

## SATURAÇÃO POR BASES COMO CRITÉRIO PARA RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM EM TRÊS ESPÉCIES LEGUMINOSAS TROPICAIS<sup>(1)</sup>

LINDA MONICA PREMAZZI<sup>(2)</sup> e HERBERT BARBOSA DE MATTOS<sup>(3,4)</sup>

**RESUMO:** Três espécies de leguminosas tropicais foram submetidas a níveis crescentes de saturação por bases com a finalidade de se determinar, sob condições de casa de vegetação, qual o nível que possibilita maior produção de matéria seca. Foram estabelecidos quatro tratamentos ou 10, 30, 50 e 70% de saturação por bases através da adição de óxido de cálcio e magnésio correspondentes a 0; 1,2; 2,4 e 3,6 t calcário/ha. O delineamento foi inteiramente ao acaso com cinco repetições. O resultado da análise de solo aos vinte dias de incubação mostrou elevação nos valores de pH e saturação por bases, bem como diminuição nos teores de  $Al^{3+}$  com a calagem. Máximas produções de matéria seca foram obtidas ao nível de 57% para soja-perene (*Neonotonia wightii* Lakey var. Tinaroo) e 35% para estilosantes (*Stylosanthes guianensis* Sw. cv. Bandeirante). O ponto de máxima produção não foi encontrado para macrotiloma (*Macrotyloma axillare* Verdc.) cv. Guatá, em vista de terem sido observados acréscimos lineares até o maior nível de calagem usado. A elevação no nível de saturação por bases promoveu melhoria na nodulação da soja-perene quando foram observados aumentos lineares no número de nódulos e aumento no peso de nódulos até o nível de 49% de saturação por bases. Para o macrotiloma foram observados aumentos lineares no número e peso de nódulos.

**Termos para indexação:** calagem, saturação por bases, *Neonotonia wightii*, *Macrotyloma axillare*, *Stylosanthes guianensis*, leguminosas.

*Basic cation saturation ratio as liming criterion for three tropical forage legumes*

**SUMMARY:** Three tropical forage legumes under increasing basic cation saturation ratio (BCSR) were grown in greenhouse in order to be determined the ratio on which best response is reached on dry matter yield basis. The four BCSR were: 10, 30, 50 and 70%, provided by an addition of calcium and magnesium oxides equivalent to 0; 1.2; 2.4 and 3.6 t/ha of lime, with five replications. A complete randomized design was used. Soil analysis at the 20th. day showed

(1) Parte da Tese de Mestrado apresentada pelo primeiro autor ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP. Recebido para publicação em agosto de 1991.

(2) Engenheira Agrônoma.

(3) Seção de Nutrição de Plantas Forrageiras, Divisão de Nutrição Animal e Pastagens.

(4) Bolsista do CNPq.

an increase in pH and BCSR values and a decrease in  $Al^{3+}$  values due to liming. Maximum dry matter yields were obtained with 57% for perennial soybean (*Neonotonia wightii* Lakey var. Tinaroo) and 35% for stylo (*Stylosanthes guianensis* Sw. cv. Bandeirante). Maximum yield was not achieved by macrotiloma (*Macrotyloma axillare* Verdc.) cv. Guatá which showed linear increases up to the higher BCSR used. The increases in basic cation saturation ratios resulted in an linear increase in root nodule numbers by perennial soybean and an increase in nodule weight up to the 49% ratio. For macrotiloma, nodule weight and numbers increased linearly.

Index terms: liming, basic cation saturation ratio, *Neonotonia wightii*, *Macrotyloma axillare*, *Stylosanthes guianensis*, forage legumes.

## INTRODUÇÃO

A prática da calagem, tem sido no Brasil recomendada, devido à representatividade das áreas destinadas à agricultura e pecuária que se encontram sob condições de solos ácidos. Dos métodos disponíveis para determinação da necessidade de calagem, tem sido recomendado para culturas do Estado de São Paulo (RAIJ et al., 1985) o critério de elevação do nível de saturação por bases (V%). O critério baseia-se na elevação do nível de bases trocáveis ( $S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$ ) em relação à CTC do solo ( $S + H + Al^{3+}$ ), a um valor adequado para cada cultura. Sabe-se ainda que existe uma correlação positiva entre pH e V% (CATANI & GALLO, 1955; RAIJ et al., 1968), relação esta tão estreita, que falar em elevar a saturação por bases significa falar em elevar o pH do solo (RAIJ, 1983).

Por esse critério, a necessidade de calagem é estabelecida fundamentalmente pela diferença entre o nível de saturação por bases (V%) característico do solo e o desejado para determinada cultura.

Em culturas forrageiras, o V% a ser adotado para esse cálculo necessita ser estabelecido para cada espécie em particular, possibilitando então a adoção desse critério para determinação da necessidade de calagem.

O objetivo deste trabalho, é determinar para as seguintes espécies forrageiras: soja-perene (*Neonotonia wightii* var. Tinaroo), macrotiloma (*Macrotyloma axillare* cv. Guatá) e estilosantes (*Stylosanthes guianensis* cv. Bandeirantes) em condições de casa de vegetação, qual é o nível de saturação por bases, que permite máxima produção de matéria seca (MS).

### Acidez do solo e as espécies forrageiras estudadas

#### Soja-perene:

As respostas à aplicação de calcário em soja-perene são bem estudadas, o que permite

caracterizá-la como uma planta sensível à acidez do solo.

SOUTO & DÖBEREINER (1969) estudando o efeito da aplicação de  $CaCO_3$  (nível zero e 2,00 g/vaso com a finalidade de atingir pH = 6,5) em *Glycine javanica* variedade SP-1 e Tinaroo observaram já à época do desbaste um efeito significativo no desenvolvimento das plantas, apresentando os vasos com calagem maior peso de plantas, menor comprimento de raiz e maior número de plantas noduladas. A variedade Tinaroo mostrou-se mais precoce, mais sensível à toxidez de Mn (à época do desbaste), sendo a interação variedade x calagem, significativa para o número de plantas noduladas e próximo da significância para peso das plantas, mostrando desenvolvimento mais rápido da variedade Tinaroo nos vasos com calagem. Resultados de observações finais mostram aumentos significativos para o número de nódulos (mg/vaso), produção de MS (g/vaso) e quantidade total de nitrogênio (N total) (mg/vaso), tendo ocorrido interação significativa variedade x calagem apenas na variável MS da planta, onde a variedade Tinaroo mostrou-se superior.

JONES et al. (1970) estudando resposta à adição de CaO e MgO em um Latossolo Vermelho de Orlândia-SP, quando o pH foi elevado de 4,7 para 7,6, observaram para *G. javanica* uma diminuição significativa na produção de MS (mg/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e aumento significativo no teor de N na planta nos tratamentos em que se omitiu a calagem.

FRANÇA & CARVALHO (1970) estudaram o efeito da omissão de calagem em um Latossolo Vermelho sob vegetação de cerrado, sendo que o tratamento completo recebeu adição de calcário para elevar o pH de 4,3 para 6,0. Foi observado para *G. javanica* var. Tinaroo diminuição significativa na produção de MS (g/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e tendência à diminuição no peso de nódulos (mg/vaso) e peso médio de nódulos (mg/vaso) com omissão de calagem.

FRANÇA et al. (1973) estudando a influência da calagem no desenvolvimento e fixação simbiótica de nitrogênio em *G. wightii* var. Tinaroo em Latossolo Vermelho Escuro, no qual o pH foi elevado de 4,3 para 5,7 (pH medido após colheita), com uma calagem de 6 t de calcário/ha, observaram efeitos positivos e significativos para MS, quantidade total de nitrogênio e efeito significativo e negativo para peso de nódulos, tendo este último ocorrido apenas na ausência de boro.

PHILPOTTS (1975) estudando o efeito da calagem em *G. wightii* var. Tinaroo em solos ácidos, quando a calagem foi realizada nas proporções de 1:0, 1:1 e 1:2 de uma mistura de superfosfato molibdenizado e calagem nas quantidades totais de 250, 500 e 750 kg/ha das respectivas misturas, observaram que a calagem, de uma maneira geral, promoveu um aumento no número de plantas noduladas (%) quando o inóculo foi usado, e aumento no número de nódulos por planta nodulada. Os resultados observados estiveram associados ao tipo de solo, estirpe de *Rhizobium*, época de observação e nível de calagem aplicado.

MUNNS et al. (1977) estudaram a influência da calagem na fixação de nitrogênio por leguminosas, aplicando taxas de calcário até 22 t/ha para produzir um gradiente de pH entre 4,7 e 7,1. Em função do pH, foi observado para *G. wightii* var. Tinaroo uma faixa de pH de 6,0 e 6,5; na qual o peso fresco de nódulos (mg/nódulos), a redução do acetileno (nmol/g nódulos/h) e o número de nódulos por planta elevaram-se a seus maiores valores, após o qual tenderam a decréscimo. O crescimento para peso fresco da parte aérea seguiu essa mesma tendência; a linha de decréscimo contudo, foi muito menos sensível aos tratamentos elevados de calagem, em relação ao observado para os parâmetros anteriores. A concentração de N na folha aumentou com os níveis de calagem aplicados. A redução do acetileno foi usada para medir a eficiência da nodulação e observou-se que a mesma aumentou junto com o número de nódulos até a faixa de pH 5,6-6,0.

SANTOS et al. (1980) cultivaram *G. javanica* var. Tinaroo em solos de cerrado e observaram efeitos altamente significativos da calagem para aumento de produção de MS quando o pH foi elevado de 4,7-4,8 para 5,4 (observado no corte final). MONTEIRO et al. (1983b) estudando limitações de fertilidade em solos paulistas para o cultivo de *G. wightii* var. Tinaroo, observaram que a ausência de calagem determinou reduções significativas no peso seco da soja em relação ao tratamento completo. Nesses solos, o pH original variou de 4,7 a 5,3 e com a calagem eles foram elevados para 5,6 a 6,0. A nodulação, expressa em mg/vaso, foi significativamente reduzida nos solos com pH 5,5 a 5,7, apresentando tendência à diminuição em solos com pH

5,6; 5,8 e 6,0 com omissão de calagem. A quantidade total de nitrogênio foi significativamente diminuída na maioria dos solos.

MONTEIRO et al. (1983a) cultivaram *G. wightii* var. Tinaroo em solo Podzólico Vermelho Amarelo variação Laras, submetendo-o a quatro níveis de calagem, elevando o pH para 4,7; 5,1; 5,4 e 5,6, o que promoveu a elevação no nível de saturação por bases para 12,1; 24,8; 34,6 e 44,8 respectivamente. As produções de MS no 1º e 2º cortes, bem como das raízes e planta inteira, foram aumentadas pela calagem, com a produção da parte aérea aumentada até a máxima dose de calcário utilizada.

A quantidade total de nitrogênio em ambos os cortes efetuados foi significativamente aumentada pela calagem, podendo-se verificar neste estudo que os valores máximos para quantidade total de nitrogênio na espécie seriam obtidos com doses maiores de calcário do que as utilizadas neste trabalho. A nodulação da espécie (número ou peso seco de nódulos/vaso) foi significativamente aumentada pela calagem.

COLOZZA et al. (1983) estudaram os efeitos da aplicação de calcário dolomítico e gesso em dois solos ácidos cultivados com *G. wightii* var. Tinaroo. No primeiro solo (pH original = 5,1) um Podzólico Vermelho Amarelo var. Laras, observou-se para os níveis crescentes de calagem 0; 1,2 e 2,4 t calcário/ha um efeito significativo e positivo para produção de MS da parte aérea, quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e peso seco de nódulos (mg/vaso), acréscimos estes maiores do nível 0 para 1,2 t calcário/ha. No segundo solo, um Latossolo Vermelho Amarelo com pH 4,7, foram utilizadas doses de 0; 3,75 e 7,5 t calcário/ha e observou-se que a calagem proporcionou também um efeito positivo e significativo para as produções de MS, quantidade total de nitrogênio e peso de nódulos, sendo que os maiores acréscimos para os parâmetros analisados foram observados do nível 0 para 3,75 t calcário/ha.

COLOZZA & WERNER (1984) estudando a aplicação de nutrientes em um Podzólico Vermelho Amarelo intergrade para Latossolo Vermelho Amarelo observaram efeito positivo de calagem para *G. wightii* var. Tinaroo quando foram comparados entre outros, os tratamentos completo (pH = 5,7), completo menos calagem (pH = 4,7) e completo com calagem para pH = 6,4. Os autores observaram que a soja-perene apresentou redução percentual significativa, da ordem de 72% e 48% respectivamente para o 1º e 2º cortes, na produção de MS da parte aérea quando compararam o tratamento menos calagem com o completo. Para a espécie estudada, o solo em questão limitou a nodulação e conseqüentemente a fixação de nitrogênio, revelada

pela redução nos teores de nitrogênio (2º corte) e quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) do 1º e 2º cortes e ainda peso seco dos nódulos (mg/vaso), reduções estas significativas em ausência de calagem. O último tratamento promoveu maior produção de MS, não diferindo porém significativamente do tratamento completo. O peso dos nódulos, por outro lado, mostrou-se significativamente inferior ao observado no tratamento completo.

JONES & FREITAS (1970) estudaram a resposta de *G. javanica* em um Latossolo Vermelho Amarelo de cerrado (pH = 4,5) à aplicação de quantidades crescentes da mistura  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{MgCO}_3$  e observaram que a produção de MS aumentou, atingindo um máximo em torno da combinação 1000 kg de Ca e 120 kg de Mg/ha (pH = 6,4). Subseqüentes aplicações de calcário determinaram decréscimos na produção de MS, atribuídos a um desequilíbrio nutritivo induzido pelo excesso de íons Ca.

CARVALHO et al. (1971) em ensaio exploratório de fertilização de leguminosas tropicais, em um Latossolo Vermelho Escuro fase Mata com pH em água 4,7, não observaram efeito significativo na produção de MS para *G. javanica* var. Tinaroo quando aplicaram 7 t/ha de uma mistura alcalinizante composta de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$  na proporção de 5:1, a qual elevou o pH para 5,8. No tratamento em que se omitiu calagem, a quantidade total de nitrogênio tendeu a diminuir enquanto as variáveis número de nódulos e peso de nódulos (mg/vaso) tenderam a aumentar.

#### Macrotiloma:

MUNNS & FOX (1976) estudando efeito da calagem, quando elevaram o pH de 4,8 para 7,0, observaram logo após a emergência um efeito depressivo da calagem em *Dolichos axillare* a pH 6,0 e 7,0. Uma a duas semanas após, em observação quanto à nodulação, as mais altas doses de calagem haviam diminuído o número de nódulos ou peso médio dos nódulos. Na ocasião porém, o peso das plantas não confirmaram as observações realizadas anteriormente, sugerindo que a planta havia se recuperado de uma depressão de muito curta duração.

Estudando *Dolichos* em relação à outras espécies, MUNNS & FOX (1977) comparando requerimentos de calagem para leguminosas tropicais e temperadas, observaram um alinhamento das espécies de acordo com a necessidade de calagem (em  $\text{CaCO}_3$ ) para que cada uma atingisse 90% de sua produção máxima ou *M. sativa* (9-10 t/ha) *G. wightii* var. Tinaroo (5 t/ha) *D. axillare* (4 t/ha) *S. guianensis* (0,1 t/ha). De acordo com a magnitude de acréscimo de produção devido à calagem, apresentaram-se como *D. axillare*, *M. sativa* (6 vezes de

acrécimo) *G. wightii* var. Tinaroo (5 vezes de acréscimo) *S. guianensis* (30-50% de acréscimo).

MUNNS et al. (1977) observaram para *D. axillare* quando submetido a pH variando entre 4,7 e 7,1, aumento no peso fresco da planta (g/planta) paralelamente ao aumento no número de nódulos por planta com elevação do pH (até aproximadamente pH = 6,5). Foi observado que o peso de nódulos (mg/nódulo) diminuiu à medida que ocorreu aumento na eficiência dos mesmos. Um aumento na eficiência de nódulos, poderia nesse caso, ser responsável pela maior parte da resposta em crescimento observada em *D. axillare*.

COLOZZA & WERNER (1984) estudando a aplicação de nutrientes em *D. axillare* observaram em um ensaio tipo subtração, que o tratamento completo menos calagem em relação ao tratamento completo (com elevação do pH de 4,7 para 5,7) foi responsável por uma tendência à diminuição na produção de MS (g/vaso) e quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) ao primeiro corte da forragem. No 2º corte houve uma diminuição significativa na produção de MS (g/vaso), quantidade total de nitrogênio (mg/vaso) e peso seco dos nódulos (mg/vaso).

#### Estilosantes:

SOUZA et al. (1983) classificaram o cv. Bandeirante da espécie *Stylosanthes guianensis* como de excelente adaptação aos solos ácidos e de baixa fertilidade. Esta espécie parece ser reconhecidamente tolerante à acidez do solo, com respostas limitadas da calagem aos níveis mais altos aplicados.

MUNNS & FOX (1976) estudaram o efeito depressivo de calagem no crescimento de leguminosas com doses que variaram de 0-22 t calcário/ha, que elevaram o pH de 4,8 para 7,0. Foi observado para *S. guianensis* uma depressão de crescimento já na fase de seedling na faixa de pH 6,0-7,0. Esta depressão persistiu e o crescimento foi visivelmente reduzido em todos os níveis de pH maiores que 6,0 durante o experimento. A planta desenvolveu ainda uma marcada clorose internerval nas folhas mais jovens em pH 6,8 e 7,1. Os dados mostraram um modelo ótimo de crescimento para o *S. guianensis* em pH 5,5, forma esta de resposta que persistiu na rebrota.

VARGAS & DÖBEREINER (1974) estudando efeitos de calagem em *S. guianensis* Mohlenbrok cultivar IRI-1022 em solo Podzólico Vermelho Amarelo, observaram num primeiro experimento, em que níveis de calagem determinaram elevação no pH de 5,3 para 6,6; que a calagem teve um efeito negativo na produção de forragem, enquanto que a nodulação

(número e peso dos nódulos) e fixação de N<sub>2</sub> (%) foram estimulados. O efeito no número de nódulos foi linear. O peso de nódulos e a concentração de N das plantas sofreram um ligeiro decréscimo inicial com aumento acima de pH 5,5 e 5,7, respectivamente. A quantidade total de nitrogênio nas plantas não mostrou efeito significativo em nenhum dos tratamentos. Num segundo experimento, em que o pH do solo variou de 4,8 a 6,9, observou-se que a calagem reduziu a nodulação da forragem.

PROBERT et al. (1979) observaram para *S. guianensis* cv. Cook respostas à calagem na produção de MS somente quando baixos níveis foram usados (0-79 mg/vaso), o que promoveu aumento significativo na produção de 0,84 para 1,01 g MS/vaso (o pH variou de 5,2 para 5,6 após a incubação). Com níveis de calcário de 0; 83; 166; 333 e 666 mg CaCO<sub>3</sub>/vaso, com variação de pH de 5,15 a 7,8, a resposta da calagem deu-se em função da dose de fósforo aplicada, tendo sido observado que doses mais altas de calcário diminuíram a produção abaixo daquela obtida com 83 mg de CaCO<sub>3</sub>/vaso, sendo esta depressão intensificada com a maior dose de P aplicado. Num experimento de campo em que foram testados três níveis de calcário dolomítico (0; 250 e 500 kg/ha), observou-se que no primeiro ano o calcário dolomítico aumentou significativamente a produção em 10,5% em relação ao tratamento sem calagem, com resposta máxima sendo obtida ao nível de 150 kg/ha. No 2º ano a resposta não foi significativamente afetada, com acréscimo de 5,2% na produção.

SANZONOWICZ & VARGAS (1980) em experimento realizado em casa de vegetação com Latossolo Vermelho Escuro e cinco níveis de calcário (0; 3; 6; 9 e 12 t calcário/ha) promovendo médias de pH de 4,6; 5,5; 6,0; 6,6 e 7,2 respectivamente, observaram para o *S. guianensis* Sw cv. IRI-1022 efeito positivo do calcário em cortes aos 70; 139 e 180 dias, sendo que os maiores efeitos ocorreram no 2º e 3º cortes. O ponto de inflexão das curvas de regressão, as quais representam as produções máximas calculadas, foi obtido para o primeiro corte a pH 5,4 e a pH 5,7 para o 2º e o 3º cortes, indicando pequena necessidade de calcário para o estabelecimento desta espécie. O efeito positivo da calagem na quantidade total de nitrogênio atingiu o máximo a nível de 5,0 t calcário/ha (pH = 5,9).

SAVASTANO et al. (1982) estudando a nutrição mineral de *Stylosanthes* entre eles o *S. guianensis* cv. Schofield, Endeavour e Cook sob três níveis de calagem (0; 1,2 e 2,9 t CaCO<sub>3</sub>/ha) observaram para os cultivares Schofield e Cook respostas positivas e significativas para produção de MS ao primeiro nível de calagem aplicado (as produções foram 30 e 35% menores com a omissão de calcário, respectivamente). A quantidade

total de nitrogênio também foi reduzida significativamente com a omissão de calagem nos dois casos. A tendência para aumento da produção de MS observada com o nível mais alto (2,9 t) foi mínima, sendo que para o cv. Cook até diminuída em relação ao primeiro nível de calagem aplicado.

CARVALHO et al. (1988) estudaram a resposta do *S. guianensis* (Aubl.) Sw. à aplicação de 0; 1,0 e 4,0 t calcário/ha em um Latossolo Vermelho Amarelo, onde promoveu-se elevação do pH a 4,4; 4,8 e 5,9 respectivamente. Foi observado para esta espécie que a calagem não aumentou significativamente a produção de MS entre os níveis 0 e 1,0 t calcário/ha, mas promoveu ao nível de 4,0 t calcário/ha. A aplicação de 4,0 t calcário/ha aumentou significativamente a concentração de N na parte aérea em relação a 1,0 t calcário/ha, ocorrendo também aumento na quantidade total de nitrogênio.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Estado de São Paulo.

Foram estudadas as seguintes espécies forrageiras tropicais:

1- *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. (*S. gracilis* Kunth) cv. Bandeirante. Nome vulgar: Estilosantes;

2- *Neonotonia wightii* (Wightii e Arn.) Lakey var. Tinaroo; *Glycine wightii*; *Glycine javanica*. Nome vulgar: Soja-perene Tinaroo;

3- *Macrotyloma axillare* (E. Mey) Verdc.) cv. Guatá; *Dolichos axillare*. Nome vulgar: Macrotiloma.

Cada espécie foi submetida a quatro tratamentos com cinco repetições, totalizando vinte observações. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso.

## Estabelecimento dos tratamentos

### Coleta do solo:

O solo utilizado foi retirado de uma unidade classificada como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico localizada na Estação Experimental do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Estado de São Paulo. A vegetação predominante era de capim jaraguá recentemente submetida à queimada. O solo foi coletado a uma profundidade de 20 cm (cerca de uma tonelada de solo) que foi em seguida seco à sombra e peneirado.

Em seguida, o solo a ser usado no experimento, foi submetido à análise

química, a qual revelou os resultados apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Análise química do solo utilizado no experimento

P resina	M.O.	pH em CaCl <sub>2</sub>	K+	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	S	T	Al <sup>3+</sup>	V
μg/cm <sup>3</sup>	%				meq/100cm <sup>3</sup>					%
4,0	2,0	4,0	0,07	0,43	0,11	4,6	0,6	5,2	0,83	12

## Tratamentos

Neste ensaio foram definidos quatro tratamentos, caracterizando níveis crescentes de saturação por bases do solo que foram:

Tratamento A: solo original

Tratamento B: 30%

Tratamento C: 50%

Tratamento D: 70%

A elevação no nível de saturação por bases foi realizada com a aplicação de uma mistura de óxidos de cálcio (CaO) e magnésio (MgO) p.a. As quantidades de óxidos adicionadas e as correspondentes quantidades de calcário aplicadas nos tratamentos foram:

Tratamentos	CaO	MgO	calcário
	g/vaso		t/ha
A:	0,0000	0,0000	0,00
B:	0,6720	0,3840	1,20
C:	1,3440	0,7680	2,40
D:	2,0160	1,1520	3,60

A fórmula utilizada para determinação da necessidade de calcário encontra-se a seguir (QUAGGIO, 1983).

$$NC = \frac{(V_2 - V_1) T . f}{100}$$

onde NC pode ser expressa em toneladas de calcário/ha ou eq.mg CaCO<sub>3</sub>/100 cm<sup>3</sup> de solo.

Para o ensaio utilizaram-se vasos com capacidade para 5,0 kg de solo. As quantidades de solo foram colocadas em sacos plásticos, onde também foram acrescentados os óxidos correspondentes aos tratamentos. Seguiu-se uma agitação manual por cinco minutos. Cada unidade foi então acondicionada no

interior de vasos previamente impermeabilizados com álcool neutro. Em seguida foi feita a adição de água deionizada em um vaso isolado para se estimar o volume necessário para que o solo atingisse a capacidade de campo. A quantidade determinada (800 ml) foi então adicionada aos vasos do experimento. Os vasos foram então cobertos com lona plástica e mantidos em incubação por um período mínimo de 45 dias.

Na fase inicial de incubação (que variou de 20 a 25 dias) os vasos receberam reposição semanal das perdas de água ocorridas no período. Para isso alguns vasos previamente marcados eram pesados semanalmente e a perda média de peso observada em relação ao peso no início da incubação constituiu base para cálculo da reposição.

Com a finalidade de se avaliar a efetividade da adição dos óxidos na elevação no nível de saturação por bases, amostras de solo compostas correspondentes aos tratamentos A, B, C e D foram retiradas aos vinte dias de incubação.

## Plantio

O plantio foi realizado em 20/01/89 para a soja-perene e macrotiloma e em 24/01/89 para os estilosantes.

As sementes das espécies leguminosas foram fornecidas pela Seção de Agronomia de Plantas Forrageiras do Instituto de Zootecnia. Todas as sementes foram analisadas quanto à porcentagem de germinação. Com estas informações determinou-se o número de sementes a serem colocadas por vaso no plantio visando um stand de 20 plântulas por vaso.

No plantio, as sementes foram colocadas em sulcos rasos (aproximadamente 1,5 cm) e cobertas com terra. Antes do plantio as sementes foram escarificadas para promover a quebra da dormência física. As sementes de macrotiloma e soja-perene foram escarificadas com lixa e as de estilosantes com ácido sulfúrico. Neste último processo as sementes foram

submersas em ácido sulfúrico concentrado por 10 minutos com agitação e posterior lavagem em água corrente.

Após o plantio foram adicionados 100 ml de água destilada e deionizada por vaso com a finalidade de facilitar a distribuição posterior dos adubos. As adubações realizadas no plantio constam do quadro 2.

Quadro 2 - Adubações de plantio

Doses de nutrientes aplicados por ha	Fontes (reagentes <sup>1</sup> )
80,0 kg P e 100,0 kg K	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
40,0 kg S	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
2,0 kg Zn	ZnSO <sub>4</sub>
2,0 kg Cu	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O
0,5 kg B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
0,2 kg Mo	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O

<sup>1</sup> Reagentes puros para análise (p. a.)

### Delineamento experimental

Após o plantio os vasos foram sorteados nas bancadas compondo o delineamento experimental inteiramente ao acaso para cada espécie. Semanalmente, as bancadas sofriam mudança de posição dentro da casa de vegetação.

### Inoculação nas espécies leguminosas

A inoculação foi realizada com as plântulas já estabelecidas (01/02/89) tendo sido realizadas duas aplicações de 10 ml de uma suspensão de turfa em água. A suspensão foi preparada com 200g de turfa em 3,0 litros de água destilada, fornecendo cerca de 1,0 g de turfa por vaso.

O inoculante (turfa) foi fornecido pela Seção de Microbiologia do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas-SP.

### Estabelecimento do stand das plantas

Ao longo do período inicial de desenvolvimento das plântulas foram realizados desbastes até um stand de 5 plantas por vaso. Para soja-perene e macrotiloma este stand estabeleceu-se em 14/02/89 e para o estilosantes em 23/02/89.

### Adubações realizadas

As adubações realizadas após o 1º corte estão apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 - Adubações realizadas após o 1º corte

Espécie	Nutriente aplicado por ha	Fonte
Macrotiloma	100,0 kg K	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	41,0 kg S	
Soja-perene	130,0 kg K	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	53,0 kg S	
Estilosantes	51,0 kg K	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	21,0 kg S	

### Coleta de dados

#### Avaliação visual do estado nutricional das plantas

Foram realizadas durante o crescimento das plantas inspeções periódicas para detecção de sintomas visíveis de deficiência ou toxidez de minerais em função dos tratamentos.

#### Dados de produção

Foram realizados dois cortes para cada espécie em épocas definidas pelo estágio vegetativo das culturas, mantendo-se após o 1º corte uma área foliar remanescente para permitir uma boa rebrota.

No primeiro e segundo cortes determinou-se o peso seco (MS) (estufa a 65° C por 48 h) da parte aérea das plantas. No segundo corte as raízes foram lavadas em água corrente e água destilada. Nas raízes de soja e macrotiloma foi realizada a separação e contagem dos nódulos que seguiram também para determinação do peso seco (estufa a 65° C por 48 h). A nodulação do estilosantes foi avaliada pela atribuição de notas (que variaram de zero a cinco) para cada repetição, sendo a avaliação realizada por quatro observadores. Este parâmetro foi avaliado em termos de nota média por repetição.

As amostras da parte aérea foram ainda enviadas a laboratório para determinação do teor de N e posterior cálculo da quantidade de nitrogênio.

O nitrogênio foi determinado por titulação, após digestão sulfúrica do material vegetal, pelo método de micro Kjeldahl (SARRUGE & HAAG, 1974).

#### Avaliação da dinâmica dos nutrientes no solo em função dos tratamentos

Com a finalidade de se avaliar o efeito dos tratamentos e sua interação sobre as espécies na dinâmica e/ou disponibilidade dos nutrientes no solo, amostras compostas relativas aos tratamentos A, B, C e D foram retiradas a cada corte para cada espécie. Estas amostras de solo foram analisadas para determinação

de macro e micronutrientes, H + Al,  $Al^{3+}$ , matéria orgânica e pH.

A matéria orgânica foi extraída via úmida e determinada colorimetricamente. A determinação do pH foi feita em solução de  $CaCl_2$  0,01 M. O H + Al ou acidez potencial foi determinada através da solução tampão SMP. O fósforo foi extraído pelo método de resina trocadora de íons e determinado colorimetricamente pelo método do Molibdato Azul. O Ca, Mg e K foram extraídos por resina trocadora de íons, sendo Ca e Mg determinados por espectrofotometria de absorção atômica e K por espectrofotometria de emissão (RAIJ et al., 1987). O alumínio trocável foi extraído por solução de KCl 1N e determinado colorimetricamente pelo método do Aluminon (CAMARGO et al., 1986 modificado pela adição de  $CaCl_2$  e HCl). Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn foram extraídos por solução de HCl 0,1M e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (BATAGLIA & RAIJ, 1989) e o boro foi extraído por solução de  $CaCl_2$  0,01M e determinado pelo método da azometina-H (BATAGLIA & RAIJ, 1989).

#### Análises estatísticas

Os resultados das análises de solo realizadas aos 20 dias de incubação e a cada corte foram analisadas por regressão polinomial.

As variáveis produção de MS da parte aérea e sistema radicular, produção de MS dos nódulos, número de nódulos, notas, quantidade total de nitrogênio na parte aérea foram realizadas através de regressão polinomial.

Com as variáveis acima foram estabelecidas algumas correlações que serão apresentadas no decorrer do texto.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Solo

Os resultados obtidos na análise de solo realizada aos 20 dias de incubação estão apresentados no quadro 4.

Os resultados do quadro 4 mostram a efetividade dos tratamentos na correção de acidez, representada por elevação do nível de saturação por bases (V%) e nos valores de pH e soma de bases, bem como diminuição na acidez potencial do solo (H + Al) e teores de  $Al^{3+}$ .

Os efeitos citados acima são confirmados com alguma variação quanto aos parâmetros analisados por VARGAS & DÖBEREINER (1974), SANZONOWICZ & VARGAS (1980), MONTEIRO et al. (1983a), COLOZZA et al. (1983), COLOZZA & WERNER (1984).

Como pode-se observar os valores de V% obtidos com a calagem não corresponderam aos propostos nos tratamentos C e D. Assim, estabeleceu-se a seguinte equação de regressão entre os valores de V% propostos (x) e aqueles obtidos com a calagem (y):

$$y = 6,65 - 0,715 x$$

Esta equação permite uma correção dos valores calculados (pontos de máximo e mínimo) a partir dos níveis 10; 30; 50 e 70% de saturação por bases, para os valores obtidos na condição experimental.

A ação positiva dos óxidos de cálcio e magnésio na diminuição da acidez do solo permaneceu ao longo do período experimental, sendo representada por aumentos lineares nos valores de pH, V% e soma de bases e decréscimos lineares no  $Al^{3+}$ , para a maioria das espécies, tanto ao 1º, como ao 2º cortes.

Quadro 4 - Resultado da análise química do solo realizada aos 20 dias de incubação. Amostras compostas de cada tratamento

Tratamentos	pH	meq/100 cm <sup>3</sup>							V %	m <sup>1</sup>
		K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	S	H + Al	CTC	Al <sup>3+</sup>		
A	4,1	0,07	0,38	0,12	0,6	3,9	4,5	0,82	13	33
B	4,4	0,07	0,75	0,42	1,2	3,1	4,3	0,42	29	25
C	4,8	0,08	1,21	0,67	2,0	2,6	4,6	0,19	43	8
D	5,2	0,07	1,46	0,97	2,6	2,0	4,5	0,09	56	3
Reg. Linear	*(0,99) <sup>2</sup>	n.s.	n.s.	*(0,99)	*(0,99)	*(0,99)	n.s.	*	*(0,99)	n.s.
Reg. Quadrática	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*(0,99)	n.s.	n.s.

Nível de significância = 5% (\* = significativo; n.s. = não significativo).

<sup>1</sup> Calculado pela fórmula  $100 \cdot Al^{3+} / (S + Al^{3+})$ .

<sup>2</sup> Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de terminação  $r^2$  para a equação.



## Avaliação da produção de matéria seca da parte aérea e sistema radicular

### Soja-perene

A produção de soja perene foi significativamente alterada pelos tratamentos, sendo representada por acréscimos lineares no 1º corte. Para o 2º corte e produção total, os máximos valores de produção de MS foram obtidos ao nível de 57% de saturação por bases. Nesta espécie, a produção de MS do sistema radicular aumentou linearmente com os tratamentos. As curvas de produção estão apresentadas na figura 1.

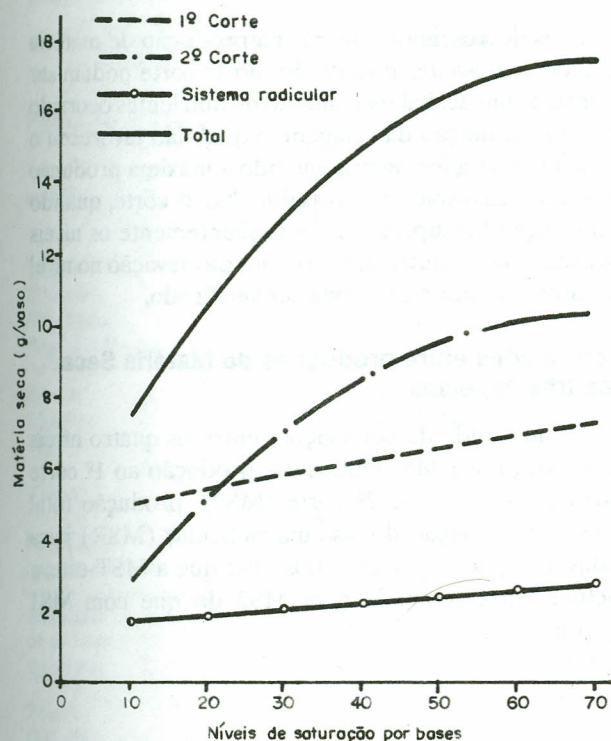


Figura 1. Curva de produção de matéria seca da soja-perene obtidas em função dos níveis de saturação por bases.

Respostas positivas da soja-perene à correção da acidez do solo são descritas amplamente na literatura e confirmam a tendência dos resultados obtidos neste experimento. Neste sentido, acréscimos de produção com elevação do pH foram obtidos por JONES et al. (1970) (com elevação do pH de 4,7 para 7,6), por FRANÇA & CARVALHO (1970) (com elevação do pH de 4,3 para 6,0) e por FRANÇA et al. (1973) (quando o pH foi elevado de 4,3 para 5,7). MUNNS et al. (1977) encontraram na faixa de pH 6,0-6,5 os maiores valores para produção de MS, (quando o pH variou de 4,7 para 7,1) apontando para um limite de resposta para soja-perene à elevação no pH como foi verificado neste experimento. Neste sentido, MONTEIRO et al. (1983a) observaram com a elevação nos níveis de saturação por bases de 12,1 até 44,8% que a produção de MS foi aumentada até a máxima dose de calcário

utilizado. CARVALHO et al. (1971) não observaram diferença na produção de MS quando o pH foi elevado de 4,7 para 5,8. Decréscimos de produção de MS foram ainda obtidos por JONES & FREITAS (1970), a partir de um pH de 6,4.

Efeito da calagem no aumento de produção de MS do sistema radicular observado foi também obtido por COLOZZA et al. (1983) e por MONTEIRO et al. (1983a). Tal efeito está ligado à adição de Ca, que por sua vez está relacionado com o crescimento radicular (MENGEL & KIRKBY, 1987) e à diminuição do efeito tóxico do  $Al^{3+}$  (LUND, 1970).

### Macrotiloma

Para o macrotiloma não foram observadas no 1o. corte diferenças significativas na produção em função dos tratamentos. No 2º corte, a produção de MS sofreu acréscimos significativos até o nível de 47% de saturação por bases. A produção total de MS aumentou linearmente, o que indica que há um potencial de produção pela forragem a ser alcançado com níveis superiores a 57% de saturação por bases. As curvas de produção obtidas estão na figura 2. A produção do sistema radicular, apesar de afetada significativamente pelos tratamentos, não foi explicada por regressão linear ou quadrática.

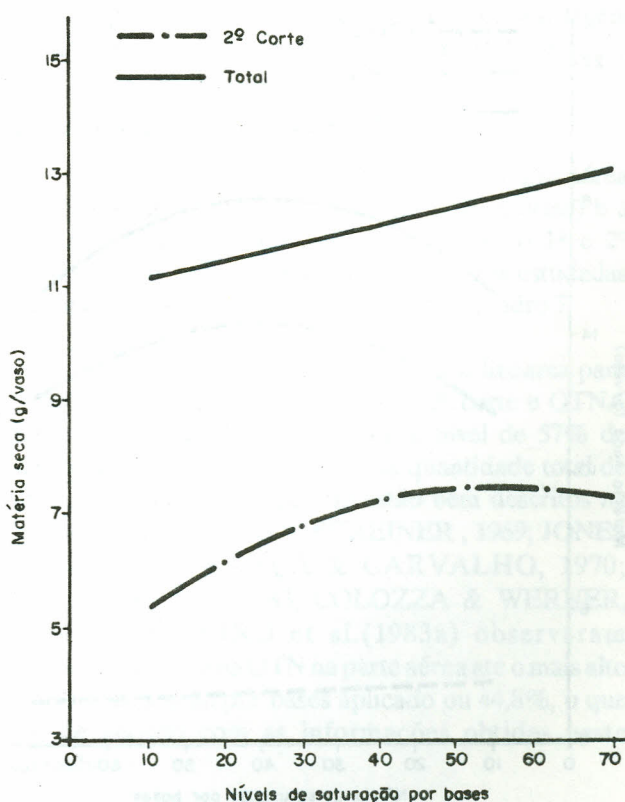


Figura 2. Curvas de produção de matéria seca da macrotiloma obtidas em função dos níveis de saturação por bases.

Uma resposta positiva do macrotiloma à correção da acidez do solo foi também encontrada por COLOZZA & WERNER (1984), que observaram que a ausência de calagem (pH = 4,7) foi responsável por uma diminuição na produção de MS da forragem em relação ao tratamento completo (pH = 5,7).

Em termos comparativos, os estudos realizados por MUNNS & FOX (1977) permitem enquadrar o macrotiloma como uma espécie mais semelhante à soja-perene do que ao estilosantes quanto à resposta à correção de acidez do solo. Esta mesma tendência foi observada neste experimento quando as máximas produções de MS total foram atingidas aos níveis de 57 e 35% de saturação por bases para a soja-perene e o estilosantes respectivamente.

### Estilosantes

Para o estilosantes a produção de MS no 1o. corte sofreu decréscimos lineares com o aumento no nível de saturação por bases. Para o 2º corte e produção total as máximas produções de MS foram obtidas aos níveis de 36 e 35% de saturação por bases respectivamente. As curvas de produção obtidas estão na figura 3.

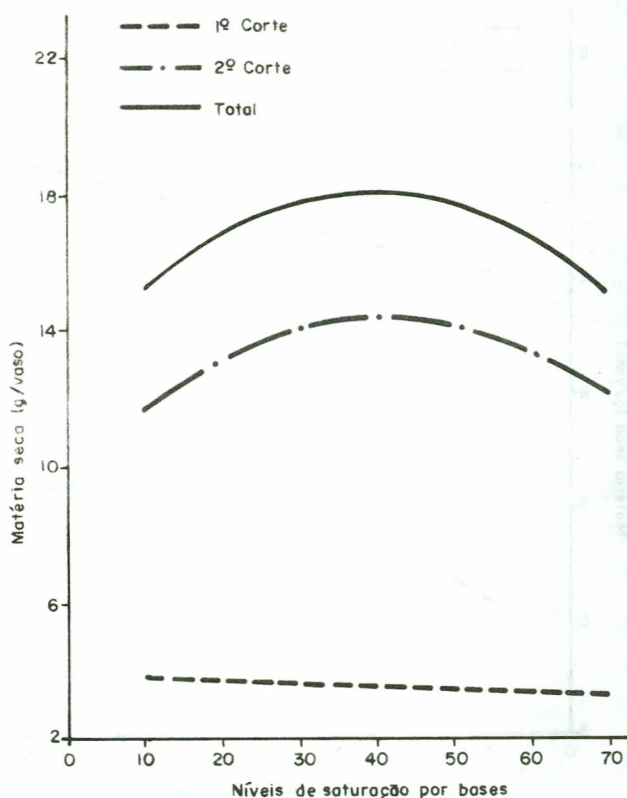


Figura 3. Curvas de produção de matéria seca do estilosantes obtidas em função dos níveis de saturação por bases.

A tolerância do estilosantes à acidez do solo e sua resposta limitada às adições de calcário estão bem relatadas na literatura. VARGAS & DÖBEREINER (1974) observaram efeitos negativos na produção de forragem quando o pH foi elevado de 5,3 para 6,6 e redução de 50% de produção quando o pH variou de 4,8 para 6,9. SANZONOWICZ & VARGAS (1980) obtiveram máximas produções de MS a um pH 5,4 (1º corte) e 5,7 (para 2º e 3º cortes) quando a amplitude de variação de pH foi de 4,6 a 7,2. MUNNS & FOX (1976) observaram para o estilosantes um modelo ótimo de crescimento na faixa de pH 5,5.

Os decréscimos lineares na produção de matéria seca do estilosantes observados no 1º corte podem ser reflexo de um desbalanceamento de nutrientes ocorrido no solo em função da calagem, o qual não favoreceu o crescimento da forrageira, quando a máxima produção ocorreu com o solo não corrigido. No 2º corte, quando a produção foi superior e conseqüentemente os níveis de exigência em nutrientes, o efeito da elevação no nível de saturação por bases pode ser verificado.

### Correlações entre produções de Matéria Seca nas três espécies

Um estudo de correlações entre os quatro níveis de produção de MS obtidos ou, produção ao 1º corte (MS1), produção ao 2º corte (MS2), produção total (MST) e produção do sistema radicular (MSR) para todas as espécies permitiu observar que a MST esteve melhor correlacionada com MS2 do que com MS1 (quadro 5).

Quadro 5 - Coeficientes de correlação significativos (à nível de 5%) estabelecidos entre as produções de MS ao 1º corte (MS1), ao 2º corte (MS2), produção total (MST) e sistema radicular (MSR) para as espécies estudadas

Variável	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
MS1 & MST	0,6507	0,8521	0,6369
MS2 & MST	0,8763	0,9758	0,9820
MSR & MST	0,6011	0,7135	0,6550
MS1 & MSR	n. s.	0,6441	n. s.
MS2 & MSR	0,5602	0,6812	0,6532

n.s. = correlações não significativas ao nível de 5%.

Esta ocorrência indica um melhor estabelecimento das espécies após o primeiro corte. Para o macrotiloma observa-se ainda que somente nesta fase foi possível detectar-se diferença estatística entre os tratamentos. Para as espécies leguminosas, um melhor estabelecimento da forragem pode estar ligado a uma melhor eficiência no sistema de fixação simbiótica após o 1º corte. Nesse sentido, foram observadas

maiores quantidades totais de nitrogênio na parte aérea no 2º corte para as espécies estudadas (quadro 7).

### Nodulação

A nodulação nas espécies macrotiloma e soja-perene foram avaliadas pela produção da massa nodular (g/vaso) e número de nódulos e para o estilosantes através de notas. Os dados obtidos estão apresentados no quadro 6.

Quadro 6 - Produção de matéria seca dos nódulos (g/vaso), nº de nódulos e avaliação por notas em função dos tratamentos A, B, C e D para as espécies estudadas. Média de 5 repetições

Parâmetros avaliados		Macrotiloma	Soja	Estilosantes
Nº de nódulos	A	83,20	69,40	
	B	108,20	200,60	
	C	129,40	368,00	
	D	131,60	430,00	
Teste F		*	*	
C.V. (%)		19,35	16,80	
Reg. Linear		*(0,90) <sup>1</sup>	*(0,97)	
Reg. Quadrática		n.s.	n.s.	
Peso de nódulos (g)	A	0,2720	0,1366	
	B	0,3374	0,3340	
	C	0,3440	0,5188	
	D	0,3670	0,4648	
Teste F		*	*	
C.V. (%)		7,9400	10,8600	
Reg. Linear		*(0,85)	*(0,97)	
Reg. Quadrática		n.s.	n.s.	
Avaliação de nódulos p/ notas	A			3,05
	B			3,25
	C			3,20
	D			2,85
Teste F				n.s.
C.V. (%)				19,07
Reg. Linear				n.s.
Reg. Quadrática				n.s.

Nível de significância = 5% (\* = significativo; n.s. = não significativo).

<sup>1</sup> Os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação ou  $r^2$  para a equação.

Para a soja-perene a nodulação respondeu positivamente aos tratamentos, tendo sido observados acréscimos lineares no número e aumento significativo no peso de nódulos até o nível de 49% de saturação por bases. Efeitos positivos na nodulação da soja-perene com a calagem foram obtidos por SOUTO & DÖBEREINER (1969), CARVALHO et al. (1971) e COLOZZA et al. (1983). Uma resposta limitada na nodulação com a calagem foi ainda encontrada por MUNNS et al. (1977) que observaram uma faixa de pH de 6,0-6,5 em que peso fresco de nódulos, redução de acetileno e número de nódulos por planta elevaram-se

a seus valores máximos, após o qual tenderam a decréscimo. COLOZZA & WERNER (1984) observaram redução significativa no peso de nódulos com elevação do pH de 5,7 para 6,5. Em relação ao nível de saturação por bases aplicado, MONTEIRO et al. (1983a) observaram aumentos lineares no número de nódulos e aumentos no peso de nódulos até o mais alto nível de V% ou 44,8%.

Para o macrotiloma, pode-se observar que a nodulação foi melhorada com os tratamentos, quando foram observados aumentos lineares no número e peso dos nódulos. MUNNS et al. (1977) observaram um aumento no número de nódulos por planta com elevação do pH até um valor aproximado de 6,5, quando o pH variou de 4,7 para 7,1. Nesta mesma faixa ocorreu progressiva queda no peso fresco dos nódulos, paralelamente a um aumento na eficiência dos mesmos. COLOZZA & WERNER (1984) observaram ainda uma diminuição no peso dos nódulos quando o pH variou de 4,7 para 5,7.

Para o estilosantes a atribuição de notas não detectou diferença na nodulação em função dos tratamentos aplicados. VARGAS & DÖBEREINER (1974) contudo, observaram com elevação do pH de 5,3 para 6,6 um aumento na nodulação considerando número e peso de nódulos. Num segundo experimento porém, quando o pH variou de 4,8 para 6,9, a calagem reduziu a nodulação (número e peso de nódulos).

### Quantidade total de nitrogênio

A quantidade total de nitrogênio na parte aérea (QTN) obtida para o 1º e 2º cortes (em mg/vaso) e a quantidade total acumulada (somatória ao 1º e 2º cortes) (QTNA) (mg/vaso) para as espécies estudadas em função dos tratamentos, constam do quadro 7.

A soja-perene expressou aumentos lineares para a QTN no 1º corte. Para a QTN no 2º corte e QTNA foram observados acréscimos até o nível de 57% de saturação por bases. Aumentos na quantidade total de nitrogênio para a soja-perene estão bem descritos na literatura (SOUTO & DÖBEREINER, 1969; JONES et al., 1970; FRANÇA & CARVALHO, 1970; COLOZZA et al., 1983; COLOZZA & WERNER, 1984). MONTEIRO et al. (1983a) observaram aumentos lineares na QTN na parte aérea até o mais alto nível de saturação por bases aplicado ou 44,8%, o que vai de acordo com as informações obtidas neste trabalho.

Para o macrotiloma, a QTN no 1º corte diminuiu até o nível de 35%, após o qual se elevou. A QTN no 2º corte elevou-se até o nível de 51%, após o qual decresceu. A QTNA sofreu acréscimos lineares.

Quadro 7 - Quantidade total de Nitrogênio (mg/vaso) ao 1º e 2º cortes e acumulada em função dos tratamentos A, C e D para as espécies estudadas. Média das 5 repetições.

	Tratamento	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
1º C	A	115,97	93,34	109,83
	B	103,47	115,79	106,35
	C	104,35	128,28	108,29
	D	118,17	123,63	98,37
	Teste F	n.s.	*	n.s.
	C.V. (%)	9,61	12,89	7,68
	Reg. Linear	n.s.	*(0,74)	n.s.
Reg. Quadrática	*(0,99) <sup>2</sup>	n.s.	n.s.	
2º C	A	130,25	56,68	244,26
	B	163,11	156,55	280,00
	C	192,77	212,28	296,14
	D	188,91	243,03	260,68
	Teste F	*	*	*
	C.V. (%)	10,90	11,10	5,78
	Reg. Linear	*	*	n.s.
Reg. Quadrática	*(0,98)	*(0,99)	*(0,96)	
Acumulado <sup>1</sup>	A	246,23	150,02	354,08
	B	266,59	272,34	386,35
	C	297,12	340,56	404,43
	D	307,08	366,66	359,05
	Teste F	*	*	*
	C.V. (%)	9,67	9,42	5,72
	Reg. Linear	*(0,96)	*	n.s.
Reg. Quadrática	n.s.	*(0,99)	*(0,92)	

Nível de significância = 5% (\* = significativo; n.s. = não significativo).

<sup>1</sup> somatório do 1º e 2º cortes.

<sup>2</sup> os valores entre parênteses indicam o coeficiente de determinação  $r^2$  para a equação.

Contrariamente, COLOZZA & WERNER (1984) obtiveram, com elevação do pH de 4,7 para 5,7, tendência à diminuição na QTN no 1º corte.

Para o estilosantes não foram observadas diferenças significativas para QTN no 1o. corte. Para QTN no 2º corte e QTNA os máximos valores foram atingidos aos níveis de 38 e 37% de saturação por bases respectivamente.

Respostas positivas para QTN com a calagem em estilosantes foram obtidas por SAVASTANO et al. (1982) e CARVALHO et al. (1988). SANZONOWICZ & VARGAS (1980) encontraram a pH 5,9 máxima QTN para o estilosantes, quando o pH variou de 4,6 para 7,2. Complementarmente, VARGAS & DÖBEREINER (1974) não observaram diferenças significativas na QTN quando o pH variou de 5,3 para 6,6. Estas informações confirmam os dados na QTN pelo estilosantes com adição de calcário.

## Correlação entre produção de MS, quantidade total de nitrogênio e nodulação

Com a finalidade de se avaliar os dados de produção de MS, QTN e nodulação conjuntamente, algumas correlações foram estabelecidas (quadro 8).

Quadro 8 - Coeficientes de correlação significativos (à nível de 5%) obtidos para as espécies em função da produção de MS, nodulação, quantidade total de nitrogênio na parte aérea e teor de Mn

Variável	Macrotiloma	Soja	Estilosantes
Nit.1 <sup>1</sup> & Nit.T <sup>2</sup>	0,5162	0,8041	0,5951
Nit.2 <sup>3</sup> & Nit.T	0,9433	0,9880	0,9589
P.Nod. <sup>4</sup> & Nit.T	0,6306	0,9032	-
Nº Nod. & Nit.T	n. s.	0,9037	-
MST & P.Nod.	0,5607	0,9290	-
MST & Nº Nod.	n. s.	0,9047	-
MST & Notas <sup>5</sup>	-	-	0,4708
Nit.T & Notas	-	-	0,4650

n.s. = correlações não significativas ao nível de 5%.

<sup>1</sup> quantidade total de nitrogênio ao 1º corte;

<sup>2</sup> quantidade total de nitrogênio acumulada (somatória do 1º e 2º cortes);

<sup>3</sup> quantidade total de nitrogênio ao 2º corte;

<sup>4</sup> peso dos nódulos;

<sup>5</sup> notas atribuídas à nodulação para o estilosante.

Pode-se observar no quadro 8 que as produções totais de MS e QTN estiveram melhor correlacionadas com o peso do que com o número de nódulos. Analogamente as notas atribuídas à nodulação para o estilosantes correlacionaram-se num mesmo grau com as produções totais de MS e QTNA. Neste sentido, fica evidente que a melhoria na nodulação aumentou o fornecimento de N à planta e que colaborou para aumento de produção da forragem. As QTNA estiveram ainda melhor correlacionadas com QTN no 2º corte, indicando um melhor estabelecimento do sistema de fixação simbiótica do nitrogênio no 2º período de crescimento.

## CONCLUSÕES

1- As máximas produções de MS foram obtidas ao nível de 47% para soja-perene e ao nível de 35% para o estilosantes. Para o macrotiloma, o ponto de máxima produção não foi atingido em vista de terem sido observados acréscimos lineares até o maior nível de calagem usado (que elevou a saturação por bases a 57%).

2- A nodulação foi melhorada pela calagem, quando foram observados aumentos lineares no peso e número de nódulos para o macrotiloma, aumentos

lineares no número de nódulos e aumento no peso de nódulos até o nível de 49% de saturação por bases para soja-perene.

3- A quantidade total de nitrogênio na parte aérea foi aumentada com a calagem. Para o macrotiloma foram observados acréscimos lineares, para a soja-perene e estilosantes os acréscimos ocorreram até os níveis de 57 e 37% de saturação por bases, respectivamente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. R. Bras. Cienc. Solo, Campinas, SP, 13(2):205-12, 1989.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1986. 96p. (Boletim Técnico, 106).
- CARVALHO, M.M.; FRANÇA, G.E.; BAHIA FILHO, A.F.C.; MOZZER, O.L. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latossolo Vermelho-Escuro, Fase Mata. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Brasília, 6:285-90, 1971.
- \_\_\_\_\_; SARAIVA, O.F.; OLIVEIRA, F.T.T.; MARTINS, C.E. Respostas de leguminosas forrageiras tropicais à calagem e ao fósforo, em casa de vegetação. R. Bras. Cienc. Solo, Campinas, SP, 12 (2):153-9, 1988.
- CATANI, R.A. & GALLO, J.R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação em bases. R. Agric., Piracicaba, SP, 30(1/3):49-60, 1955.
- COLOZZA, M.T. & WERNER, J.C. Aplicação de nutrientes em três leguminosas forrageiras cultivadas num solo da região do Vale do Ribeira. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 22(4):327-53, 1984.
- \_\_\_\_\_; SAVASTANO, S.A.L.; WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A. Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos cultivados com soja-perene. B. Industr. anim., Nova Odessa, SP, 40(1):75-96, 1983.
- FRANÇA, G.E. & CARVALHO, M.M. Ensaio exploratório em fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Brasília, 5:147-53, 1970.
- \_\_\_\_\_; BAHIA FILHO, A.F.C. & CARVALHO, M.M. Influência do 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. Sér. Agron., Brasília, 8:197-202, 1973.
- JONES, M.B. & FREITAS, L.M.M. Respostas de quatro leguminosas tropicais à fósforo, potássio e calcário num Latossolo Vermelho-Amarelo de campo de cerrado. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Brasília, 5:91-9, 1970.
- \_\_\_\_\_; QUAGLIO, J. & FREITAS, L.M. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais à aplicação de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesq. agropec. bras. Sér. Agron., Brasília, 5:209-14, 1970.
- LUND, Z.F. The effect of calcium and its relation to several cations in soybean root growth. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 34(3):456-9, 1970.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. 4 ed. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MONTEIRO, F.A.; MALAVOLTA, E. & WERNER, J.C. Efeitos da aplicação de micronutrientes e de níveis de calagem em leguminosas forrageiras. 1. Soja-perene Tinaroo e siratro cultivado em vasos. B. Industr. anim., Nova Odessa, SP, 40(1):97-126, 1983a.
- \_\_\_\_\_; COLOZZA, M.T.; WERNER, J.C. & OLIVEIRA, J.B. Limitações de fertilidade em solos de seis localidades paulistas para o cultivo de soja-perene. Zootecnia, Nova Odessa, SP, 21(3):181-212, 1983b.
- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. Depression of legume growth by liming. Plant Soil, Dordrecht, 45(3):701-5, 1976.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Plant Soil, Dordrecht, 46(3):533-48, 1977.
- \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Influence of lime on nitrogen fixation by tropical and temperate legumes. Plant Soil, Dordrecht, 46(3):591-601, 1977.
- PHILPOTTS, H. The effect of lime and *Rhizobium* strain on the nodulation of *Glycine wightii* and *Macroptilium atropurpureum* on acid soils. Trop. Grassl., Brisbane, 9(1):37-43, 1975.
- PROBERT, M.E.; WINTER, W.H. & JONES, R.K. Plant nutrition studies on some yellow and red earth soils in northern Cape York Peninsula. 3. Effects of liming and placement on responses to applied phosphorus. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., Melbourne, 19(100):583-9, 1979.
- QUAGGIO, J.A. Critérios para calagem em solos do Estado de São Paulo. Tese de Mestrado. Piracicaba, SP, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP, 1983. 76f.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. 2. ed. Piracicaba, SP, Instituto de potassa, 1983. 142p.
- \_\_\_\_\_; SACCHETTO, M.T.D. & IGUE, T. Correlações entre pH e grau de saturação em bases nos solos com horizonte B textural e horizonte B latossólico. Bragantia, Campinas, SP, 27(17):193-200, 1968.
- \_\_\_\_\_; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. Análise química de solo para fins de fertilidade. Campinas, SP, Fundação Cargill, 1987. 170p.
- \_\_\_\_\_; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas, SP, Instituto Agronômico, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- SANTOS, H.L.; BRAGA, J.M.; RESENDE, M. & CHAVES, J.R.P. Efeito do zinco, boro, molibdênio, calagem na produção da soja-perene (*Glycine javanica* L.) cultivada em solos de cerrado, em condições de casa de vegetação. R. Ceres, Viçosa, MG, 27(150):99-111, 1980.
- SANZONOWICZ, C. & VARGAS, A.A.T. Efeito do calcário e do potássio na produção e na composição química de *Stylosanthes*

guyanensis em um Latossolo Vermelho-Escuro de cerrado. R. Bras. Cienc. Solo, Campinas, SP, 4(3):165-9, 1980.

SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, SP, Livroceres, 1974. 55p.

SAVASTANO, S.A.A.L.; MATTOS, H.B. & MONTEIRO, F.A. Nutrição mineral de cinco estilosantes cultivados em um solo de cerrado paulista. I. Produção de matéria seca, nitrogênio total e nodulação. B. Indústr. anim., Nova Odessa, SP, 39(1):43-54, 1982.

SOUZA, F.B.; ANDRADE, R.P. & THOMAS, D. Estilosantes cv Bandeirante uma leguminosa forrageira para a região dos cerrados. Pesq. agropec. bras., Brasília, 18(3):319-20, 1983.

SOUTO, S.M. & DÖBEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesq. agropec. bras., Brasília, 4:129-38, 1969.

VARGAS, M.A.T. & DÖBEREINER, J. Efeito dos níveis crescentes de calagem, manganês, magnésio e boro na simbiose e desenvolvimento vegetativo do Stylosanthes guyanensis. Pesq. agropec. bras. Sér. Zootec., Brasília, 9:21-8, 1974.