$
Teor de nitrogênio-raiz-%	$Y=1,915+0,360X-0,095X^2$
Nitrogênio total-p.a.	$Y=129,500+169,338X-172,800X^2+46,953X^3$
Nitrogênio total-raiz	$Y=65,400+7,208X$
Nitrogênio total-pl.int.	$Y=191,500+201,173X-195,179X^2+51,956X^3$
Nodulação[b]-nº/vaso	$Y=11,151+11,038X-12,113X^2+3,470X^3$
Nodulação[b]-mg/vaso	$Y=20,704+15,350X-19,295X^2+5,506X^3$
Teor de fósforo-%	$Y=0,144-0,055X+0,056X^2-0,013X^3$
Teor de cálcio-%	$Y=1,147+0,023X-0,238X^2-0,068X^3$
Teor de magnésio-%	$Y=0,164+0,009X$
Teor de potássio-%	$Y=1,335-0,216X+0,069X^2$
Teor de boro-ppm	$Y=44,841-2,650X$
Teor de manganês-ppm	$Y=268,250-326,999X+189,494X^2-35,633X^3$
Teor de zinco-ppm	$Y=51,008-6,516X$

a. Y é o valor para a variável estudada enquanto X é a dose de calcário aplicada, dentro dos limites estudados.

b. Dados transformados em raiz quadrada.

Com o emprego dos níveis de calagem, os teores de potássio na galactia, tanto no primeiro como no segundo corte (Tabelas 17 e 18) revelaram um nítido comportamento quadrático (Tabelas 19 e 20). As mais altas porcentagens desse elemento estiveram nos níveis 0 e 3 de calagem, mas quando se compara ambas nota-se que há tendência de redução do teor de potássio, na calagem mais alta. Essa queda nos teores de potássio com a calagem, é verificada nos níveis intermediários de calagem e tem sido citada em trabalhos envolvendo leguminosas forrageiras (JONES e FREITAS, 1970). O acréscimo no teor de potássio na presença da maior dose de calcário, em relação às intermediárias, mostra resultado semelhante ao verificado por MIRANDA (1979) quando efetuou a calagem num solo Podzólico cultivado com siratro.

A concentração de boro na parte aérea dessa leguminosa, no primeiro corte (Tabela 17), mostrou acréscimos com as primeiras doses de calcário e uma queda no seu teor na presença do mais alto nível de calagem, o que resultou em efeito quadrático da calagem (Tabela 19). Já no segundo corte, o teor desse micronutriente evidenciou um decréscimo linear à medida que se aumentou a calagem (Tabela 20), o que também foi obtido por MIRANDA (1979).

Os teores de cobre e ferro não revelaram qualquer variação na galactia, em ambos os cortes, com o emprego das doses de calcário dolomítico.

À medida que se acrescentou a calagem ao solo,os

teores de manganês e zinco decresceram nessa leguminosa, sendo isso observado nos dois cortes realizados no experimento. Reduções nesses teores com a aplicação de calcário são relatados em galactia por MIRANDA (1979) e em outras leguminosas por DÖBEREINER e ARONOVICH (1966), MATTOS (1972) e WERNER e MATTOS (1972).

Com relação ao teor de manganês na galactia, em ausência de calagem e no primeiro corte, o mesmo esteve em 575 ppm. MIRANDA (1979) obteve valores entre 600 e 700 ppm na parte aérea da galactia, quando omitia a calagem ou a calagem e cálcio. No presente experimento, não se evidenciaram sintomas visuais de toxidez de manganês nessa leguminosa, mas a correlação entre os teores desse micronutriente com a produção de matéria seca da parte aérea (dados do segundo corte do ensaio) foi negativa e significativa ($r = -0,66^{**}$). Enquanto isso, não se constatou correlação linear entre os teores de manganês e o peso de nódulos na galactia, permitindo supor que a nodulação seria menos afetada pelo excesso de manganês do que a produção de matéria seca, nessa espécie. A Figura 6 ilustra o comportamento dessas três variáveis, em função da calagem testada.

Baseando-se na variável nitrogênio total e considerando-se as equações de regressão obtidas para essa variável, em função dos níveis de calagem (Tabelas 19 e 20), pode-se observar que o máximo valor do nitrogênio total no primeiro corte, ocorreria numa dose além da estudada. Entretanto, o nitrogênio total da planta inteira, no segundo corte, teria o seu

valor máximo mediante o emprego de 0,72 toneladas de calcário por hectare. Através da Figura 1, pode-se verificar que essa calagem proporcionaria, por ocasião do plantio, os seguintes valores na análise química do solo estudado: pH = 5,05, Al^{3+}= 0,45, (Ca^{2+}+Mg^{2+}) = 0,86, V = 23,2% e m = 33,2%.

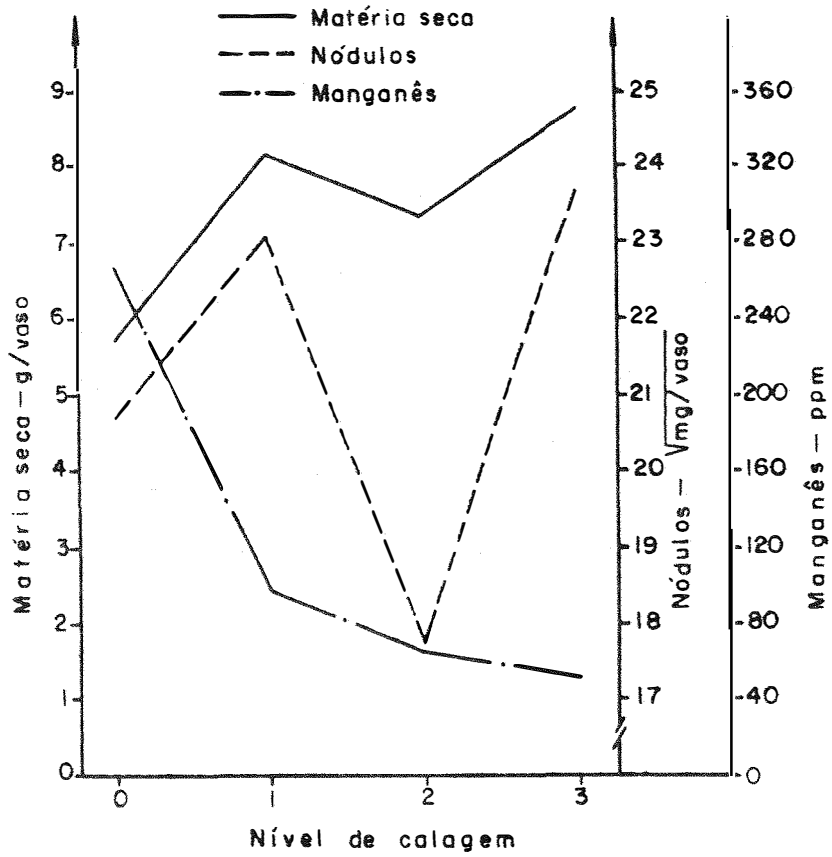

Fig. 6. Relação entre os teores de manganês na parte aérea e peso de nódulos e produção de matéria seca da galactia, obtidos no 2º corte do ensaio.

4.3. Efeitos dos micronutrientes nas leguminosas

Dada a importância que as condições de acidez do meio tem na disponibilidade dos micronutrientes e à consequente resposta das plantas à aplicação dos referidos elementos, tratar-se-á no presente trabalho de estudar os efeitos dos mesmos nas quatro leguminosas forrageiras, dentro de cada nível de calagem testado.

4.3.1. Soja perene var. Tinaroo

As significâncias (teste F) para os tratamentos dos micronutrientes aplicados dentro de cada nível de calagem, no cultivo da soja perene Tinaroo, são apresentadas nas Tabelas 21 e 22.

As análises dos dados obtidos no primeiro corte dessa leguminosa forrageira (Tabela 21) revelam que a produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente aumentada pela aplicação do molibdênio, na presença do nível 2 de calagem (pH inicial = 5,4 e final = 5,6). O desdobramento das interações (Mo x B + Cu + Zn), dentro dos níveis 1 (pH inicial = 5,1), 2 (pH inicial = 5,4) e 3 de calagem (pH inicial = 5,6), revelou que nos três casos a aplicação do molibdênio em ausência de boro + cobre + zinco, teve efeito significativo e positivo na produção de matéria seca. Resultados favoráveis da aplicação do molibdênio, para essa variável da soja perene, são relatados por Quagliato e Jones, citados por QUAGLIATO (1966)e por WERNER e MATTOS (1974).

O teor de nitrogênio na parte aérea obtida no primeiro corte da soja perene (Tabela 21) sofreu o efeito significativo e negativo da aplicação do molibdênio ou do emprego do molibdênio em presença de boro + cobre + zinco, somente dentro do nível 0 de calagem (pH inicial = 4,7).

O nitrogênio total na soja perene, à época do primeiro corte (Tabela 21) foi significativamente aumentado - pelo molibdênio simplesmente ou pelo molibdênio na ausência - dos outros três micronutrientes, dentro dos dois mais altos níveis de calagem.

A produção de matéria seca da parte aérea no segundo corte da soja perene (Tabela 22) foi significativamente aumentada, dentro das doses 1 (pH final = 5,4), 2 (pH final = 5,6) ou 3 de calcário (pH final = 5,9), pela aplicação do molibdênio. Ainda, esse micronutriente em ausência de boro + cobre + zinco mostrou semelhante efeito positivo, dentro do nível 2 de calagem. O emprego conjunto do boro, cobre e zinco , na presença de 2,49 toneladas de calcário por hectare (cala - gem 3) resultou em efeito negativo nessa variável.

Enquanto a produção das raízes não sofreu alteração pelo emprego dos micronutrientes (Tabela 22), a produ - ção de matéria seca da planta inteira teve efeitos significativos da presença do molibdênio, junto aos níveis 1, 2 ou 3 de calagem. Semelhantes resultados com soja perene foram obtidos por WERNER e MATTOS (1974).

Tabela 21. Significâncias do teste F[a] para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a soja perene. Dados referentes à parte aérea obtida no primeiro corte da espécie.

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C[b]	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC
Matéria seca						*	**[p]		**			*
Teor de N-%	*[n]		**									
N total							**[p]		**	**[p]		*
Teor de B-ppm		**			**			**			**	
Teor de Cu-ppm												
Teor de Zn-ppm												

a. (*) e (**) = significâncias aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

b. O símbolo C representa a aplicação conjunta de B + Cu + Zn

p e n = efeitos positivos e negativos, respectivamente.

O molibdênio proporcionou aumentos significativos na porcentagem de nitrogênio na parte aérea da soja perene, no segundo corte, quando empregado dentro de calagem 0, 1 ou 2 (Tabela 22). Dentro do nível 0 de calagem, em presença de boro + cobre + zinco, o efeito daquele micronutriente foi favorável ao teor de nitrogênio tanto da parte aérea como das raízes. Aliás, o porcentual de nitrogênio nas raízes foi significativamente aumentado pela aplicação de molibdênio, junto aos níveis

Tabela 22. Significâncias do teste F[a] para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a soja perene. Dados referentes ao segundo corte da espécie.

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C[b]	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC
Matéria seca-p.a.				**p			**p		*	**p	*n	
Matéria seca-raiz												
Matéria seca-pl.int.				*p			*p			**p		
Teor de N-p.a. %	**p	*p	**	**p			*p					
Teor de N-raiz %			*	**p						**p		
N total-p.a.				**p			**p		**	**p	*n	
N total-raiz				**p						**p		
N total-pl.int.				**p			**p			**p		
Nodulação[c]-nº/vaso												
Nodulação[c]-mg/vaso	**p		**									
Teor de B-p.a.-ppm		**p			**p			**p			**p	
Teor de Cu-p.a.-ppm												
Teor de Zn-p.a.-ppm												

a. (*) e (**) = significâncias aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

b. O símbolo C representa a aplicação conjunta de B+Cu+Zn

c. Dados transformados em raiz quadrada

p e n = efeitos positivos e negativos respectivamente.

1 e 3 de calagem. Aumentos nessas variáveis. como resultante da aplicação do molibdênio são referidas por FRANÇA et alii (1973) e WERNER e MATTOS (1974).

O emprego de boro, cobre e zinco juntos resultou em elevação significativa na porcentagem de nitrogênio na parte aérea, quando em ausência de calagem (Tabela 22).

O nitrogênio total na parte aérea e na planta - inteira dessa leguminosa, no segundo corte (Tabela 22), foi significativamente aumentado em decorrência da presença do molibdênio junto aos níveis 1, 2 ou 3 de calagem. Ainda, esse micronutriente em calagem 2 e na ausência de boro + cobre + zinco teve efeito benéfico no nitrogênio total da parte aérea. Também o nitrogênio total nas raízes (Tabela 22) foi incrementado pela aplicação do molibdênio, junto aos níveis 1 e 3 de calagem. Aumentos expressivos nessas variáveis de soja perene, pelo emprego desse micronutriente são relatados por FRANÇA et alii (1973), TRIGOSO e FASSBENDER (1973) e WERNER e MATTOS (1974) e concordam com as afirmações de HALLSWORTH (1958), ANDREW (1962) e EPSTEIN (1975) sobre o papel desse micronutriente na eficiência da fixação de nitrogênio pela leguminosa.

A aplicação de boro + cobre + zinco, em presença do nível 3 de calagem, proporcionou resultado depressivo e significativo no nitrogênio total da parte aérea, relativa ao segundo corte da espécie (Tabela 22).

O número de nódulos da soja perene (Tabela 22) não foi alterado pelo emprego de qualquer tratamento envolven-

do micronutrientes. Já o peso dos nódulos secos, foi significativamente aumentado pelo molibdênio simplesmente ou pelo molibdênio na presença de boro + cobre + zinco, no nível 0 de calagem (Tabela 22). Aumentos similares foram constatados em soja perene, por WERNER e MATTOS (1974). O que se pode notar na Tabela 22 é que o molibdênio aumentou, simultâneamente, o peso dos nódulos e o teor de nitrogênio na parte aérea da leguminosa, quando em ausência de calagem. Na presença de calagem somente a porcentagem de nitrogênio foi incrementada pelo molibdênio evidenciando que esse micronutriente em ausência de calagem, aumentou o teor daquele macronutriente através de aumento na massa nodular, enquanto na presença de calagem a elevação naquele teor teria ocorrido devido à maior eficiência da fixação de nitrogênio, na presença do molibdênio.

Observando-se o comportamento dos teores de boro, cobre e zinco na parte aérea da soja perene, em ambos os cortes (Tabelas 21 e 22), verifica-se que somente as concentrações de boro na planta foram significativamente aumentadas, em todos os níveis de calagem, pela aplicação desse micronutriente ao solo (juntamente com cobre e zinco). Elevações no teor de boro dessa espécie, mediante aplicação do elemento ao solo, são relatados por MIRANDA (1979).

O que se verifica, de um modo geral, para a soja perene é um efeito expressivo do molibdênio quando empregado na presença de calagem. A não constatação das respostas a esse micronutriente quando não se aplicou calcário ao solo permite supor que, nas condições ácidas (pH inicial = 4,7) o molibdê -

nio teria sido adsorvido às partículas do solo (KAMPRATH,1972 e SIQUEIRA e VELOSO, 1978) ou uma relativamente alta disponibilidade de manganês no solo (conforme discutido em 5.2.1.)teria influenciado para não resposta ao molibdênio (TRUONG et alii, 1971).

WERNER (1975) aponta que em presença de calagens baixas e moderadas, apenas a aplicação do molibdênio seria necessária para o cultivo de leguminosas tropicais. Considerando que as doses empregadas no presente trabalho, para a soja perene, podem ser encaixadas dentro daquelas categorias, os resultados obtidos concordam plenamente com a afirmação do autor citado.

Na Figura 7 são mostradas as variações relativas ocorridas na produção de matéria seca e no nitrogênio total da planta inteira bem como no peso de nódulos da soja perene, em função da presença ou não do molibdênio, dentro de cada nível de calagem. Além do já discutido efeito da calagem sobre essas variáveis (que também pode ser atribuído a alguma liberação de molibdênio adsorvido ao solo), fica bem evidente o efeito do micronutriente abordado (especialmente na produção de matéria seca e no nitrogênio total), quando em presença de calagem. Pode-se também observar que a magnitude do efeito do molibdênio é maior nos níveis mais elevados de calagem.

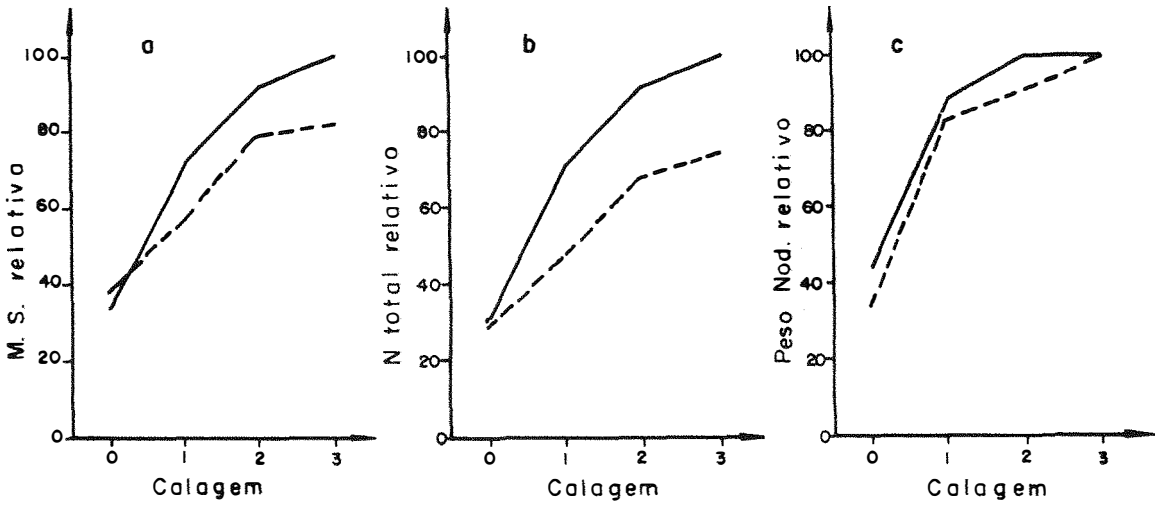

Fig. 7. Variações relativas na produção total de matéria seca (a), no nitrogênio total (b) e no peso de nódulos (c), obtidos no segundo corte da soja perene, mediante os níveis de calagem, sem (-----) ou com (——) a adição de molibdênio.

4.3.2. Centrosema

Na Tabela 23 são mostradas as significâncias obtidas para o teste F a que foram submetidas as variáveis estudadas na centrosema, com a aplicação dos micronutrientes, dentro de cada nível de calagem.

Para os dados de produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na centrosema (Tabela 23) verifica-se que nas doses de calagem 0 (pH inicial=4,7 e final de 5,0) e 1 (pH inicial = 5,1 e final = 5,2) não ocorreu qualquer significância para o efeito dos micronutrientes testados.

Tabela 23. Significâncias do teste F[a] para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a centrosema. Dados referentes ao corte único da espécie.

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C[b]	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC
Matéria seca-p.a.									**		**[n]	*
Matéria seca-raiz												
Matéria seca-pl.int.									*		**[n]	*
Teor de N-p.a. %							**[p]			*[p]		
Teor de N-raiz %												
N total-p.a.									**	*[p]	**[n]	**
N total-raiz												
N total-pl.int.									*		**[n]	**
Nodulação[c]-nº/vaso		*[n]										
Nodulação[c]-mg/vaso	**[p]	*[n]							*			
Teor de B-p.a.-ppm		*[p]			**[p]			*[p]			**[p]	
Teor de Cu-p.a.-ppm												
Teor de Zn-p.a.-ppm												

a. (*) e (**) = significâncias aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

b. O simbolo C representa a aplicação conjunta de B+Cu+Zn

c. Dados transformados em raiz quadrada

p e n = efeitos positivos e negativos, respectivamente

A produção de matéria seca da parte aérea e da planta inteira (Tabela 23) foram significativamente deprimidas pela aplicação de boro + cobre + zinco, em presença do nível 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,7). Essas mesmas variáveis tiveram interações significativas para os micronutrientes, nos níveis 2 e 3 de calagem. O desdobramento dessas interações dentro da dose 2 de calcário (pH inicial = 5,4 e final = 5,5) revelou efeito negativo e significativo para o molibdênio na presença dos outros três micronutrientes. Dentro da dose 3, entretanto o efeito do molibdênio na ausência de boro + cobre + zinco foi significativo e positivo para a produção de matéria seca da planta inteira e esteve próximo da significância para a produção de matéria seca da parte aérea. A presença conjunta de boro, cobre, molibdênio e zinco em solo com pH 5,8-5,9, também foi constatada ser depressiva para a produção de matéria seca da centrosema, por WERNER e MATTOS (1972).

O teor de nitrogênio na parte aérea (Tabela 23) foi significativamente incrementado pelo emprego do molibdênio, dentro dos níveis 2 e 3 de calagem. Semelhantes resultados foram obtidos com centrosema por TEITZEL e BRUCE (1972), WERNER e MATTOS (1975), MONTEIRO et alii (1975), WERNER et alii (1975[b]) e DE-POLLI et alii (1976).

O nitrogênio total na centrosema (Tabela 23) tanto na parte aérea como na planta inteira foram deprimidos pela aplicação de boro + cobre + zinco, dentro da dose 3 de calagem. Entretanto o emprego do molibdênio juntamente com o nível 3 de

calagem teve efeito positivo no nitrogênio total na parte aérea enquanto o molibdênio na ausência de boro + cobre + zinco aumentou significativamente o nitrogênio total na parte aérea e na planta inteira, quer no nível 2 ou no nível 3 de calagem. Aumentos semelhantes nessas variáveis, com centrosema são relatados por WERNER e MATTOS (1975), MONTEIRO et alii (1975), WERNER et alii (1975[b]) e DE-POLLI et alii (1976).

Os dados coletados para as raízes (produção de matéria seca, porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total) não exibiram qualquer variação significativa mediante o emprego dos micronutrientes testados.

A aplicação de boro + cobre + zinco, em ausência de calagem (pH inicial = 4,7 e final = 5,0), deprimiu significativamente o número e o peso de nódulos na centrosema (Tabela 23). Dentro desse mesmo nível de calagem, o molibdênio teve efeito positivo no peso de nódulos. Entretanto, esses efeitos não resultaram em qualquer alteração no nitrogênio fixado nessa leguminosa, pois não se constatou qualquer efeito dos micronutrientes na porcentagem de nitrogênio ou no nitrogênio total dessa espécie, na dose 0 de calagem.

O desdobramento da interação significativa dentro do nível 2 de calagem, para o peso de nódulos (Tabela 23) evidenciou um efeito significativo e negativo para o molibdênio na presença dos demais micronutrientes testados.

Ao se analisar os teores de boro, cobre e zinco na parte aérea da centrosema, em função do emprego dos micronutrientes, somente se constatou efeitos positivos e significati-

vos do emprego de boro + cobre + zinco, na concentração de boro na planta, em presença de qualquer dos níveis de calagem (Tabela 23).

Fazendo-se um apanhado geral dos resultados obtidos com o emprego dos micronutrientes na centrosema, verifica-se que efeitos realmente positivos são encontrados mediante a adubação com molibdênio (em geral na ausência de boro + cobre+ zinco) dentro dos níveis 2 (1,66 toneladas de calcário por hectare) e 3 de calagem (2,49t/ha).

A Figura 8 evidencia, esses efeitos do molibdênio na ausência de boro + cobre + zinco, dentro dos níveis mais elevados de calagem, para a produção de matéria seca da planta inteira e o peso de nódulos na centrosema.

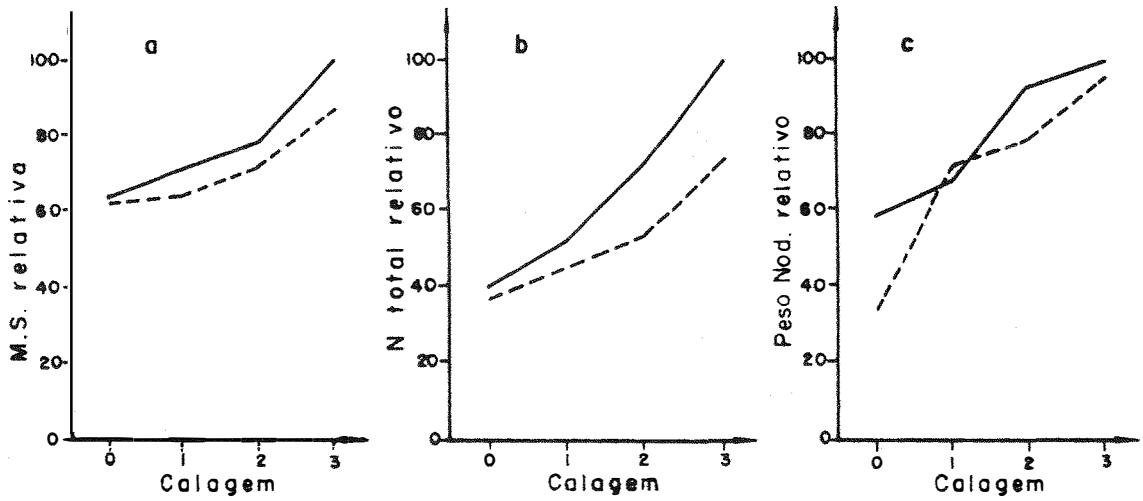

Fig. 8. Variações relativas na produção de matéria seca (a) e no nitrogênio total da planta inteira (b) e na nodulação (c) da centrosema, mediante os níveis de calagem e adição (———) ou não (-----) de molibdênio, em ausência de boro + cobre + zinco.

4.3.3. Siratro

AS significâncias verificadas pelo teste F para o emprego dos micronutrientes, dentro de cada nível de calagem, e nas variáveis estudadas através do cultivo do siratro, são apresentadas na Tabela 24.

Em termos de produção de matéria seca, de porcentagem de nitrogênio e nitrogênio total na planta (Tabela 24), não se obteve qualquer efeito para os micronutrientes testados, dentro do nível 0 de calagem (pH inicial = 4,7 e final = 5,2). Ainda dentro do nível 0 de calagem, pode-se notar na Tabela 24 que a aplicação de molibdênio ou a de boro + cobre + zinco resultou em efeito negativo significativo para o número de nódulos nas plantas de siratro. Efeito negativo para o molibdênio sobre o número de nódulos da leguminosa cultivada em pH 5,5 é relatado por DE-POLLI et alii (1976).

Quando se aplicou a dose 1 de calcário (pH inicial = 5,1 e final = 5,4), dose esta que proporcionou os sensíveis acréscimos nas variáveis estudadas, observou-se efeitos significativos e positivos da aplicação do molibdênio (Tabela 24) na produção de matéria seca da parte aérea, no teor de nitrogênio (parte aérea e raízes), no nitrogênio total (parte aérea, raízes e planta inteira) e no peso de nódulos no siratro. Semelhantes resultados para produção de matéria seca do siratro foram obtidos por TRUONG et alii (1967) e TEITZEL e BRUCE (1973) e para matéria seca e peso de nódulos nessa leguminosa por MATTOS (1972). Aumentos na porcentagem de nitrogênio e no

Tabela 24. Significâncias do teste F[a] para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para o siratro. Dados referentes ao corte único da espécie.

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C[b]	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC
Matéria seca-p.a.				*[p]							**[p]	
Matéria seca-raiz												*
Matéria seca-pl.int.					*[n]						*[p]	**
Teor de N-p.a. %				*[p]			*[p]					
Teor de N-raiz %				**[p]								
N total-p.a.				**[p]	*[n]		**[p]				*[p]	
N total-raiz				*[p]	**[n]		*[p]					*
N total-pl.int.				**[p]	**[n]		**[p]	*[n]			**[p]	**
Nodulação[c]-nº/vaso	*[n]	*[n]			**[n]						*[p]	*
Nodulação[c]-mg/vaso				*[p]								*
Teor de B-p.a.-ppm		**[p]			**[p]			**[p]			**[p]	
Teor de Cu-p.a.-ppm												
Teor de Zn-p.a.-ppm												

a. (*) e (**) = significâncias aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

b. O símbolo C representa a aplicação conjunta de B+Cu+Zn

c. Dados transformados em raiz quadrada

p e n = efeitos positivos e negativos, respectivamente

nitrogênio total pelo emprego do molibdênio em leguminosas foram apresentados por WERNER e MATTOS (1974), MONTEIRO et alii (1975), WERNER et alii (1975[b]) e DE-POLLI et alii (1976).

Em presença do nível 1 de calagem (0,83 toneladas de calcário por hectare), o emprego de boro + cobre + zinco mostrou efeito significativo e depressivo (Tabela 24) sobre a produção de matéria seca da planta inteira, nitrogênio total (parte aérea, raízes e planta inteira) e número de nódulos por vaso. Reduções significativas no nitrogênio total, quando se aplicava boro + cobre + zinco para o cultivo de leguminosa - forrageira, são relatadas por WERNER e MATTOS (1975).

O emprego do molibdênio, dentro da dose 2 de calcário (pH inicial = 5,4 e final 5,7) resultou em aumentos significativos no teor de nitrogênio na parte aérea e no nitrogênio total (parte aérea, raízes e planta inteira). De acordo com o já discutido, esses aumentos também são relacionados na literatura. Ainda dentro do nível 2 de calagem, a aplicação de boro + cobre + zinco proporcionou significativo decréscimo no nitrogênio total da planta inteira de siratro.

Com relação ao efeito dos micronutrientes dentro do nível 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final 5,9) pode-se verificar na Tabela 24 que o molibdênio não influenciou em alteração significativa em qualquer das variáveis estudadas. Entretanto o emprego de boro + cobre + zinco resultou em significativos aumentos na produção de matéria seca (parte aérea e planta inteira), no nitrogênio total (parte aérea e planta in-

teira), bem como no número de nódulos por vaso. Efeitos positivos de um ou mais desses nutrientes nas variáveis referidas, foram constatados em siratro, por TRUONG et alii (1967), TEITZEL (1969); TEITZEL e BRUCE (1973), TRIGOSO E FASSBENDER (1973) e FRANCO (1978). Aumento no número de nódulos no siratro, pela aplicação conjunta desses três micronutrientes, em pH elevado, foi obtida por MATTOS (1972).

A aplicação do molibdênio na presença de boro + cobre + zinco resultou em efeitos significativos e depressivos na produção de matéria seca (raízes e planta inteira), nitrogênio total (raízes e planta inteira) e número e peso de nódulos no siratro. Semelhantes reduções na produção de matéria seca são relatadas por MATTOS (1972) enquanto tal menção para produção de matéria seca, nitrogênio total, peso e número de nódulos é apresentada por WERNER e MATTOS (1972).

Dos resultados mostrados na Tabela 24 e da dicussão apresentada para o siratro, facilmente se pode depreender que o molibdênio não resultou em efeitos positivos, em presença do nível 0 e do nível 3 de calagem. Enquanto isso o emprego do boro + cobre + zinco somente alterou positivamente algumas variáveis estudadas, na presença do nível 3 de calagem. Esses resultados concordam plenamente com WERNER (1975), admitindo-se que a dose 3 de calcário seja elevada para o siratro (conforme já discutido). Para o molibdênio, pode ter ocorrido que na ausência de calagem, mesmo o nutriente aplicado teria se tornado indisponível pela adsorção às partículas do solo (KAMPRATH,1972,

SIQUEIRA e VELOSO, 1978 e ASHER, 1979). Todavia, à medida que se aplicou calcário (doses 1 e 2) não teria ocorrido essa fixação e poderia ter havido liberação do adsorvido, o que resultou em efeitos significativos para esse micronutriente, naquelas doses de calagem. Já, em presença do nível 3 de calagem, possivelmente a quantidade de molibdênio liberado do solo poderia ter sido suficiente para o desenvolvimento do siratro, naquela dose de calcário.

Para o boro + cobre + zinco, teria ocorrido uma diminuição na disponibilidade de um ou mais deles, em presença do nível 3 de calagem, a ponto de a aplicação dos mesmos ser necessária naquela condição. Entretanto, cabe ressaltar - que em presença do nível 1 de calcário, o emprego desses três micronutrientes resultou em efeitos prejudiciais ao siratro. Nessas condições, além de maior disponibilidade pela aplica - ção deles, poderia ter ocorrido um aumento na capacidade de absorção pelas raízes (ASHER, 1979), o que resultou num efeito prejudicial de um ou mais deles para o siratro. Em níveis mais elevados a menor disponibilidade dos micronutrientes citados teria predominado.

A Figura 9 ilustra o que se discutiu para o molibdênio ou para o boro + cobre + zinco, em função dos níveis de calagem, para a produção de matéria seca e do nitrogênio total da planta inteira e da nodulação no siratro.

Em termos de teores dos micronutrientes na parte aérea do siratro nota-se, pela Tabela 24, que somente a concentração de boro foi significativamente aumentada median-

te o emprego de boro junto ao cobre e zinco, em qualquer dos níveis de calagem.

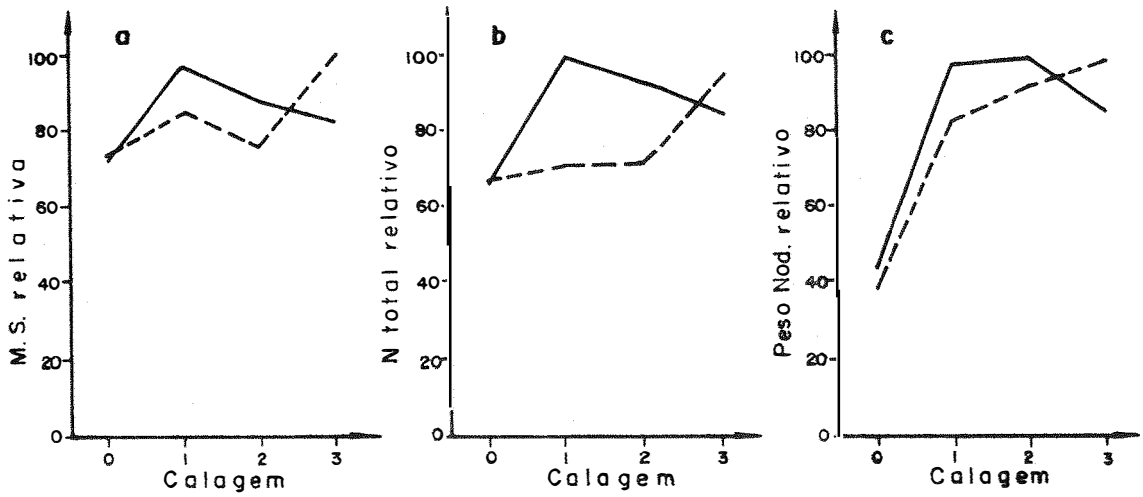

Fig. 9. Variações relativas na produção de matéria seca (a) e no nitrogênio total da planta inteira (b) e na nodulação (c) do siratro, mediante os níveis de calagem, e adição de molibdênio (———) ou de boro + cobre + zinco (—— - ——).

4.3.4. Galactia

As significâncias obtidas pelo teste F para o efeito dos micronutrientes aplicados no cultivo da galactia, dentro de cada nível de calagem, constam nas Tabelas 25 e 26.

As análises dos dados obtidos no primeiro corte da galactia (Tabela 25) revelam um efeito significativo e negativo da aplicação de boro + cobre + zinco na produção de matéria seca da parte aérea, dentro do nível 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,8). Efeitos semelhantes, foram obtidos no presente experimento com soja perene e com centrosema, o

que realça o fato de se estar deparando com algum problema específico para essas três espécies, nessas condições.

Tabela 25. Significâncias do teste F[a] para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a galactia. Dados referentes à parte aérea obtida no primeiro corte da espécie.

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C[b]	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC
Matéria seca											*[n]	
Teor de N-%				**[p]			**[p]			**[p]		
N total				*[p]			**[p]			**[p]		
Teor de B-ppm	**[p]				**[p]			**[p]			**[p]	
Teor de Cu-ppm												
Teor de Zn-ppm	**[p]					*						

a. (*) e (**) = significâncias aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente.

b. O símbolo C representa a aplicação conjunta de B+Cu+Zn

p e n = efeitos positivos e negativos, respectivamente.

Tanto a porcentagem de nitrogênio quanto o nitrogênio total da galactia no primeiro corte (Tabela 25), foram significativamente incrementados pelo emprego do molibdênio, em presença dos níveis 1 (pH inicial = 5,1 e final = 5,3), 2 (pH inicial = 5,4 e final = 5,6) ou 3 de calagem (pH inicial = 5,6 e final = 5,8). Efeitos semelhantes em leguminosas forra -

Tabela 26. Significâncias do teste F[a] para o fatorial dos micronutrientes aplicados, dentro de cada nível de calagem, para a galactia. Dados referentes ao segundo corte da espécie.

Variável estudada	Calagem 0			Calagem 1			Calagem 2			Calagem 3		
	Mo	C[b]	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC	Mo	C	MoxC
Matéria seca-p.a.												
Matéria seca-raiz		*n										
Matéria seca-pl.int.												
Teor de N-p.a. %	*p						*p					
Teor de N-raiz %	*p			*p								
N total-p.a.												
N total-raiz												
N total-pl.int.												
Nodulação[c]-nº/vaso												
Nodulação[c]-mg/vaso												
Teor de B-p.a.-ppm		**p			**p			**p			**p	
Teor de Cu-p.a.-ppm												
Teor de Zn-p.a.-ppm								*p				

a. (*) e (**) = significâncias aos níveis de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente

b. O simbolo C representa a aplicação conjunta de B+Cu+Zn

c. Dados transformados em raiz quadrada

p e n = efeitos positivos e negativos, respectivamente

geiras foram observados por FRANÇA et alii (1973), WERNER e MATTOS (1974), MONTEIRO et alii (1975), WERNER e MATTOS (1975) e DE-POLLI et alii (1976).

Em termos da produção de matéria seca (parte aérea, raízes e planta inteira) verificada no segundo corte da leguminosa, o único efeito significativo da aplicação de micronutrientes foi obtido com a adição de boro + cobre + zinco no nível 0 de calagem (pH inicial = 4,7 e final = 4,9) (Tabela 26). Tal efeito ocorreu com a produção de matéria seca das raízes.

A aplicação do molibdênio, dentro do nível 0 de calagem, proporcionou acréscimo significativo no teor de nitrogênio na parte aérea e nas raízes da galactia (Tabela 26). Efeitos semelhantes para essa variável na parte aérea, foram verificados dentro da dose 2 de calcário e nas raízes, dentro do nível 1 de calagem. Conforme o discutido com os dados do primeiro corte dessa espécie, a literatura aponta efeitos positivos do molibdênio sobre essas variáveis.

O nitrogênio total no segundo corte da galactia e a nodulação observada, não sofreram qualquer variação significativa mediante o emprego dos micronutrientes estudados, em qualquer dos níveis de calagem.

A concentração de boro na parte aérea da galactia, em ambos os cortes realizados e dentro de todos os níveis de calagem testados, foi significativamente aumentada pela aplicação de boro + cobre + zinco (Tabelas 25 e 26). MIRANDA (1979) verificou aumentos no teor de boro na parte aérea da ga

lactia, cultivada em dois solos, mediante a aplicação desse micronutriente ao solo.

O teor de zinco na parte aérea da galactia, no primeiro corte, foi significativamente aumentado como resultado da aplicação de boro + cobre + zinco em calagem 0 ou mediante o emprego dos três micronutrientes em ausência de molibdênio, dentro do nível 1 de calcário (Tabela 25). Já no segundo corte, esse efeito positivo somente ocorreu na aplicação de boro + cobre + zinco, na dose 2 de calagem (Tabela 26). Aumentos no teor desse micronutriente na parte aérea da galactia, com a adição do elemento na adubação, são relatados por MIRANDA (1979) em trabalho com um solo Podzólico Vermelho Amarelo.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho pode-se apontar as seguintes conclusões:

1. O emprego das doses de calcário dolomítico, avaliado à época do plantio das leguminosas, fez variar alguns parâmetros da análise química do solo nas seguintes faixas: pH de 4,7 a 5,6; alumínio trocável de 0,80 a 0,08, cálcio trocável de 0,30 a 1,18 e magnésio trocável de 0,10 a 0,60 equivalentes miligrama por cem mililitros de solo, porcentagem de saturação de bases de 12,1 a 44,8 por cento e porcentagem de saturação de alumínio de 63,0 a 4,1 por cento;

2. Tanto a soja perene variedade Tinaroo como a centrosema apresentaram aumentos significativos e lineares na produção de matéria seca, no nitrogênio total acumulado e na

nodulação até a maior dose de calcário aplicada (2,49 toneladas por hectare), planejada para elevar o pH do solo a 6,5 , mas que efetivamente elevou o pH a 5,6 e conseguiu anular o alumínio trocável do solo. Os valores máximos para essas variáveis seriam obtidos com calagens superiores ao máximo nível testado, para esse solo e com ambas as leguminosas;

3. A produção de matéria seca e nitrogênio totais bem como a nodulação do siratro se deram segundo uma equação do terceiro grau, em relação à calagem. O máximo valor do nitrogênio total no siratro seria obtido, no solo estudado, com o emprego de uma tonelada de calcário dolomítico por hectare, o que proporcionaria no solo um pH de 5,18; alumínio trocável de 0,35, cálcio mais magnésio trocáveis de 1,03 equivalentes miligrama por cem mililitros de solo, porcentagem de saturação de bases de 27,2 por cento e porcentagem de saturação de alumínio de 24,8 por cento, à época do plantio do experimento.

4. Para a galactia, a produção de matéria seca e o nitrogênio total da parte aérea, no primeiro corte do ensaio seguiram uma variação linear, em função da calagem. No segundo corte do experimento, a produção de matéria seca, nitrogênio total da planta e a nodulação seguiram uma equação de terceiro grau. O valor máximo para o nitrogênio total na segunda colheita ocorreria, nesse solo, mediante a aplicação de 0,72 toneladas de calcário dolomítico por hectare. Essa calagem resultaria, à época do plantio do ensaio, em valores no solo de pH=5,05; alumínio trocável de 0,45, cálcio mais magnê

sio trocáveis de 0,86 equivalentes miligrama por cem mililitros de solo, uma porcentagem de saturação de bases de 23,2 por cento e uma porcentagem de saturação em alumínio de 33,2 por cento;

5. Na ausência de calagem, a soja perene variedade Tinaroo mostrou altos teores de manganês na parte aérea, que resultaram em sintomas visuais de toxidez desse micronutriente nessa leguminosa. O excesso desse micronutriente seria um dos problemas nas condições mais ácidas do solo estudado, para normais nodulação e desenvolvimento dessa espécie;

6. O emprego dos níveis de calcário dolomítico resultou em variações significativas nos teores de macro e micronutrientes na parte aérea das leguminosas testadas;

7. O molibdênio foi, entre os micronutrientes, o que proporcionou as maiores respostas favoráveis nas leguminosas estudadas, porém essa ação benéfica não ocorreu em ausência de calagem, quando o solo tinha um pH de 4,7, por ocasião da semeadura do experimento;

8. Para a soja perene variedade Tinaroo, o molibdênio proporcionou respostas positivas quando empregado em presença das doses de 0,83; 1,66 ou 2,49 toneladas de calcário dolomítico por hectare;

9. O molibdênio, em ausência da aplicação de boro, cobre e zinco, resultou em efeitos benéficos para a centrosema, ao ser adicionado em solo que havia recebido 1,66 ou

2,49 toneladas de calcário dolomítico por hectare . Nas condições da mais elevada calagem, o emprego conjunto de boro, cobre e zinco proporcionou efeitos negativos na produção de matéria seca da parte aérea e da planta inteira dessa leguminosa.

10. Em presença da dose menor de calagem (de 0,83 toneladas de calcário dolomítico por hectare), o siratro teve efeitos favoráveis da aplicação do molibdênio e depressivos do emprego conjunto de boro, cobre e zinco. Estes três micronutrientes juntos, tiveram efeitos positivos no siratro , quando aplicados ao solo que recebera a maior dose de calagem (2,49 toneladas por hectare).

11. A galactia, a se julgar pelo que ocorreu no primeiro corte do experimento, mostrou expressivas respostas ao emprego do molibdênio, quando o calcário dolomítico foi adicionado ao solo;

12. A aplicação conjunta de boro, cobre e zinco resultou em significativos acréscimos no teor de boro na parte aérea das quatro leguminosas e em qualquer dos níveis de calagem testados.

6. LITERATURA CITADA

ANDREW, C.S. e D.O. NORRIS. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate legume species. Aust. J. agric. Res., Melbourne, 12:40-45.

ANDREW, C.S. 1962. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: Comittee of the Division of Tropical Pastures, CSIRO, Austrália, Ed. A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures; a symposium. Farnham Royal, Bucks, Commonwealth Agricultural Bureaux, p. 130-146. Bulletin 46.

ANDREW, C.S. e P.M. THORNE. 1962. Comparative responses to copper of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. agric. Res., Melbourne, 13:821-835.

ANDREW, C.S. e M.P. HEGARTY. 1969. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Aust. J. agric. Res., Melbourne, 20: 687-696.

ANDREW, C.S. e W.H.J. PIETERS. 1970. Manganese toxicity symptoms of one temperate and seven tropical pasture legumes. Tech. Pap. Div. Trop. Past. CSIRO Aust., Melbourne, n. 4. 8p.

ANDREW, C.S., A.D. JOHNSON e R.L. SANDLAND. 1973. Effect of aluminum on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. agric. Res., Melbourne, 24:325-339.

ANDREW, C.S. 1976. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. I. Nodulation and growth. Aust. J. agric. Res., Melbourne, 27:611-623.

ANDREW, C.S. 1978. Legumes and acid soils. In: DÖBEREINER, J., R.H. BURRIS e A. HOLLAENDER, ed. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, p. 135-160.

ASHER, C.J. 1979. Revisão sobre a natureza geral dos problemas de fertilidade dos solos ácidos. In: BOOK, A. e A.L. GARDNER, ed. Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos. Campo Grande, M.S., Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, p. 4-20.

BRAZON, C.A.A. 1971. Efeitos da aplicação de calcário, fósforo, potássio e inoculante sobre a produção de matéria seca, nodulação e composição química de *Phaseolus atropurpureus* DC cv. Siratro. Piracicaba, ESALQ/USP, 61 p. (Dissertação de Mestrado).

BUCKMAN, H.O. e N.C. BRADY. 1968. Natureza e propriedades dos solos; trad. E.B.N. Figueiredo Filho. Rio de Janeiro, Livraria Freitas Bastos, 594 p.

CAMARGO, O.A. e B. VAN RAIJ. 1976. Relações entre alumínio trocável, bases trocáveis e pH em solos. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, p. 95-101.

CARTWRIGHT, B. e E.G. HALLSWORTH. 1970. Effects of copper deficiency on root nodules of subterranean clover. Pl. Soil, The Hague, 33:685-698.

CARVALHO, M.M., G.E. FRANÇA, A.F.C. BAHIA FILHO e O.L. MOZZER. 1971. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latossolo vermelho - escuro, fase mata. Pesq. agropec. bras. Rio de Janeiro, 6:285-290.

CARVALHO, M.M., O.L. MOZZER, J.G. FERREIRA e A.F.C. BAHIA FILHO. 1974. Efeito de fontes de fósforo e corretivos do solo em duas leguminosas tropicais. In: Anais da XI Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Fortaleza, p. 326-327.

CATANI, R.A. e O. ALONSO. 1969. Avaliação da exigência de calcário do solo. Anais Esc. sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba, 26:141-156.

CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO. 1974. Avaliação da fertilidade do solo - métodos de análise. Piracicaba, Livroceres, 61p.

COLEMAN, N.T. e E.W. THOMAS. 1967. The basic chemistry of soil acidity. In: PEARSON, R.W. e F. ADAMS, ed. Soil acidity and liming. Madison, Am. Soc. Agron., p. 1-41.

DEFELIPO, B.V., J.M. BRAGA e C. SPIES. 1972. Comparação entre métodos de determinação da necessidade de calcário de solos de Minas Gerais. Experientiae, Viçosa, 13:111-136.

DE-POLLI, H. e J. DÖBEREINER. 1974. Deficiência de micronutrientes em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo e sua correção com "pellet" de F.T.E.. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 9:93-99.

DE-POLLI, H., A.R. SUHET e A.A. FRANCO. 1976. Micronutrientes limitando a fixação de nitrogênio atmosférico e produção de centrosema em solo Podzólico Vermelho Amarelo. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, p. 151-156.

DÖBEREINER, J. e S. ARONOVICH. 1966. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação de nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth, em solo com toxidez de manganês. In: Anais do 9º Congresso Internacional de Pastagens, São Paulo, v. 2 p. 1121-1124.

EIRA, P.A., P.L. ALMEIDA e W.C. SILVA. 1972. Fatores nutricionais limitantes do desenvolvimento de três leguminosas forrageiras em solo podzólico vermelho-amarelo. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 7:185-192.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. 1979. Relatório técnico anual: 1976-78. Brasília, 120p.

EPSTEIN, E. 1975. Nutrição mineral das plantas : princípios e perspectivas; trad. e notas de E. Malavolta. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos; São Paulo, Editora da Univ. São Paulo, 341 p.

FRANÇA, G.E. e M.M. CARVALHO. 1970. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:147-153.

FRANÇA, G.E., A.F.C. BAHIA FILHO e M.M. CARVALHO. 1973. Influência de magnésio, micronutrientes e calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio na soja perene var. Tinaroo (*Glycine wightii*) em solo de cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 8:197-202.

FRANCO, A.A. e J. DÖBEREINER. 1971. Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja-*Rhizobium*. Pesq. agropec. bras. 6:57-66.

FRANCO, A.A. 1978. Micronutrient requirements of legume-*Rhizobium* symbiosis in the tropics. In: DÖBEREINER, J., R.H. BURRIS e A. HOLLAENDER, ed. Limitations and potentials for

biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, p. 161-171.

FREITAS, L.M.M. e P.F. PRATT. 1969. Respostas de três leguminosas a calcário em diversos solos ácidos de São Paulo. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 4:89-95.

GAVAZONI, J.C., J.A. GOMIDE e J.C. GOMES. 1979. Resposta do siratro à aplicação de fósforo, potássio, calcário e micronutrientes. Revta. Soc. bras. Zoot., Viçosa, 8:407-420.

HALLSWORTH, E.G. 1958. Nutritional factors affecting nodulation. In: HALLSWORTH, E.G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, p. 183-201.

HEWITT, E.J. 1958. Some aspects of mineral nutrition. In: HALLSWORTH, E.G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, p. 15-42.

JACKSON, W.A. 1967. Physiological effects of soil acidity. In: PEARSON, R.W. e F. ADAMS, ed. Soil acidity and liming. Madison, Am. Soc. Agron., p. 43-134.

JONES, M.B. e L.M.M. FREITAS. 1970. Respostas de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e calcário, num Latosol Vermelho-Amarelo de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:91-99.

JONES, M.B., J.L. QUAGLIATO e L.M.M. FREITAS. 1970. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesq. agropec. bras., Rio de Janeiro, 5:209-214.

JONES, R.J. 1974. Proposta de zoneamento de plantas forrageiras para o Estado de São Paulo. Zootecnia, São Paulo, 12: 177-190.

KAMPRATH, E.J. 1970. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. Proc. Soil Sci. Soc. Am., Madison, 34:252-254.

KAMPRATH, E.J. 1972. Soil acidity and liming. In: COMITTEE ON TROPICAL SOILS, ed. Soils of the humid tropics. Washington, National Academy of Sciences, p. 136-149.

KOLLING, J. J.G. STAMMEL e E. KORNELIUS. 1974. Efeitos da calagem e da adubação fosfatada sobre a nodulação, nitrogênio total no tecido e produção de matéria seca de leguminosas forrageiras de clima tropical. Agronomia sulriogr., Porto Alegre, 10:267-280.

KORNELIUS, E. e J.G. STAMMEL. 1973. Respostas de duas leguminosas tropicais a fósforo e calcário em um solo ácido do Rio Grande do Sul. In: Anais da X Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia e I Congresso Brasileiro de Forrageiras, Porto Alegre, p. 421-422.

LINDSAY, W.L. 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J., P.M. GIORDANO e W.L. LINDSAY, ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Sci. Soc. Am., p. 41-57.

LOTT, W.L., J.P. NERY, J.R. GALLO e J.C. MEDCALF. 1956. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Bull. IBEC Res. Inst., New York, n. 9, 40p.

LOVADINI, L.A.C. 1972. Comportamento da soja perene (*Glycine wightii* Verdc) em solos ácidos, em função das variações de pH, Al trocável e do fósforo aplicado como fosfato solúvel. Piracicaba, ESALQ/USP, 94p. (Tese de Doutoramento).

LOVADINI, L.A.C., E.A. BULISANI e H.A.A. MASCARENHAS. 1977. Efeito de níveis de calagem, fósforo e potássio na produção de matéria seca de soja perene (*Glycine wightii* Verdc) em solos de cerrado. Revta. bras. Cienc. Solo, Campinas, 1: 31-34.

MALAVOLTA, E. 1976. Manual de química agrícola: nutrição de plantas e fertilidade do solo. São Paulo, Ed. Agronomica - Ceres, 528p.

MATTOS, H.B. 1972. Efeitos da aplicação de calcário e micronutrientes sobre a produção de matéria seca, nodulação e composição química de *Phaseolus atropurpureus* DC cv. Siratro. Piracicaba, ESALQ/USP, 117p. (Tese de Doutoramento).

MATTOS, H.B. e J.C. WERNER. 1972. Efeito da aplicação de nutrientes minerais em *Galactia striata* cultivada em um solo de Nova Odessa. In: Anais da IX Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, p. 261-262.

MATTOS, H.B. e P.B. ALCÂNTARA. 1976. *Galactia striata*, promissora leguminosa para o Brasil Central. Zootecnia, Nova O-

dessa, 14:51-57.

MIRANDA, M.T. 1979. Contribuição ao estudo da nutrição mineral e da adubação do siratro (*Macroptilium atropurpureum* , DC cv. Siratro), galactia (*Galactia striata*, (Jacq.) Urb.) e soja perene comum (*Glycine wightii*, Willd) em dois solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 132p. (Dissertação de Mestrado).

MONTEIRO, F.A., J.C. WERNER e M.A. SANTOS. 1975. Fatorial Bx MoxCuxZn em *Centrosema pubescens* Benth, com solo de Andradina, SP. In: Anais da XII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasília, p. 82-83.

MUNNS, D.N. 1970. Nodulation of *Medicago sativa* in solution culture. V. Calcium and pH requirements during infection. Pl. Soil, The Hague, 32: 90-102.

MUNNS, D.N. e R.L. FOX. 1977. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Pl. Soil, The Hague , 46:533-548.

MUNNS, D.N., R.L. FOX e B.L. KOCH. 1977. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. Pl. Soil, The Hague, 46:591-601.

NEME, N.A. e L.A.C. LOVADINI. 1967. Efeito de adubos fosfatados e calcário na produção de forragem de soja perene em terra de cerrado. Bragantia, Campinas, 26:365-371.

NEPTUNE, A.M.L. 1975. Aplicação de calcário em culturas forrageiras. In: Anais do 2º Simpósio sobre Manejo da Pastagem, Piracicaba, ESALQ/USP, p.49-86.

NERY, M., J.R.R. PERES e J. DÖBEREINER. 1976. Efeito de micronutrientes na forma de F.T.E. na produção de leguminosas forrageiras e fixação de nitrogênio. In: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, p. 157-162.

NEYRA, C.A. 1978. Interactions of plant photosynthesis with dinitrogen fixation and nitrate assimilation. In: DÖBEREINER, J., R.H. BURRIS e A. HOLLAENDER, ed. Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics. New York, Plenum, p. 111-120.

NORRIS, D.O. 1958. Lime in relation to the nodulation of tropical legumes. In: HALLSWORTH, E.G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, p. 164-182.

NORRIS, D.O. 1959. The role of calcium and magnesium in the nutrition of *Rhizobium*. Aust. J. agric. Res., Melbourne, 10:651-696.

ODU, C.T.I., A.A. FAYEMI e J.A. OGUNWALE. 1971. Effect of pH on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* and *Stylosanthes gracilis*. J. Sci. Fd. - Agric., London, 22:57-59.

PERKIN-ELMER CORPORATION. 1976. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Hartford, Perkin Elmer, 45p.

PIMENTEL GOMES, F. 1970. Curso de estatística experimental. 4. ed. Piracicaba, Livraria Nobel, 430 p.

PRICE, C.A., H.E. CLARK e E.A. FUNKHOUSER. 1972. Functions of micronutrients in plants. In: MORTVEDT, J.J., P.M. GIORDANO e W.L. LINDSAY, ed. Micronutrients in agriculture. Madison, Soil Sci. Soc. Am., p. 231-242.

QUAGLIATO, J.L. 1966. Produção de leguminosas forrageiras nos trópicos. Piracicaba, ESALQ/USP, 14 p. (Curso Pós-Graduado de Nutrição Animal e Pastagens).

QUAGLIATO, J.L. e P. NUTI. 1969. Efeito da calagem e micronutrientes na produção de leguminosas forrageiras em solos de cerrado. In: 1º Encontro de Técnicos da Região Centro-Sul para Discussão de Problemas Relacionados às Leguminosas Forrageiras, Nova Odessa, 3p.

RIBEIRO, G.L., R. GARCIA, A.T. RADIM e J.A. GOMIDE. 1970. Respostas da soja perene (*Glycine javanica*) à inoculação com *Rhizobium* cowpea, calagem e adubação fosfatada e potássica. In: Anais da VII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Piracicaba, p. 16-17.

RORISON, I.H. 1958. The effect of aluminum on legume nutrition. In: HALLSWORTH, E.G., ed. Nutrition of the legumes. London, Butterworths, p. 43-61.

SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG. 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP, 56p.

SIQUEIRA, C. e A.C. VELOSO. 1978. Adsorção de molibdato em solos sob vegetação de cerrado. Revta. bras. Cienc. Solo, Campinas, 2:24-28.

SOARES, W.V. e M.A.T. VARGAS. 1974. Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais em três solos sob cerrado do Distrito Federal. In: Anais do XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Santa Maria, p. 448-460.

SOARES, W.V. 1979. Descrição geral dos solos de cerrado e progresso obtido na identificação de limitações reais e potenciais de nutrientes nos mesmos. In: BOOK, A. e A.L. GARDNER, ed. Nutrição de plantas forrageiras em solos tropicais ácidos. Campo Grande, M.S., Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, p. 32-46.

SOUTO, S.M. e J. DÖBEREINER. 1969. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesq. agropec. bras.,Rio de Janeiro, 4:129-138.

TEITZEL, J.K. 1969. Responses to phosphorus, copper and potassium on a granite loam of the wet tropical coast of Queensland. Trop. Grass., Brisbane, 3:43-48.

TEITZEL, J.K. e R.C. BRUCE. 1971. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 2. Granitic soils. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., Melbourne, 11:77-84.

TEITZEL, J.K. e R.C. BRUCE. 1972. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 3. Basaltic soils. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., Melbourne, 12:49-54.

TEITZEL, J.K. e R.C. BRUCE. 1973. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland. 6. Soils derived from beach sand. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., Melbourne, 13:312-318.

TISDALE, S.L. e W.L. NELSON. 1975. Soil fertility and fertilizers. 3. ed. New York, Mac Millan, 694p.

TRIGOSO, R. e H.W. FASSBENDER. 1973. Efecto de aplicaciones de Ca+Mg, P, Mo y B sobre la producción y fijación de nitrógeno de cuatro leguminosas tropicales. Turrialba, 23: 172-180.

TRUONG, N.V., C.S. ANDREW e P.J. SKERMAN. 1967. Responses by siratro (*Phaseolus atropurpureus*) and white clover (*Trifolium repens*) to nutrients on solodic soils at Beaudesert, Queensland. Aust. J. exp. Agric. anim. Husb., 7:232-236.

TRUONG, N.V., C.S. ANDREW e G.L. WILSON. 1971. Manganese toxicity in pasture legumes. II. Effects of pH and molybdenum levels in the substrate. Pl. Soil, The Hague, 34:547-560.

VAN RAIJ, B. 1975. Interpretação da análise de terra. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 8p.

YUAN, T.L. 1963. Some relationships among hydrogen, aluminum and pH in solutions and soil systems. Soil Sci, New Jersey, 95:155-163.

WERNER, J.C. e H.B. MATTOS. 1972. Estudos de nutrição da centrosema, *Centrosema pubescens*, Benth. Bolm. Ind. anim., São Paulo, 29:375-391.

WERNER, J.C. E H.B. MATTOS. 1974. Ensaio de fertilização com alguns micronutrientes em soja perene, *Glycine wightii*, Willd. Bolm. Ind. anim., São Paulo, 31:313-324.

WERNER, J.C. 1975. Uso de micronutrientes em pastagens. In: Anais do 2º Simpósio sobre Manejo da Pastagem , Piracicaba, ESALQ/USP, p. 87-111.

WERNER, J.C. e H.B. MATTOS. 1975. Ensaio de fertilização com quatro micronutrientes em *Centrosema pubescens*, Benth. Bolm. Ind. anim., São Paulo, 32:123-135.

WERNER, J.C., F.A. MONTEIRO e H.B. MATTOS. 1975[a]. Emprego de micronutrientes na forma de elementos traços fundidos (F.T.E.) em leguminosas forrageiras tropicais. Bolm. Ind. anim., São Paulo, 32:347-361.

WERNER, J.C., F.A. MONTEIRO e M.A. SANTOS. 1975[b]. Fatorial BxMoxCuxZn em *Centrosema pubescens*, Benth com solo de São José do Rio Preto, SP. In: Anais da XII Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Brasília, p.68-69.

WERNER, J.C. 1977. Adubação de pastagens. In: Iº Encontro de Atualização em Pastagens. São Paulo, NESTLÉ, p. 43-63.

7. APÊNDICE

Tabela 27. Soja perene var. Tinaroo, 1º corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e nos teores dos demais nutrientes na parte aérea da leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos	M.S.	N	N total	% na M.S.				ppm na M.S.				
Cal. -micro	g/vaso	%	mg/vaso	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-sem	1,74	3,71	64	0,32	3,49	0,85	3,15	60	12	155	942	52
0-Mo	1,59	4,03	64	0,28	3,44	0,78	2,98	61	10	131	996	51
0-BCuZn	1,64	4,20	68	0,35	3,66	0,85	3,56	77	11	165	954	59
0-MoBCuZn	2,36	3,06	71	0,30	3,60	0,83	3,14	72	12	151	896	49
1-sem	4,03	1,91	76	0,31	2,84	0,82	2,61	46	10	108	159	35
1-Mo	4,93	1,74	86	0,28	2,36	0,71	2,41	36	8	121	118	33
1-BCuZn	4,30	1,64	70	0,29	2,88	0,77	2,74	57	8	131	114	35
1-MoBCuZn	3,77	1,86	70	0,31	2,89	0,93	3,05	68	9	144	139	37
2-sem	4,17	1,63	67	0,33	3,02	0,98	2,87	35	7	106	76	31
2-Mo	6,23	1,87	117	0,30	2,98	0,90	2,88	35	6	92	62	28
2-BCuZn	5,05	1,62	82	0,31	3,05	0,89	2,78	63	8	114	65	30
2-MoBCuZn	4,67	1,85	86	0,29	2,24	0,78	2,77	62	6	121	66	29
3-sem	5,42	1,62	87	0,27	2,52	0,81	2,54	29	5	126	50	26
3-Mo	6,77	1,81	123	0,27	2,98	0,88	2,93	38	8	103	50	28
3-BCuZn	5,57	1,72	95	0,27	2,55	0,81	2,55	59	6	102	41	27
3-MoBCuZn	5,42	1,84	99	0,27	2,12	0,80	2,63	59	8	119	44	28
C.V. %	12,3	11,8	15,0	12,0	17,4	15,6	12,8	10,5	30,2	19,5	21,4	10,1

Tabela 28. Soja perene var. Tinaroo, 2º corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos Cal. -micro	M.S. - g/vaso			N %		N total- mg/vaso			Nodulação[a]	
	p.a.	raiz	pl.int.	p.a.	raiz	p.a.	raiz	pl.int.	nº/vaso	mg/vaso
0-sem	1,79	2,24	4,03	1,69	1,82	29	41	70	4,60	8,59
0-Mo	1,70	2,13	3,83	1,67	1,72	28	36	64	6,02	8,34
0-BCuZn	2,09	2,34	4,43	1,44	1,75	30	40	70	4,38	6,02
0-MoBCuZn	1,58	2,13	3,71	2,77	2,05	44	44	88	5,77	10,35
1-sem	2,94	3,15	6,09	2,21	1,74	64	55	119	10,07	16,91
1-Mo	4,59	3,78	8,37	2,48	2,06	114	78	192	11,49	19,38
1-BCuZn	3,43	3,04	6,47	1,89	1,75	63	54	117	11,37	18,38
1-MoBCuZn	4,08	3,38	7,46	2,52	1,97	102	66	168	9,81	17,94
2-sem	4,75	3,68	8,43	2,00	1,81	95	67	162	14,43	19,59
2-Mo	6,91	3,59	10,50	2,50	2,07	172	74	246	14,71	21,05
2-BCuZn	5,45	3,45	8,90	2,13	1,93	116	66	182	12,72	19,21
2-MoBCuZn	5,69	4,09	9,78	2,47	1,96	140	79	219	13,27	19,38
3-sem	6,11	3,41	9,52	2,21	1,88	134	64	198	16,25	21,30
3-Mo	7,77	3,80	11,57	2,41	2,06	188	78	266	14,38	21,48
3-BCuZn	5,28	3,19	8,47	2,37	1,83	122	59	181	15,82	21,29
3-MoBCuZn	6,76	3,70	10,46	2,41	2,09	161	77	238	15,62	21,15
C.V. %	15,4	14,6	13,8	12,9	7,1	14,5	15,2	13,0	12,9	11,2

a - Dados originais transformados em raiz quadrada.

Tabela 29. Soja perene var. Tinaroo, 2º corte. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos Cal. -micro	% na M.S.				ppm na M.S.				
	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-sem	0,20	1,31	0,48	1,41	52	11	149	474	67
0-Mo	0,21	1,31	0,50	1,39	54	12	137	460	72
0-BCuZn	0,23	1,26	0,49	1,48	65	11	188	458	70
0-MoBCuZn	0,25	1,33	0,55	1,72	73	13	210	517	80
1-sem	0,23	1,12	0,47	1,81	51	9	149	162	58
1-Mo	0,19	1,09	0,47	1,68	45	9	173	121	54
1-BCuZn	0,23	1,22	0,48	1,66	72	8	160	148	65
1-MoBCuZn	0,22	1,18	0,49	1,71	72	10	130	143	56
2-sem	0,22	1,40	0,55	1,62	47	8	158	96	54
2-Mo	0,17	1,26	0,46	1,21	40	7	164	78	53
2-BCuZn	0,17	1,20	0,43	1,30	64	7	153	65	52
2-MoBCuZn	0,17	1,23	0,44	1,29	65	7	149	67	51
3-sem	0,18	1,35	0,45	1,34	34	8	133	63	50
3-Mo	0,18	1,36	0,47	1,18	35	6	150	59	44
3-BCuZn	0,20	1,43	0,48	1,43	69	8	148	59	56
3-MoBCuZn	0,17	1,28	0,46	1,21	58	8	133	46	46
C.V. %	12,5	9,0	8,3	10,2	15,0	20,5	14,6	14,6	11,9

Tabela 30. Centrosema. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos Cal. -micro	M.S. - g/vaso			N %		N total-mg/vaso			Nodulação[a]	
	p.a.	raiz	pl.int.	p.a.	raiz	p.a.	raiz	pl.int.	nº/vaso	mg/vaso
0-sem	5,45	3,99	9,44	1,28	1,65	70	66	136	7,39	9,78
0-Mo	6,07	3,54	9,61	1,45	1,64	88	58	146	10,32	16,90
0-BCuZn	5,02	3,79	8,81	1,50	1,69	74	64	138	4,96	7,00
0-MoBCuZn	4,74	3,01	7,75	1,49	1,72	71	52	123	6,27	11,87
1-sem	6,11	3,71	9,82	1,67	1,63	102	60	162	11,70	20,72
1-Mo	6,47	4,35	10,82	1,75	1,71	115	75	190	9,98	19,39
1-BCuZn	6,10	3,82	9,92	1,77	1,72	108	66	174	11,18	21,81
1-MoBCuZn	5,78	3,56	9,34	2,02	1,82	117	65	182	11,31	21,45
2-sem	6,70	4,26	10,96	1,81	1,76	122	75	197	10,66	22,71
2-Mo	7,93	4,02	11,95	2,36	1,91	187	77	264	11,88	26,71
2-BCuZn	8,12	4,77	12,89	1,86	1,92	151	92	243	12,22	27,83
2-MoBCuZn	6,34	3,99	10,33	1,99	1,91	128	76	204	8,93	21,75
3-sem	8,66	4,64	13,30	2,07	1,90	180	88	268	10,52	27,30
3-Mo	9,92	5,37	15,29	2,57	2,02	255	108	363	11,30	28,61
3-BCuZn	8,35	4,61	12,96	2,08	1,96	176	90	266	9,79	26,03
3-MoBCuZn	7,46	4,22	11,68	2,16	1,92	163	82	245	12,50	23,70
C.V. %	11,8	14,8	10,4	10,1	5,7	19,4	16,1	16,3	21,3	15,9

a - Dados originais transformados em raiz quadrada.

Tabela 31. Centrosema. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos Cal. -micro	% na M.S.				ppm na M.S.				
	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-sem	0,16	1,73	0,28	0,71	41	10	220	632	68
0-Mo	0,14	1,66	0,25	0,73	42	9	181	548	63
0-BCuZn	0,17	1,82	0,29	0,81	45	11	278	681	66
0-MoBCuZn	0,17	1,87	0,32	0,79	52	11	301	703	76
1-sem	0,16	1,90	0,31	0,80	45	8	155	183	49
1-Mo	0,16	1,82	0,32	0,79	45	11	180	177	56
1-BCuZn	0,16	2,00	0,33	0,78	55	11	235	182	57
1-MoBCuZn	0,16	2,04	0,34	0,88	54	10	225	204	54
2-sem	0,15	2,03	0,34	0,86	40	8	141	116	51
2-Mo	0,13	1,85	0,31	0,81	36	7	165	101	52
2-BCuZn	0,14	1,98	0,33	0,91	44	8	191	98	56
2-MoBCuZn	0,15	1,98	0,33	0,78	46	8	178	131	53
3-sem	0,14	1,86	0,29	0,79	30	6	120	86	49
3-Mo	0,14	1,80	0,30	0,82	31	8	142	70	50
3-BCuZn	0,15	1,88	0,32	0,84	44	8	160	67	55
3-MoBCuZn	0,17	2,23	0,37	0,88	47	10	172	75	53
C.V. %	9,6	9,5	9,8	10,5	10,7	20,5	17,7	25,7	13,5

Tabela 32. Siratro. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos cal. -micro	M.S. - g/vaso			N - %		N total-mg/vaso			Nodulação[a]	
	p.a.	raiz	pl.int.	p.a.	raiz	p.a.	raiz	pl.int.	nº/vaso	mg/vaso
0-sem	2,63	4,34	6,97	2,96	1,13	78	49	127	4,41	6,19
0-Mo	2,77	4,04	6,81	2,97	1,16	82	47	129	3,83	6,34
0-BCuZn	2,79	4,28	7,07	3,08	1,11	84	47	131	3,86	5,70
0-MoBCuZn	2,83	3,19	6,02	3,20	1,31	90	41	131	2,60	5,42
1-sem	3,25	5,48	8,73	2,97	1,01	96	55	151	8,46	11,67
1-Mo	3,86	5,36	9,22	3,31	1,27	128	68	196	9,13	14,28
1-BCuZn	3,20	4,91	8,11	2,87	1,01	91	49	140	7,26	12,00
1-MoBCuZn	3,37	4,52	7,89	3,31	1,16	112	52	164	8,03	12,87
2-sem	3,22	5,25	8,47	2,92	1,12	94	59	153	9,83	13,50
2-Mo	3,50	4,91	8,41	3,42	1,27	120	62	182	9,52	14,51
2-BCuZn	2,97	4,27	7,24	3,18	1,10	94	47	141	9,37	13,32
2-MoBCuZn	3,18	5,07	8,25	3,45	1,17	109	59	168	8,45	13,63
3-sem	3,05	4,11	7,16	3,44	1,17	104	48	152	8,80	11,57
3-Mo	3,29	4,62	7,91	3,38	1,21	111	56	167	9,07	12,44
3-BCuZn	3,91	5,61	9,52	3,16	1,13	123	63	186	10,73	14,34
3-MoBCuZn	3,53	4,34	7,87	3,31	1,22	116	53	169	9,04	11,72
C.V. %	8,7	13,7	9,6	8,3	8,5	8,6	11,7	6,4	8,8	11,6

a - Dados originais transformados em raiz quadrada.

Tabela 33. Siratro. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos Cal. -micro	% na M.S.				ppm na M.S.				
	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-sem	0,21	2,02	0,63	1,93	28	14	248	1001	75
0-Mo	0,18	1,98	0,61	1,78	30	12	225	809	67
0-BCuZn	0,21	2,04	0,62	1,84	40	12	221	883	72
0-MoBCuZn	0,19	1,83	0,57	1,87	36	13	226	755	61
1-sem	0,22	2,20	0,85	1,73	32	10	235	175	61
1-Mo	0,21	1,87	0,82	1,80	32	11	222	127	58
1-BCuZn	0,21	2,04	0,84	1,73	47	10	224	164	51
1-MoBCuZn	0,22	1,98	0,83	1,89	43	11	241	161	53
2-sem	0,22	2,20	0,97	1,60	33	11	231	90	46
2-Mo	0,21	1,95	0,87	1,90	36	11	200	77	48
2-BCuZn	0,21	2,01	0,94	1,79	45	10	218	84	46
2-MoBCuZn	0,23	2,13	1,01	1,77	47	11	240	84	44
3-sem	0,23	2,17	1,01	1,56	32	11	220	69	41
3-Mo	0,20	2,14	0,94	1,65	29	10	218	69	45
3-BCuZn	0,24	2,13	0,95	1,54	45	11	207	60	43
3-MoBCuZn	0,21	2,15	0,97	1,57	42	10	229	66	37
C.V. %	11,1	6,9	9,1	9,9	12,1	12,3	13,0	20,0	11,5

Tabela 34. Galactia, 1º corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e nos teores dos demais nutrientes na parte aérea da leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos cal. -micro	M.S. g/vaso	N %	N Total mg/vaso	% na M.S.				ppm na M.S.				
				P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-sem	4,50	1,83	82	0,29	2,11	0,33	2,66	31	7	98	585	26
0-Mo	4,47	1,88	84	0,27	1,86	0,31	2,16	27	6	119	573	25
0-BCuZn	4,49	1,72	77	0,28	1,85	0,29	2,11	34	6	112	569	31
0-MoBCuZn	4,76	1,77	84	0,26	1,83	0,31	2,10	37	6	95	573	28
1-sem	5,92	1,74	103	0,23	1,89	0,26	1,87	28	5	120	98	18
1-Mo	5,29	2,14	113	0,22	2,21	0,27	1,89	29	6	145	116	22
1-BCuZn	5,21	1,75	91	0,24	2,17	0,29	1,95	44	6	85	106	24
1-MoBCuZn	5,38	2,12	114	0,21	1,87	0,28	1,79	41	6	109	124	21
2-sem	5,57	1,94	108	0,22	2,01	0,27	1,75	27	6	99	60	19
2-Mo	5,37	2,34	126	0,24	2,28	0,31	1,94	29	6	147	59	18
2-BCuZn	6,13	1,92	118	0,24	2,20	0,31	1,92	46	5	117	51	19
2-MoBCuZn	5,67	2,41	136	0,25	2,28	0,32	1,99	44	6	133	55	20
3-sem	6,57	1,93	127	0,26	2,50	0,34	1,90	23	6	134	45	20
3-Mo	6,76	2,34	158	0,26	2,46	0,36	2,13	24	6	108	43	17
3-BCuZn	6,12	2,03	125	0,24	2,60	0,37	1,91	40	6	85	38	19
3-MoBCuZn	6,06	2,23	135	0,24	2,62	0,37	1,97	44	6	90	37	20
C.V. %	8,8	6,3	12,1	13,3	18,5	10,4	11,8	11,3	9,1	22,8	11,1	11,4

Tabela 35. Galactia, 2º corte. Efeitos dos tratamentos na produção de matéria seca, no teor de nitrogênio, no nitrogênio total e na nodulação dessa leguminoda. Médias de três repetições.

Tratamentos	M.S.-g/vaso			N - %		N total-mg/vaso			Nodulação[a]	
Cal. -micro	p.a.	raiz	pl.int.	p.a.	raiz	p.a.	raiz	pl.int.	nº/vaso	mg/vaso
0-sem	5,18	3,54	8,72	1,95	1,76	102	62	164	11,45	19,98
0-Mo	5,94	3,61	9,55	2,29	1,99	136	72	208	11,20	20,41
0-BCuZn	5,25	2,92	8,17	2,17	1,91	115	56	171	10,68	20,61
0-MoBCuZn	6,51	2,87	9,38	2,57	2,04	166	59	225	11,18	21,81
1-sem	7,80	3,70	11,50	2,25	2,08	175	77	252	16,14	23,54
1-Mo	8,17	3,63	11,80	2,19	2,22	181	80	261	12,52	21,34
1-BCuZn	8,37	3,45	11,82	1,97	1,97	165	68	233	14,64	24,62
1-MoBCuZn	8,34	3,60	11,94	2,28	2,23	189	81	270	12,83	22,84
2-sem	7,18	3,19	10,37	1,74	2,23	129	71	200	10,81	15,91
2-Mo	8,03	3,79	11,82	2,06	2,37	168	91	259	11,75	17,47
2-BCuZn	7,14	3,34	10,48	1,84	2,23	133	75	208	10,57	17,42
2-MoBCuZn	7,05	3,22	10,27	2,25	2,25	163	73	236	13,59	20,27
3-sem	9,34	3,56	12,90	2,27	2,16	212	77	289	18,02	25,11
3-Mo	9,40	3,64	13,04	2,15	2,29	202	84	286	16,27	22,66
3-BCuZn	7,99	3,68	11,67	2,53	2,13	203	79	282	17,10	23,77
3-MoBCuZn	8,35	3,87	12,22	2,36	2,27	197	87	284	15,32	23,08
C.V. %	15,7	14,5	12,8	13,7	6,1	22,8	17,2	18,2	22,5	16,9

a - Dados originais transformados em raiz quadrada.

Tabela 36. Galactia, 2º corte. Efeitos dos tratamentos nos teores dos nutrientes na parte aérea dessa leguminosa. Médias de três repetições.

Tratamentos Cal. -micro	% na M.S.				ppm na M.S.				
	P	Ca	Mg	K	B	Cu	Fe	Mn	Zn
0-sem	0,15	1,25	0,18	1,33	45	4	122	283	48
0-Mo	0,14	1,09	0,16	1,33	39	4	127	268	53
0-BCuZn	0,15	1,15	0,18	1,33	53	5	109	250	48
0-MoBCuZn	0,14	1,09	0,15	1,36	51	5	128	271	53
1-sem	0,14	1,36	0,18	1,23	33	4	108	100	43
1-Mo	0,12	1,23	0,16	1,16	33	5	103	96	44
1-BCuZn	0,13	1,39	0,17	1,22	46	5	123	100	48
1-MoBCuZn	0,12	1,20	0,15	1,19	44	4	121	93	51
2-sem	0,14	1,58	0,19	1,06	35	4	105	63	35
2-Mo	0,13	1,42	0,17	1,12	28	4	109	60	35
2-BCuZn	0,16	1,59	0,18	1,22	51	5	120	67	43
2-MoBCuZn	0,15	1,55	0,19	1,28	50	6	119	71	47
3-sem	0,15	1,68	0,20	1,20	29	5	113	51	41
3-Mo	0,14	1,57	0,18	1,14	31	5	115	56	32
3-BCuZn	0,17	1,70	0,20	1,36	46	6	129	49	36
3-MoBCuZn	0,14	1,58	0,19	1,20	50	5	118	43	30
C.V. %	7,0	6,0	9,5	6,4	12,9	23,2	9,6	11,3	19,5