

ADUBAÇÃO COM ENXOFRE

G.C. VITTI (1)

N.J. NOVAES (2)

1. INTRODUÇÃO

À medida em que aumenta a pressão demográfica, as vastas áreas de oxissolos e ultissolos ácidos e de baixa fertilidade da América tropical, cerca de 850 milhões de hectares, exercem um papel mais relevante na produção de alimentos e fibras. No Brasil essas áreas atingem cerca de 572,71 milhões de ha, cerca de 68% da área total (COCHRANE, 1982). A região dos cerrados, abrangendo cerca de 150 milhões de ha dessa área, concentra quase que a metade do rebanho bovino nacional (KORNELIUS et alii, 1982). Esta região, por apresentar baixa fertilidade dos solos e má distribuição de chuvas, tem graves problemas de deficiência alimentar e a exploração pecuária apresenta índices zootécnicos muito baixos. Entretanto, há a considerar que a produção de carne nestas terras tenderá a aumentar, pois essa atividade nos solos de maior fertilidade será incapaz de competir com a produção de cereais, existindo por essa razão, interesse crescente por essas áreas. Conforme citado em SOARES (1982), a região de cerrados já possui razoável infra-estrutura de transporte e está localizada próxima das grandes cidades do Centro-Sul do país, e em posição estratégica com relação aos chamados "corredores de exportação".

Conforme já comentado, o teor de nutrientes dos oxissolos e ultissolos é bastante baixo e com níveis elevados de alumínio e manganês, fatores estes relevantes para a produção de forragens. Dentre os nutrientes, segundo SÁNCHEZ & SALINAS (1981), a deficiência de enxofre (S) atinge 50% da área total dos solos da América tropical. Esse fato já havia sido alertado há muito tempo por McCLUNG et alii (1959a), os quais verificaram que quando o enxofre não foi aplicado em solos do planalto central brasileiro, o crescimento das plantas foi de apenas 4 a 30% do obtido quando um fertilizante completo foi aplicado.

(1) Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias — UNESP, Jaboticabal (SP).

(2) Pesquisador da EMBRAPA — UEPAE, São Carlos (SP).

Assim, solos brasileiros de cerrado, pobres em matéria orgânica, de constituição física predominantemente arenosa, sujeitos a uma estação chuvosa definida, submetidos a queimas periódicas como instrumento de manejo das pastagens e em áreas distantes de indústrias, é de se esperar que os teores de S situem-se aquém das necessidades dos vegetais e dos animais. Logo, com o aumento de produção nos trópicos, há também um aumento de deficiência de enxofre (BLAIR, 1979), afetando a produtividade e a qualidade do sistema agropecuário.

2. CAUSAS DA DEFICIÊNCIA DE ENXOFRE

Problemas sérios de deficiência de S têm sido identificados em 46 países tropicais, incluindo o Brasil (KANWAR & MUDAHAR, 1983). Há várias razões para explicar tal fato, sendo que as duas mais importantes, segundo KAMPRATH & TILL (1983), são:

(1) Nos solos tropicais, as quantidades de enxofre no perfil explorado pelas raízes das plantas, são freqüentemente baixas, principalmente nos de textura grossa, pobres em matéria orgânica (principal fonte de S do solo);

(2) Aumento considerável no uso de adubos simples e de fórmulas de fertilizantes "concentradas", isentos de enxofre, como a uréia e os fosfatos de amônio (MAP e DAP).

Além desses fatores, outros também são relevantes, segundo inúmeros autores citados em VITTI et alii (1979) e VITTI (1980):

a) Agricultura mais evoluída, baseada em altas produções com colheitas intensivas e variedades melhoradas e, conseqüentemente, com maior extração desse nutriente;

b) Perdas de sulfato por lixiviação, acentuada principalmente pela prática da calagem e pela adubação fosfatada;

c) Decréscimo no uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, ocasionando redução do SO_2 contido no ar atmosférico e, conseqüentemente, baixa adição de enxofre via atmosfera;

d) Decréscimo no uso de S em inseticidas e fungicidas;

e) Prática da queimada, principalmente para uso de novas áreas, limpeza de pasto e colheita da cana-de-açúcar, causando volatilização do enxofre. McCLUNG et alii (1959a), em condições de queima simulada, observaram que 75% do S contido na matéria seca das gramíneas perdeu-se por volatilização e que o S rema-

nescente das cinzas era facilmente passível de ser lixiviado. Há ainda a considerar a ausência quase que completa de estudos de correlação, bem como de processos de calibração com ensaios de campo, envolvendo esse nutriente.

3. O ENXOFRE E A NUTRIÇÃO VEGETAL E ANIMAL

O enxofre nas plantas encontra-se formando substâncias determinantes da qualidade e desempenhando funções vitais, sobretudo no metabolismo proteico das albuminas e nas reações enzimáticas. Assim, esse nutriente é componente dos aminoácidos essenciais metionina e cistina, os quais encerram cerca de 90% do total de S da planta, bem como está ligado às vitaminas biotina e tiamina (ALLAWAY & THOMPSON, 1966). O enxofre também é componente do acetil-CoA, composto que representa o "centro nervoso" no ciclo de Krebs, influenciando portanto todo o metabolismo de gorduras e carboidratos. É componente importante da ferredoxina, molécula transferidora de elétrons, envolvida na fotossíntese, na fixação do N_2 atmosférico e na redução de compostos oxidados tais como o nitrato (SMITH & SIREGAR, 1983). Segundo ANDREW (1962), a deficiência de S reduz a quantidade de N produzido, restringindo o crescimento da planta. A estrutura da membrana celular e suas funções também necessitam de S, pois os sulfolipídeos, que são essenciais para a composição da mesma, estão intimamente envolvidos na organização de clorofila na lamela do cloroplasto. Os grupos sulfidrilos (-SH) no tecido vegetal parecem aumentar a resistência ao frio e à seca (TOMATI & GALLI, 1979). O enxofre também faz parte de compostos que transmitem sabores e odores, os quais são importantes na aceitabilidade da pastagem pelos animais.

O enxofre aparece no corpo animal na proporção de 0,15%, sendo exigido principalmente como componente das proteínas (nos aminoácidos cistina, cisteína e metionina), de sorte que sua falta pode ser indicativa de deficiência de proteína (GALLO et alii, 1974). O enxofre na forma dos aminoácidos essenciais, metionina e cistina, bem como na das vitaminas biotina e tiamina, é um fator limitante na dieta humana e animal, principalmente para os mamíferos, os quais não reduzem sulfato a sulfito, o que é necessário na síntese dos aminoácidos e vitaminas citadas (HOUVINEN & GUSTAFSSON, 1967).

O enxofre ocorre, também, nos tecidos animais em várias formas de sulfato, como por exemplo, o sulfato de condroitina, um importante componente de cartilagens, ossos, tendões e paredes de vasos sanguíneos. Foi encontrado um decréscimo na formação de colágeno em ratos alimentados com dietas pobres em enxofre (Brown et alii, citados por SHIRLEY & MARIANTE, 1976). A heparina, um anticoagulante sanguíneo, é um éster do ácido sulfúrico com um polissacarídeo.

Do exposto acima observa-se que o fornecimento adequado de enxofre para as forrageiras deverá, entre outros objetivos, além de visar a maximização da produção, também aumentar o conteúdo de aminoácidos sulfurados na dieta animal.

4. TEOR DE ENXOFRE E RELAÇÃO N/S EM FORRAGEIRAS

As necessidades em enxofre de forrageiras tropicais têm sido comumente avaliadas pela análise de tecido da planta. Determinações de S total e relação N/S de toda a parte aérea, como de partes definidas, têm sido usadas para essas finalidades.

Para produções satisfatórias verifica-se que as exigências das leguminosas são superiores às das gramíneas forrageiras, sendo que o conteúdo de S das plantas depende da quantidade de proteína das mesmas (ALLAWAY & THOMPSON, 1966). GALLO et alii (1974) em 249 amostras de forrageiras, sendo 122 de gramíneas e 127 de leguminosas, observaram que 33% das espécies analisadas apresentavam teores de S abaixo de 0,1%. A maior frequência dos teores de enxofre, considerando-se as amostras em geral, foi na faixa de 0,1 a 0,3% em 65% dos casos (82% de leguminosas e 48% de gramíneas), sendo que 52% das gramíneas contiveram teores menores de 0,1% de S.

Conforme já comentado, a principal função do S é a conversão do N não proteico em proteína, quer o absorvido do solo, quer o absorvido da atmosfera via sistema simbiótico das leguminosas (WERNER, 1984). Assim, as leguminosas como possuidoras de altos teores de proteínas, exigem quantidades mais elevadas de enxofre para o seu desenvolvimento, tendo ainda este elemento nestas plantas, papel na formação e desenvolvimento dos nódulos, bem como no processo de fixação de N_2 pelos mesmos. Entretanto, as quantidades de S para fixação do nitrogênio podem ser diferentes daquelas exigidas para uma máxima produção de matéria seca. Por exemplo, em *Stylosanthes humilis*, 0,12% de S são necessários para uma produção máxima de N, enquanto que para produção de matéria seca são necessários 0,10% de S (JONES & ROBINSON, 1970).

Com relação às exigências em S pelas leguminosas forrageiras tropicais, verifica-se que não houveram grandes diferenças nas concentrações críticas de enxofre da parte aérea das mesmas, tendo variado de 0,14 (em *Stylosanthes humilis*) a 0,18% de S (em *Trifolium repens*) em dez espécies estudadas. Espécies de *Medicago* apresentaram maiores necessidades em S (nível crítico de 0,20% de S), sendo mais sensíveis a níveis de S do solo do que as leguminosas tropicais estudadas (ANDREW, 1977). O mesmo foi verificado por JONES & QUAGLIATO (1970), os quais compararam *Medicago sativa* com quatro leguminosas tropicais (*Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Neonotonia wightii* e *Macroptilium atropurpureum*).

Análises de parte aérea de gramíneas tropicais (*Panicum maximum* var. *trichoglume*, *Cenchrus ciliaris*, *Digitaria decumbens*, *Paspalum dilatatum*, *Chloris gayana*, *Setaria sphacelata* e *Pennisetum clandestinum*), coletadas aos 28 dias após a rebrota, indicaram uma faixa de nível crítico de S de 0,07 a 0,11% (ANDREW, 1977). Werner & Haag citados por HAAG & DECHEN (1984) encontraram para folhas de capim colônião a faixa de 0,11 a 0,15% de S em plantas normais, enquanto que para o capim jaraguá a faixa era de 0,13 a 0,18% de S.

Entretanto, um dos maiores problemas para a aplicação da concentração crítica de S total, é o rápido declínio dos seus níveis no decorrer do desenvolvimento

das plantas, principalmente em forrageiras tropicais, as quais apresentam um rápido crescimento. Assim, em capim colônião, o nível crítico de S total diminuiu de 0,15, aos 18 dias após a rebrota, para 0,13 e 0,08%, respectivamente sete e quatorze dias mais tarde (SMITH & DOLBY, 1977).

Um dos índices mais comuns para avaliar o estado nutricional da planta, quanto ao enxofre, bem como para avaliar a produção máxima de forragens e a adequada nutrição animal, é a relação N/S do tecido da planta. Essa relação, segundo PUMPHREY & MOORE (1965), tem a vantagem de permanecer relativamente constante nos diversos estádios de desenvolvimento da planta. Trabalhos demonstrando a importância dessa relação, como indicativo da performance da forragem, são muitos.

WOODHOUSE (1969) verificou que uma relação N/S superior a 17/1 limitava o desenvolvimento de capim "Coastal" Bermuda (*Cynodon dactylon* L.). Esse fato ocorria para uma dose aproximada de 448 kg/ha de N, acompanhada de um teor de S no tecido de 0,14%, conforme apresentado na Figura 1. McNAUGHT & CHRISTOFFELS (1961) verificaram que uma relação N/S de 17 a 18,5 para o trevo branco, e de 11 a 12 para gramíneas, permitiram máxima produção das forrageiras. DIJKSHOORN & VAN WIJK (1967) demonstraram que quando a planta atinge a maturidade, a relação N/S tende a se estabilizar em 14/1 nas gramíneas e 17/1 nas leguminosas, sendo que para uma relação N/S de 20/1 nas gramíneas ocorria severa deficiência de S.

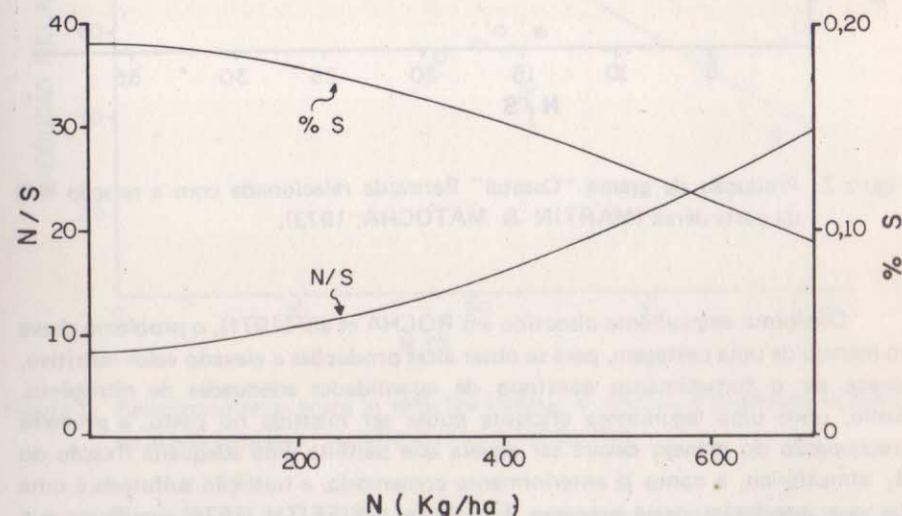


Figura 1. Efeito da aplicação de nitrogênio no conteúdo de S e na relação N/S de *Cynodon dactylon* L. (WOODHOUSE, 1969).

As gramíneas forrageiras requerem altas adições de fertilizantes nitrogenados para altas produções, em comparação com as leguminosas (MARTIN & MATOCHA, 1973). Assim, o alto potencial de produção de espécies de forrageiras, como as de *Cynodon*, responsivo ao N, apresentará problemas potenciais de deficiência de S, mesmo em solos mais férteis. Por exemplo, a produção de 24t/ha de capim "Coastal" Bermuda remove 44kg/ha de S, para uma aplicação de 600kg/ha de N (WILKINSON & LANGDALE, 1974). Na Figura 2 é mostrado que a produção relativa dessa gramínea é inversamente proporcional à relação N/S, sendo que a porcentagem de S do tecido não foi correlacionada com a produção (MARTIN & MATOCHA, 1973).

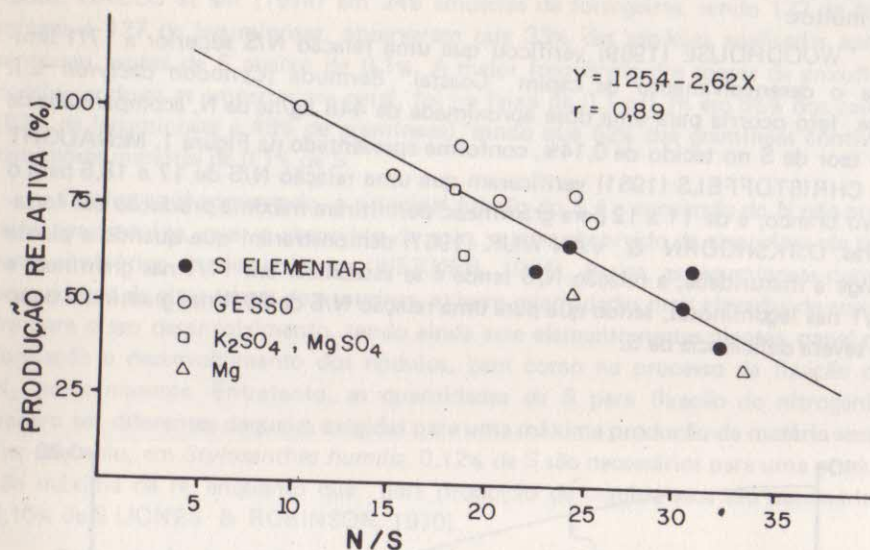


Figura 2. Produção de grama "Coastal" Bermuda relacionada com a relação N/S da parte aérea (MARTIN & MATOCHA, 1973).

Conforme amplamente discutido em ROCHA et alii (1971), o problema chave no manejo de uma pastagem, para se obter altas produções e elevado valor nutritivo, parece ser o fornecimento contínuo de quantidades adequadas de nitrogênio. Assim, onde uma leguminosa eficiente puder ser mantida no pasto, a primeira preocupação do manejo deverá ser aquela que permita uma adequada fixação do N_2 atmosférico, e como já anteriormente comentado, a nutrição sulfurada é uma das que interferem nesse processo. Em alfafa, GRIFFITH (1974), verificou que mesmo em solos considerados suficientes em S disponível, a utilização desse nutriente duplicou a produção da leguminosa, passando de 4,02 para 9,41 e 9,69t/ha de MS, respectivamente pela aplicação de 56kg/ha de S nas formas de enxofre elementar e de gesso, havendo ainda, um aumento no conteúdo de N e da proteína

da planta. Esse autor também cita que não foram obtidas respostas à aplicação de S em alfafa em 20 de 21 experimentos de campo, quando a relação N/S foi maior do que 11. WESTERMANN (1975) também encontrou que a relação N/S da parte aérea da alfafa, no estágio do florescimento, foi encontrada como um índice satisfatório para detectar deficiência de S. Na Figura 3 é apresentada a relação entre N/S total e N/S proteico com a produção relativa da alfafa, tendo sido observado que respostas às aplicações de S são obtidas quando a relação N/S total é maior do que 17 a 18.

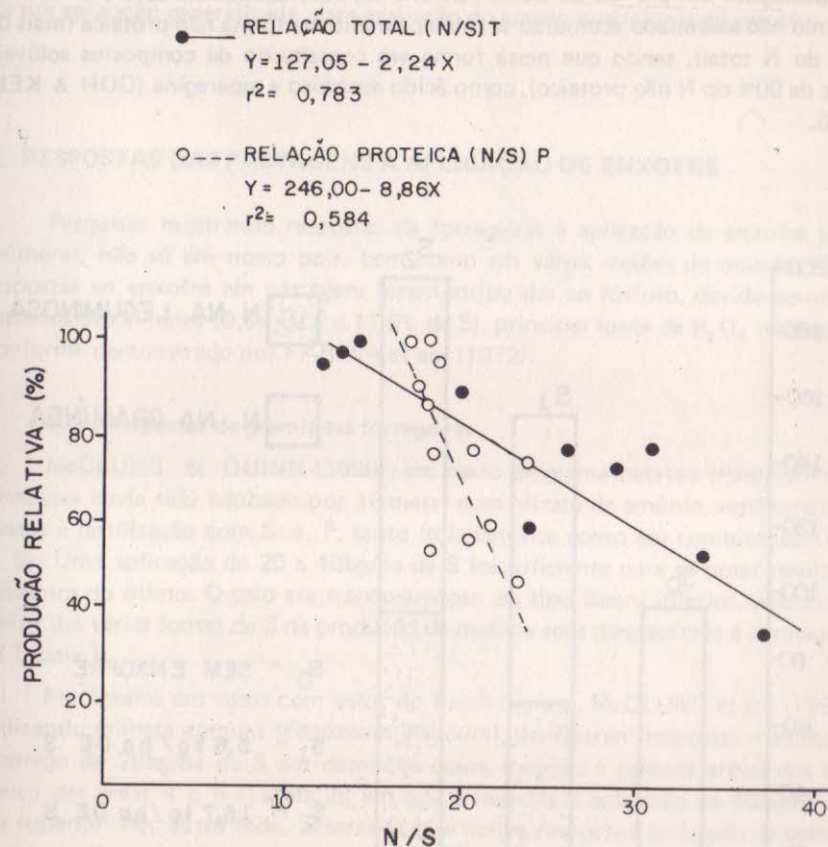


Figura 3. Relacionamento entre as relações $(N/S)_P$ e $(N/S)_T$ e produção relativa da alfafa (ambos r^2 significativo ao nível de 1%).

Em condições de moderada deficiência de S o conteúdo de proteína das plantas é reduzido, sem uma redução do crescimento das plantas (JONES et alii, 1971), mas deficiência severa desse nutriente reduz a taxa de síntese de proteínas, mais do que a taxa de fixação de N, o que provoca uma acumulação de N não proteico (SPENCER, 1959).

Um trabalho clássico mostrando o papel essencial do S no crescimento e fixação de N pelas leguminosas foi desenvolvido por Walker & Adam, citados por MENGEL & KIRKBY (1979) em ensaios conduzidos em solos deficientes em enxofre em pastagens consorciadas com trevo e gramíneas, conforme pode ser observado na Figura 4. No tratamento sem S, quase todo o SO_4^{2-} disponível foi consumido pela gramínea e a fixação de N pelo trevo foi desprezível. A aplicação de cerca de 17kg/ha de S, em combinação com adequada fertilização nitrogenada, resultou em ótimo desenvolvimento da leguminosa, produção de MS e N recuperado pela pastagem. Em plantas de *Lolium perenne* L., com deficiência severa de S, o nitrogênio não assimilado acumulou-se principalmente na forma não proteica (mais de 40% do N total), sendo que nessa forma era constituído de compostos solúveis (mais de 90% do N não proteico), como ácido aspártico e asparagina (GOH & KEE, 1978).

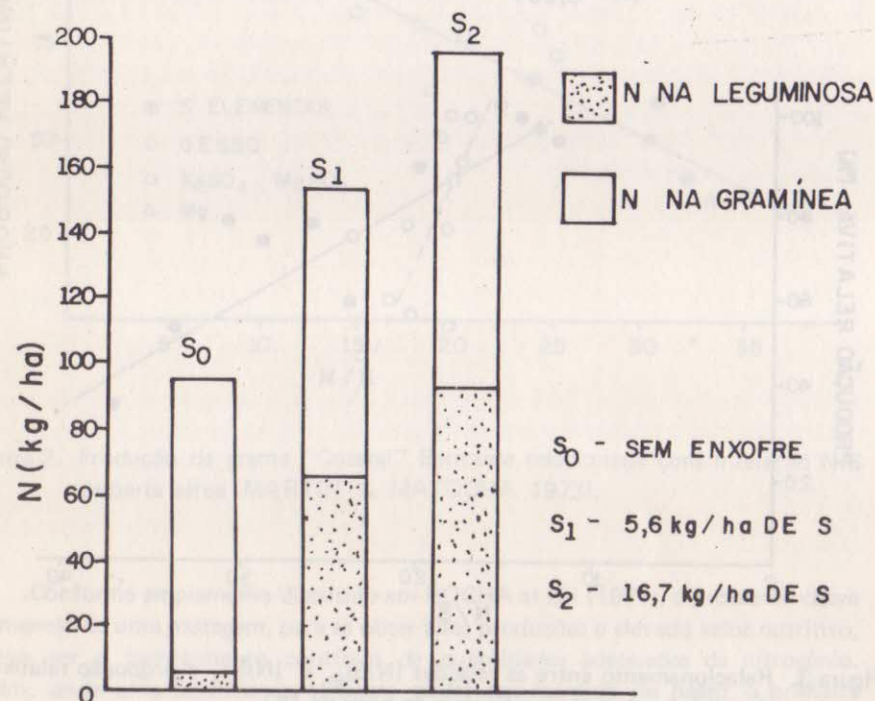


Figura 4. Efeito do suprimento de enxofre na absorção de N em pastagem consorciada (Walker & Adam citados por MENGEL & KIRKBY, 1979).

É importante salientar aqui que, em alguns vegetais, a taxa N:S desejável para seu crescimento ótimo é geralmente maior que a relação N:S de 13,5:1 a 15:1 sugerida como ótima para a nutrição do ruminante. Isso sugere que embora certas forrageiras produzam quantidade adequada de massa comestível, podem apresentar-se deficientes em S para os animais (qualidade), desde que participem como único alimento disponível na nutrição dos mesmos (ALLAWAY & THOMPSON, 1966).

Conforme discutido em SMITH & SIREGAR (1983), por inúmeros motivos, a relação N/S deve ser melhor estudada em leguminosas forrageiras tropicais, antes da sua aplicação generalizada, para avaliação do estado nutricional do enxofre.

5. RESPOSTAS DAS PASTAGENS À APLICAÇÃO DE ENXOFRE

Pesquisas mostrando respostas de forrageiras à aplicação de enxofre já são inúmeras, não só em nosso país, bem como em várias regiões do mundo. Muitas respostas ao enxofre em pastagens foram atribuídas ao fósforo, devido ao uso do superfosfato simples (9,5% de P e 11,5% de S), principal fonte de P_2O_5 no passado, conforme demonstrado por FARINA et alii (1972).

5.1. Respostas de gramíneas forrageiras

McCLUNG & QUINN (1959), em pasto de grama batatais (*Paspalum notatum*) que havia sido adubado por 18 meses com nitrato de amônio, verificaram respostas à fertilização com S e P, tanto isoladamente como em combinação (Figura 5). Uma aplicação de 20 a 40kg/ha de S foi suficiente para se obter resultados próximos do ótimo. O solo era franco-arenoso do tipo Bauru inferior, sendo que o efeito das várias fontes de S na produção de matéria seca da gramínea é apresentado na Tabela 1.

Em ensaios em vasos com solos do Brasil Central, McCLUNG et alii (1959b), utilizando milhete comum (*Penisetum glaucum*), verificaram respostas máximas ao emprego de 20kg/ha de S em dezenove casos, exceção à camada arável dos solos Bauru das áreas 4 e 5 (Tabela 2), em que a resposta à aplicação de 40kg/ha de S foi superior. Por outro lado, observa-se que houve resposta à aplicação de gesso no horizonte A de todos os solos estudados, indicando lixiviação de enxofre do horizonte A para o B. Em capim colônião (*Panicum maximum*), QUINN et alii (1961) observaram que a aplicação de 60kg/ha de S, sob a forma de gesso, aumentou a capacidade de suporte da pastagem e a produção de carne/ha, num solo do tipo Bauru superior de Araçatuba (SP). WERNER et alii (1967), utilizando amostras de um Latossolo Vermelho Escuro (0,58% C) de Andradina (SP), também com pasto de capim colônião com mais de vinte anos de uso, formado após derrubada da mata original, nunca tendo recebido qualquer adubação ou calagem, instalaram um ensaio em casa de vegetação, visando verificar o efeito de diversos nutrientes nessa gramínea. Verificaram que o fósforo foi o elemento que mais limitou o crescimento, se-

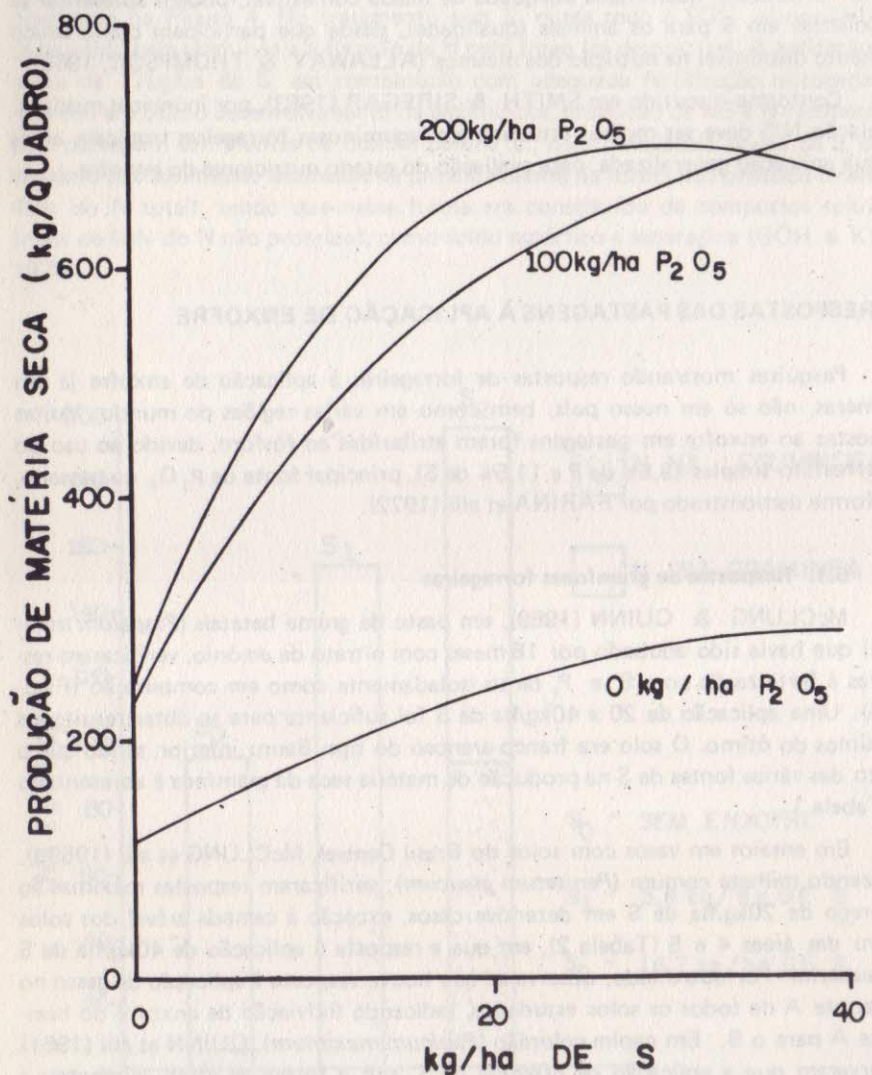


Figura 5. Influência de aplicações de S e P na produção de matéria seca (3^o corte) de grama batatais (McCLUNG & QUINN, 1959).

Tabela 1. Efeito de várias fontes de S na produção de matéria seca de grama batatais (McCLUNG & QUINN, 1959).

Fonte de enxofre	Enxofre (kg/ha)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	Matéria seca (g/parcela)		
			Colheita 1	Colheita 2	Colheita 3
Nenhuma	0	200	41	129	221
CaSO ₄ .2H ₂ O	40	200	119	310	694
Na ₂ SO ₄	40	200	122	280	743
S elementar	40	200	89	225	694
dms 5%			33,8	50,4	164,1
1%			48,6	72,5	235,9

guindo-se o nitrogênio e depois o enxofre, conforme dados apresentados na Tabela 3.

WOODHOUSE (1969), em ensaios conduzidos em solos arenosos, obteve aumentos significativos na produção de grama "Coastal" Bermuda (*Cynodon dactylon* L.), em sete dos oito anos, pela aplicação de S na forma de gesso e 672kg/ha de N, passando a produção de matéria seca de 7,2 (sem gesso) para 11,1 (28kg/ha de S) e 12,6t/ha (56kg/ha de S). MATOCHA (1971) também obteve aumentos significativos na produção de matéria seca de *Cynodon dactylon* L., no segundo ano após a aplicação de S na forma de gesso. A produção de matéria seca passou de 5,9 (sem S) para 10,1 (50kg/ha de S) e 12,1t/ha (100kg/ha de S), na presença de 112kg/ha de Mg.

Em ensaios em casa de vegetação com *Panicum maximum* cv. *trichoglume* em dois Latossolos Vermelho Escuro, bem e mal drenados, foi verificado que a produção de matéria seca no primeiro solo foi de 12,48g/vaso no tratamento completo e de 11,08g/vaso no completo-S, enquanto que no mal drenado somente os tratamentos com omissão de P, Ca e B tiveram produções inferiores ao tratamento completo (EMBRAPA, 1979).

Também avaliou-se a disponibilidade de enxofre em solos ácidos, Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado (LE₁), Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado (LE₂), Areia Quartzosa fase cerrado (AQ) e Latossolo Roxo fase floresta (LR) para *Brachiaria decumbens* tipo australiano, *Setaria anceps* cv. *Kazungula* (somente no solo LE₁), bem como para uma leguminosa, a *Glycine wightii* IRI-1394, conforme dados apresentados na Tabela 4 (EMBRAPA, 1981). Verifica-se pelos dados dessa tabela que a *Brachiaria decumbens* apresentou deficiência de S nos 4 solos estuda-

Tabela 2. Produção de matéria seca de milhete (*Penisetum glaucum* L.) em relação à aplicação de enxofre (McCLUNG et alii, 1959b).

Tipo de solo e localização	Cobertura vegetal	Horizonte	Produção de MS (g/vaso)	
			-S	+S
Bauru 1 (Lins)	Mata	Ap	6,7	25,7**
		B	12,0	24,0*
	Cafezal	Ap	2,5	16,8*
		B	18,0	20,9 ^{ns}
Bauru 2 (Marília)	Mata	Ap	4,6	22,2**
		B	7,1	12,6 ^{ns}
	Cafezal	Ap	2,2	12,5*
		B	10,7	10,9 ^{ns}
Bauru 3 (Marília)	Mata	Ap	8,3	29,8**
		B	1,1	19,0**
	Cafezal	Ap	1,3	20,9**
		B	0,9	13,1*
Terra Roxa (Ribeirão Preto)	Mata	Ap	13,9	22,3*
		B	6,0	19,9*
	Cafezal	Ap	12,1	14,8 ^{ns}
		B	19,6	19,2 ^{ns}
Bauru 4 (Araçatuba)	Pasto	Ap	2,6	28,0**
		B	8,6	19,7**
Bauru (Matão)	Cafezal	Ap	4,3	20,3**
		B	24,5	19,5 ^{ns}
Campo Cerrado (Goiás)	Campo	Ap	0,1	13,8**

(*) e (**) significativos respectivamente a 5 e 1%.
(ns) não significativo.

Tabela 3. Produção de matéria seca (70°C) por vaso de capim colômbio e índice de produção relativa em função dos tratamentos utilizados (WERNER et alii, 1967).

Tratamento	Matéria seca (g/vaso)	Produção relativa (%)
Completo	31,4	100
Menos N	10,6	31
Menos P	0,4	1,1
Menos S*	17,8	65

dms 5% = 2,6.

(*) 40kg/ha de S (como H₂SO₄).

dos, apresentando produção relativa de 21, 54, 57 e 74%, respectivamente para os solos LE₂, LE₁, AQ e LR. A *Setaria anceps* apresentou também resposta significativa à aplicação de S.

A partir das respostas acima citadas, CASAGRANDE & SOUZA (1982), em casa de vegetação, instalaram um experimento com doses crescentes de S (0, 15, 30, 45 e 60kg/ha de S) utilizando-se de quatro gramíneas, capim gordura (*Melinis minutiflora* tipo "cabelo de negro"), jaraguá (*Hyparrhenia rufa*), braquiária (*Brachiaria decumbens* "australiana") e setária (*Setaria anceps* cv. *Kazungula*) em três tipos de solos dos já citados: LE₁, LE₂ e AQ. Os resultados estão apresentados na Tabela 5 e nas Figuras 6, 7 e 8. Analisando-se esses dados, observa-se que a maior frequência de resposta ao enxofre nos 3 solos estudados ocorreu com a aplicação de até 30kg/ha de S, sendo o capim gordura e a braquiária os que mais responderam, através do aumento de produção de matéria seca.

A resposta de pastagens de *Panicum maximum* e *Panicum phaseoloides* de oito anos, a treze elementos nutritivos e calcário, revelaram que o tratamento -S apresentou produção relativa de 55% num Latossolo Amarelo textura muito argilosa (LAmA) da região de Paragominas (PA) em pastagem de avançado estágio de degradação, e de 85% num Latossolo Vermelho Escuro textura média (LVEm) da região nordeste de Mato Grosso, em pastagem ainda com boa produtividade (SER RÃO et alii, 1982).

FREITAS & JORGE (1982) instalaram um ensaio num Latossolo Vermelho-Amarelo, textura barrenta, de Matão (SP), apresentando 0,9% C, 35 ppm S total e 3 ppm S-SO₄ extratível em NH₄OAc 1,0 N, com capim Swanee Bermuda

Tabela 4. Efeito do enxofre nas produções médias de matéria seca de plantas forrageiras (EMBRAPA, 1981).

Tratamento	Matéria seca (g/vaso)			
	LE ₁	LE ₂	AQ	LR
----- <i>Glycine wightii</i> IRI-1394 ----- (média de 2 cortes)				
Completo ⁽¹⁾	10,75 a	9,70 a	12,91 a	10,87 a
Completo-S	7,31 b	5,71 b	7,69 b	10,03 a
----- <i>Brachiaria decumbens</i> , tipo australiano ----- (média de 2 cortes)				
Completo ⁽¹⁾	29,81 a	25,21 a	26,73 a	20,65 a
Completo-S	16,06 b	5,37 b	15,34 b	15,26 b
----- <i>Setaria anceps</i> cv. Kazungula ----- (média de 2 cortes para o LE ₁)				
Completo ⁽¹⁾	16,88 a	—	—	—
Completo-S	11,86 b	—	—	—

(1) Completo = N + P + K + S + calagem + B + Cu + Mo + Zn.

Médias, nas verticais, seguidas de mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

(*Cynodon dactylon* L. Pers.). As produções de matéria seca foram obtidas durante três anos, resultantes das aplicações anuais de nitrogênio (0, 150, 300, 600 e 1200kg/ha de N, na forma de nitrato de amônio) e de enxofre (0, 20, 40, 80 e 160kg/ha de S, na forma de gesso) e de fósforo no sulco de plantio (0, 100, 200, 400 e 800kg/ha de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo). As respostas a N e S acentuaram-se com o decorrer do experimento, sendo que para o S no terceiro ano houve aumento em todas as cinco colheitas; o tratamento que recebeu o equivalente a 160kg/ha/ano de S apresentou um aumento de 67,5% (11,7t de matéria seca) em relação à testemunha sem adubação sulfatada.

Tabela 5. Produção de matéria seca de capim gordura, jaraguá, braquiária e setária nos solos AQ, LE₁ e LE₂, em função de várias doses de enxofre, média de 2 cortes (CASAGRANDE & SOUZA, 1982).

Enxofre (kg/ha)	g/vaso			
	Gordura	Jaraguá	Braquiária	Setária
----- AQ -----				
0	8,62 c	4,90 d	8,93 c	8,52 d
15	15,10 b	9,14 c	17,00 b	13,95 abc
30	17,68 a	9,43 bc	19,40 a	15,12 a
45	17,70 a	10,54 ab	18,23 ab	14,49 ab
60	17,57 a	10,71 a	18,83 a	13,51 bc
----- LE ₁ -----				
0	5,81 b	4,70 d	8,90 d	8,09 c
15	12,75 a	7,73 bc	16,55 c	14,63 a
30	12,46 a	8,58 a	16,84 c	14,30 a
45	12,39 a	8,42 ab	18,32 b	14,01 a
60	13,15 a	7,42 c	19,05 a	12,59 b
----- LE ₂ -----				
0	4,55 b	3,12 c	6,34 c	5,28 c
15	14,94 a	8,65 b	17,88 b	14,64 b
30	14,33 a	10,57 a	21,78 a	17,25 a
45	15,66 a	12,38 a	22,00 a	14,45 b
60	14,82 a	11,71 a	21,69 a	15,16 b

Médias da mesma coluna seguidas das mesmas letras não diferem entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Em condições de casa de vegetação, HADDAD (1983), verificou efeito quadrático de S, bem como interação positiva desse nutriente com o N na produção de matéria seca de colonião, e que 55 a 60kg/ha de S foi o intervalo de dose que permitiu as máximas produções de matéria seca, para as doses de 100 e 200kg/ha de N, respectivamente.

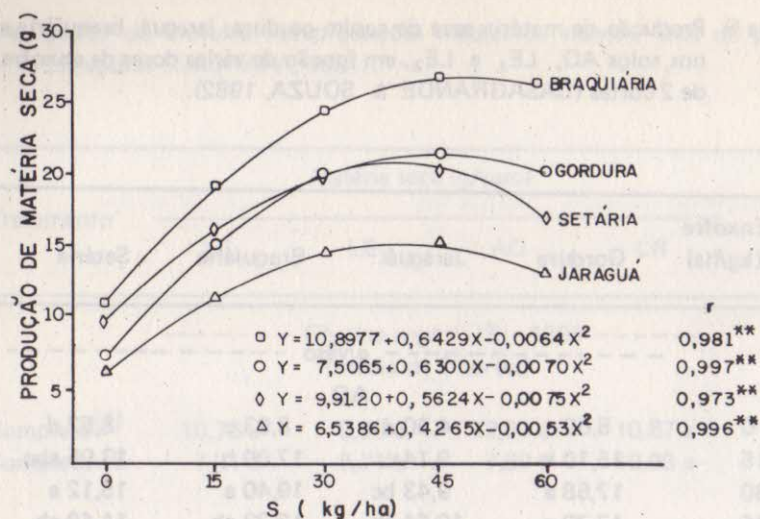


Figura 6. Produção de matéria seca de gramíneas em função de cinco níveis de S num Latossolo Vermelho Escuro fase cerradão (LE₁) (CASAGRANDE & SOUZA, 1982).

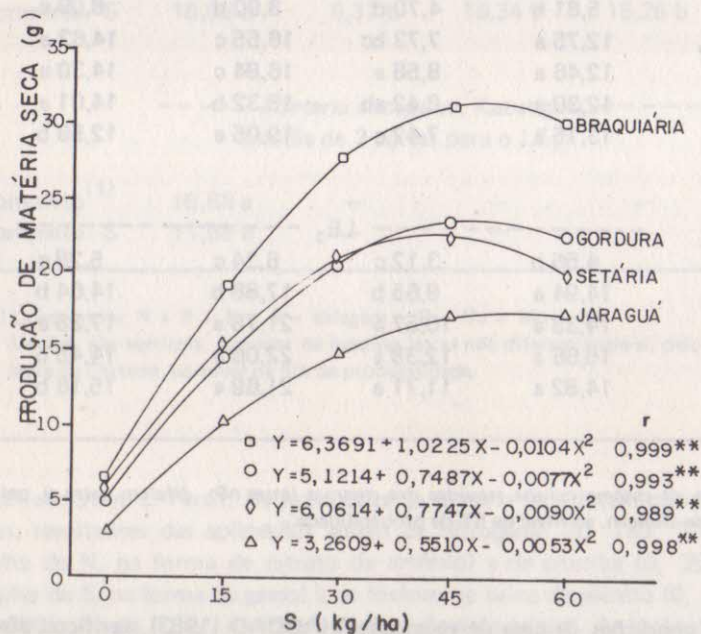


Figura 7. Produção de matéria seca de gramíneas em função de cinco níveis de S num Latossolo Vermelho Escuro fase cerrado (LE₂) (CASAGRANDE & SOUZA, 1982).

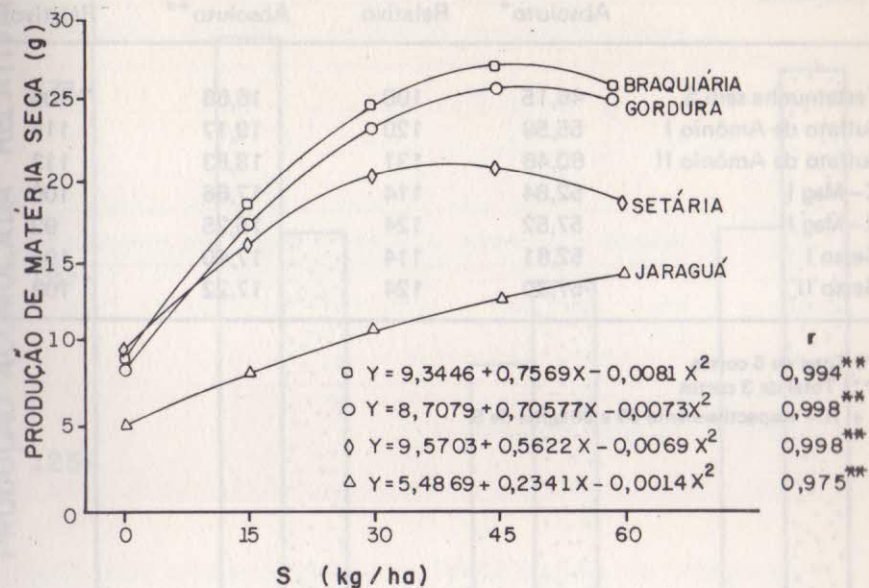


Figura 8. Produção de matéria seca de gramíneas em função de cinco níveis de S numa Areia Quartzosa (AQ) (CASAGRANDE & SOUZA, 1982).

Num Latossolo Vermelho Amarelo de São Pedro (SP) (8 ppm S-SO₄) e num Latossolo Vermelho Escuro, textura média, de Jaboticabal (SP) (5 ppm S-SO₄), MALAVOLTA et alii (1984), compararam o efeito de três fontes de S (sulfato de amônio, sulfato duplo de potássio e magnésio (K-Mag) e gesso) na produção de matéria seca de capim colômbio (Tabela 6 e Figura 9), tendo os dados obtidos sugerido que as fontes citadas foram praticamente equivalentes e que a dose adequada era de 30kg/ha de S. Os seguintes níveis e relações foram indicativos de deficiência de S: 0,10 a 0,15% S, N/S > 20 e P/S > 2.

Tabela 6. Efeito de fontes e doses de S na produção de matéria seca de capim colônião em ensaios de campo em Jaboticabal e São Pedro (t/ha) (MALAVOLTA et alii, 1984).

Tratamento	Jaboticabal		São Pedro	
	Absoluto*	Relativo	Absoluto**	Relativo
Testemunha sem S	46,15	100	16,66	100
Sulfato de Amônio I	55,59	120	19,17	115
Sulfato de Amônio II	60,46	131	18,83	113
K-Mag I	52,84	114	17,66	106
K-Mag II	57,52	124	15,25	92
Gesso I	52,61	114	17,40	104
Gesso II	57,30	124	17,22	103

(*) Total de 5 cortes.

(**) Total de 3 cortes

I e II = respectivamente 30 e 60kg/ha de S.

5.2. Respostas de leguminosas forrageiras

JONES et alii (1970), em experimento de casa de vegetação, com um Latossolo Vermelho de campo cerrado de Orlandia (SP), estudaram a produção e assimilação de nitrogênio por alfafa (*Medicago sativa*) e sete leguminosas tropicais (*Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica*, *Teramnus uncinatus*, *Desmodium discolor*, *Clitoria ternatea* e *Desmodium pabulare*), através da técnica da diagnose por subtração. Verificaram que a omissão de S afetou de modo significativo a produção de matéria seca de duas leguminosas tropicais (*Stylosanthes gracilis* e *Glycine javanica*) e da alfafa (*Medicago sativa*), conforme dados apresentados na Tabela 7.

JONES & QUAGLIATO (1970) montaram ensaios em casa de vegetação com quatro leguminosas tropicais (*Stylosanthes gracilis*, *Centrosema pubescens*, *Glycine javanica* e *Phaseolus atropurpureus*) e mais a alfafa, em amostras do mesmo Latossolo citado acima, utilizando-se de cinco doses de enxofre (0, 10, 20, 30 e 60kg/ha de S), como H_2SO_4 . Tendo feito três cortes, observaram que todas as espécies examinadas aumentaram a produção de matéria seca na proporção do aumento do suprimento de S, efeito esse mais pronunciado no 3.º corte em todas as leguminosas, com exceção de *Stylosanthes*, conforme pode ser observado na Tabela 8.

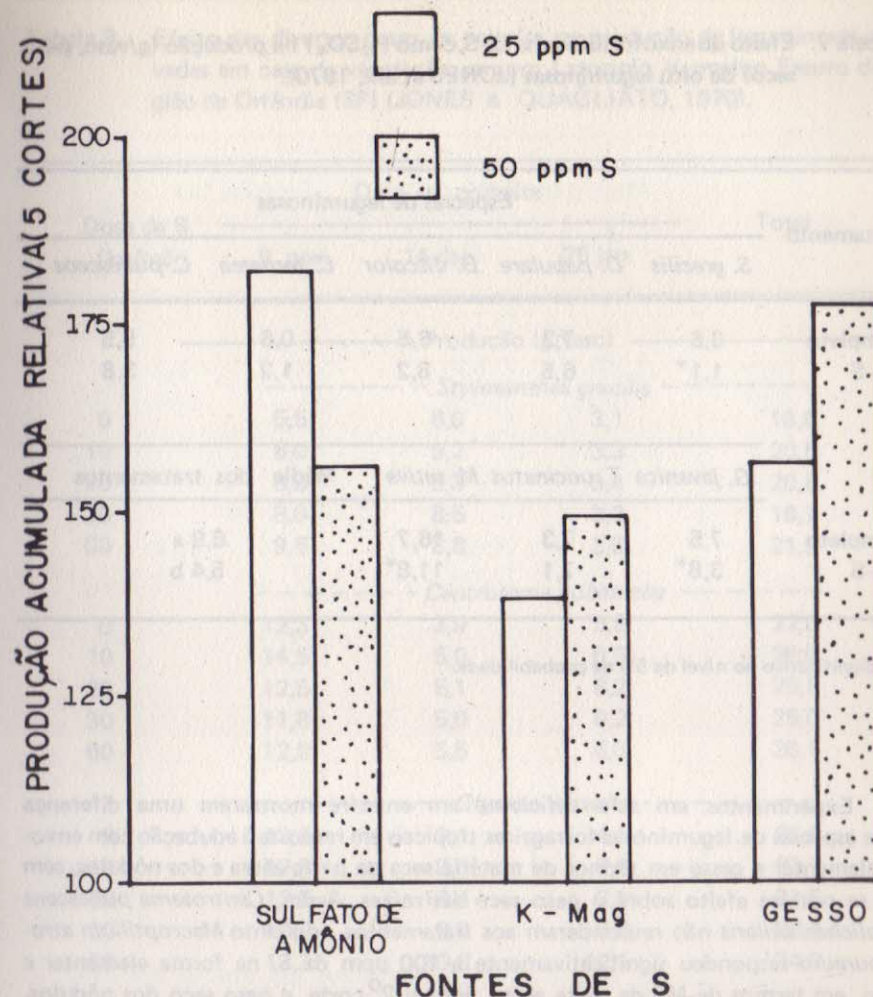


Figura 9. Efeito de fontes e doses de S na produção de matéria seca (MS) de capim colônião (Sem S = 100) (MALAVOLTA et alii, 1984).

HOEFT & WALSH (1970) verificaram que a utilização de 56kg/ha de S, como K_2SO_4 , aumentou a produção e o conteúdo de proteína da alfafa (de 60 e 75% em duas localidades), conforme apresentado na Tabela 9.

Martin & Walker citados por GRIFFITH (1974), verificaram que a produção de alfafa continuou crescendo até a dose máxima de S utilizada (80kg/ha). Assim, a produção de matéria seca de alfafa aumentou de 7,4 (sem S) para 15,1 (40kg/ha de S) e 17,3t/ha (80kg/ha de S), sendo a quantidade de S removida, respectivamente, de 12, 38 e 55kg/ha.

Tabela 7. Efeito do enxofre (60kg/ha de S, como H₂SO₄) na produção (g/vaso, peso seco) de oito leguminosas (JONES et alii, 1970).

Tratamento	Espécies de leguminosas				
	<i>S. gracilis</i>	<i>D. pabulare</i>	<i>D. discolor</i>	<i>C. ternatea</i>	<i>C. pubescens</i>
Completo	3,6	7,3	6,5	0,6	5,5
-S	1,1*	6,5	8,2	1,2	3,8
	<i>G. javanica</i>	<i>T. uncinatus</i>	<i>M. sativa</i>	Média dos tratamentos	
Completo	7,5	7,3	16,7	6,9 a	
-S	3,8*	7,1	11,8*	5,4 b	

(*) Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Experimentos em solo deficiente em enxofre mostraram uma diferença entre espécies de leguminosas forrageiras tropicais em resposta à adubação com enxofre elementar e gesso em termos de matéria seca da parte aérea e dos nódulos, sem que se notasse efeito sobre o peso seco das raízes. Assim, *Centrosema pubescens* e *Dolichos axilaris* não responderam aos tratamentos, enquanto *Macroptilium atropurpureum* respondeu significativamente a 100 ppm de S, na forma elementar e gesso, em termos de MS da parte aérea, após o 2.^o corte, e peso seco dos nódulos. *Glycine wightii* respondeu a 25 ppm de S na forma de gesso, nos 3 cortes, aumentando o peso da parte aérea e dos nódulos, e *Pueraria phaseoloides* respondeu unicamente a 25 ppm de S (gesso ou S elementar) somente para peso de nódulos (TERGAS, 1977).

Em estudos em casa de vegetação, através da diagnose por subtração, num Latossolo Roxo álico com *Galactia striata*, verificou-se que o P foi o elemento que mais afetou a produção de matéria seca; em tratamentos onde se omitiu o P ou o B, obteve-se menor número de nódulos, enquanto que o peso seco dos nódulos foi mais afetado pela omissão de S e de B (Figura 10) (EMBRAPA, 1979). O S foi o elemento mais limitante para a produção de matéria seca das leguminosas *Glycine wightii* e *Centrosema pubescens*, nas duas principais unidades de solo do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPQ), ou seja, Latossolo Roxo álico e Latossolo Vermelho-Escuro, ocorrendo nas folhas dessas forrageiras sintomas típicos de deficiência de S.

Tabela 8. Efeito das diversas doses de enxofre na produção de leguminosas cultivadas em casa de vegetação, em um Latossolo Vermelho Escuro da região de Orlandia (SP) (JONES & QUAGLIATO, 1970).

Dose de S (kg/ha)	Data da colheita			Total
	9 nov.	14 dez.	25 jan.	
	Produção (g/vaso)			
	----- <i>Stylosanthes gracilis</i> -----			
0	5,5	8,0	3,1	16,6
10	8,0	9,2	3,3	20,5
20	8,8	8,3	3,4	20,5
30	8,0	8,5	3,2	19,7
60	9,5	8,8	3,6	21,9
	----- <i>Centrosema pubescens</i> -----			
0	12,3	3,9	5,8	22,0
10	14,5	5,0	6,5	26,0
20	12,5	5,1	8,2	25,8
30	11,8	5,0	8,2	25,0
60	12,0	5,5	8,6	26,1
	----- <i>Glycine javanica</i> -----			
0	13,5	9,1	4,3	26,9
10	12,8	9,0	7,9	29,7
20	12,5	10,4	8,6	31,5
30	10,0	9,6	8,8	28,4
60	13,3	10,8	10,1	34,2
	----- <i>Phaseolus atropurpureum</i> -----			
0	13,0	6,9	3,3	23,2
10	13,5	9,0	6,7	29,2
20	12,5	9,3	9,2	31,0
30	12,8	10,0	11,3	34,1
60	15,3	9,4	12,4	37,1
	----- <i>Medicago sativa</i> -----			
0	15,0	6,6	2,1	23,7
10	17,2	9,8	3,3	30,3
20	19,3	13,5	6,5	39,3
30	17,8	13,9	8,5	40,2
60	17,8	14,0	10,5	42,3

dms a 5% para enxofre x espécies x data = 1,7.

Tabela 9. Efeito da adubação sulfurada na produção e na quantidade de proteína da alfafa (HOEFT & WALSH, 1970).

Locais	Matéria seca (kg/ha)		Proteína (%)	
	-S	+S*	-S	+S
Local A				
1.º corte	2.598	3.539	12,6	15,2
2.º corte	1.859	2.643	15,4	16,8
Local B				
1.º corte	3.629	5.085	8,7	10,4
2.º corte	1.501	2.621	13,6	15,0

(*) 56kg/ha de S, como K_2SO_4 .

Conforme já apresentado na Tabela 4, foi estudado o efeito do enxofre na produção de matéria seca de *Glycine wightii* IRI-1394 em três solos de cerrado. Verifica-se pelos dados dessa tabela que, com exceção do LR, os solos apresentaram acentuada deficiência de S, sendo as produções relativas de 59, 60 e 68%, respectivamente para os solos LE_2 , AQ e LE_1 (EMBRAPA, 1981).

SANZONOWICZ & COUTO (1981) analisaram, em casa de vegetação, a influência do Ca, Mg, K, S, Cu, Zn e Mo na produção de matéria seca de *Leucaena leucocephala* cultivar *Cunningham*, num Latossolo Vermelho Escuro textura argilosa fase cerrado. Foi constatado que os maiores aumentos na produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, número e peso total de nódulos, foram devidos ao cálcio e ao enxofre (15 ppm de S, como H_2SO_4), observando-se também uma interação entre os mesmos, conforme pode ser observado pela análise da Figura 11. A aplicação de 15 ppm de S praticamente dobrou a produção de MS, sendo que esse gênero é muito sensível à deficiência de S (HILL, 1971).

Um dos trabalhos mais evidentes da importância da adubação sulfurada na qualidade de leguminosas forrageiras foi realizado pelo CIAT em Carimagua e Quilichao, na Colômbia, com *Desmodium ovalifolium*. Essa leguminosa se adapta bem aos solos ácidos e de baixa fertilidade dos ecossistemas das regiões tropicais da América do Sul; não tem, também, grandes problemas de pragas e doenças, produz boa qualidade de biomassa e combina bem com as gramíneas anuais, que são as mais

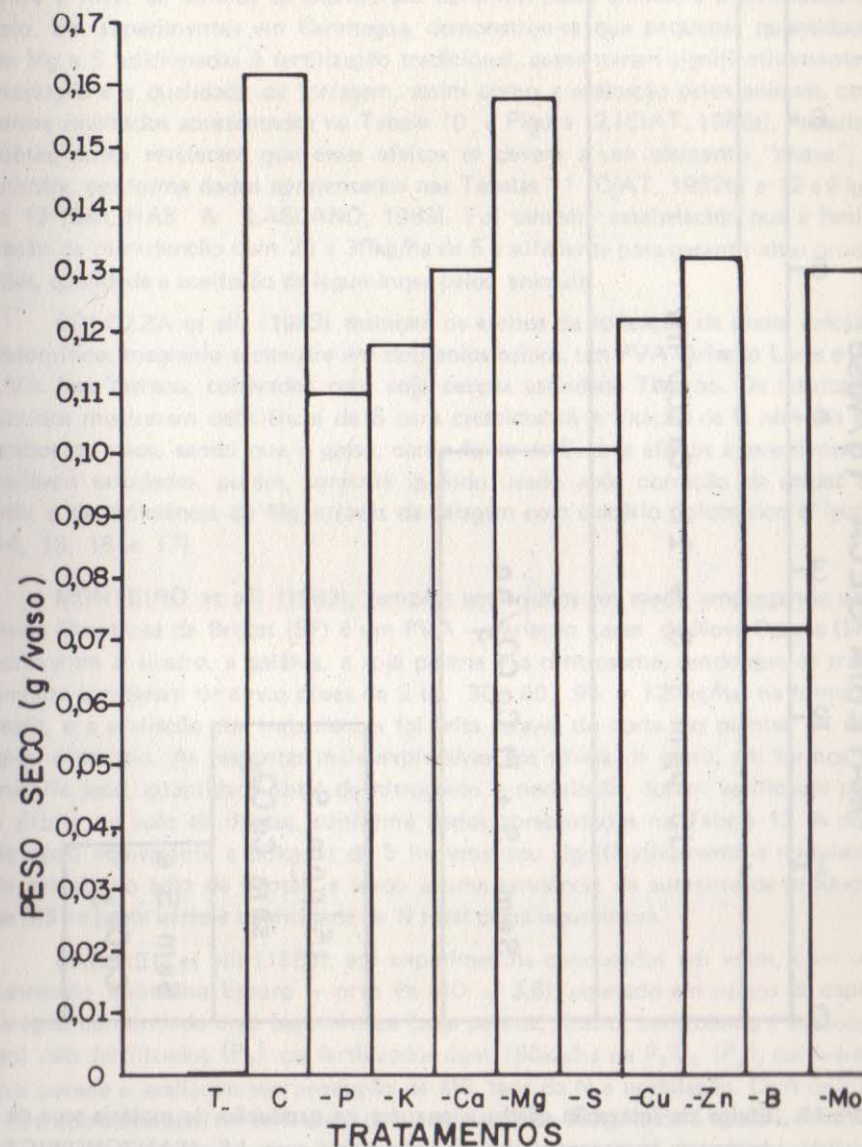


Figura 10. Peso seco de nódulos de *Galactia striata*, em experimento de vasos, em Latossolo Roxo álico (EMBRAPA, 1979).

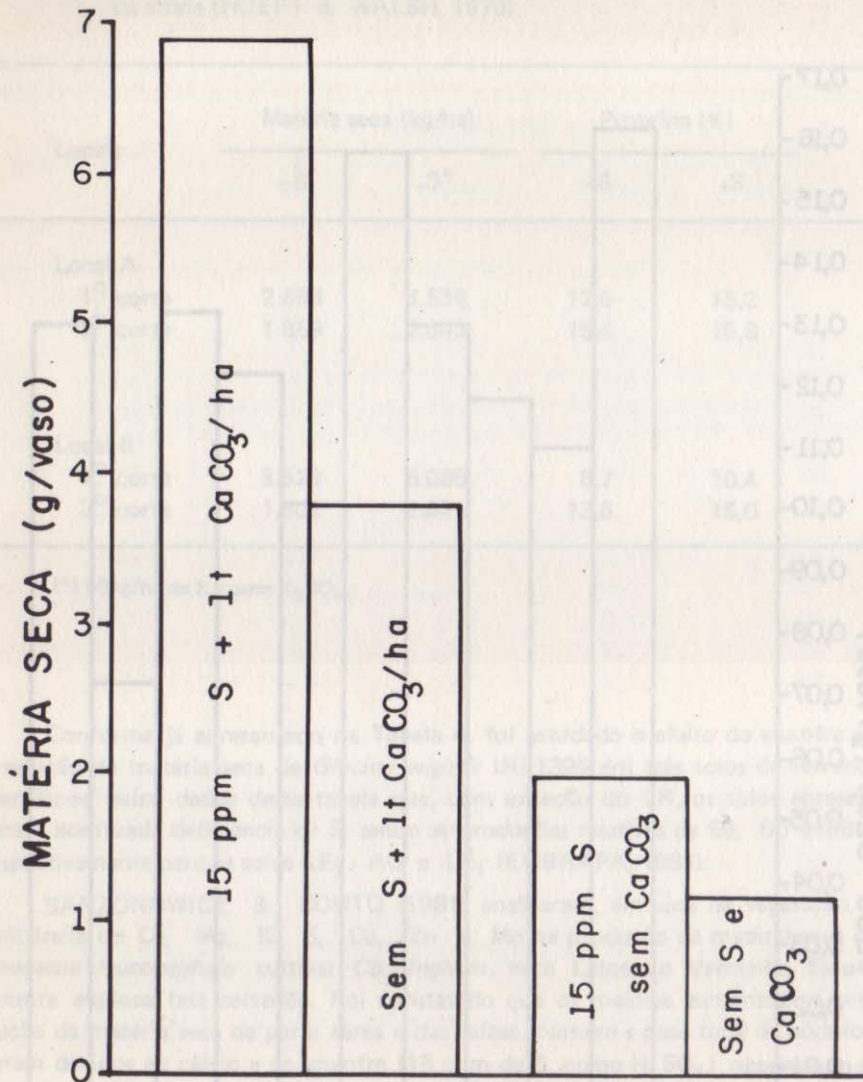


Figura 11. Efeito da interação cálcio x enxofre na produção de matéria seca de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, num LE (SANZONOWICZ & COUTO, 1981).

agressivas. Por outro lado, o gado não aceita bem esta leguminosa, sendo que a falta de palatabilidade está associada ao seu alto conteúdo de taninos. As diferenças na aceitação dessa leguminosa sob pastoreio, sugeriram uma possível relação entre o nível de taninos da planta, seu consumo pelos animais e a fertilidade do solo. Em experimentos em Carimagua, demonstrou-se que pequenas quantidades de Mg e S adicionadas à fertilização tradicional, aumentaram significativamente a produção e a qualidade da forragem, assim como a aceitação pelos animais, conforme resultados apresentados na Tabela 10 e Figura 12 (CIAT, 1982a). Pesquisas subseqüentes revelaram que esses efeitos se devem a um elemento "chave", o enxofre, conforme dados apresentados nas Tabelas 11 (CIAT, 1982b) e 12 e Figura 13 (SALINAS & LASCANO, 1983). Foi também estabelecido que a fertilização de manutenção com 20 a 30kg/ha de S é suficiente para garantir altas produções, qualidade e aceitação da leguminosa pelos animais.

COLOZZA et alii (1983) testaram os efeitos da aplicação de gesso, calcário dolomítico, magnésio e enxofre em dois solos ácidos, um PVA variação Laras e um LVA fase terraço, cultivados com soja perene variedade Tinaroo. Os resultados obtidos mostraram deficiência de S para crescimento e fixação de N normais em ambos os solos, sendo que o gesso, como fonte de S, teve efeitos expressivos nas variáveis estudadas, porém, somente quando usado após correção da acidez do solo e da deficiência de Mg, através da calagem com calcário dolomítico (Figuras 14, 15, 16 e 17).

MONTEIRO et alii (1983), também em ensaios em vasos, empregando uma Areia Quartzosa de Brotas (SP) e um PVA - variação Laras de Nova Odessa (SP), cultivaram o siratro, a galáxia, a soja perene e a centrosema, sendo que os tratamentos constaram de cinco doses de S (0, 30, 60, 90 e 120kg/ha) na forma de gesso, e a avaliação dos tratamentos foi feita através do corte das plantas 51 dias após o plantio. As respostas mais expressivas aos níveis de gesso, em termos de matéria seca, quantidade total de nitrogênio e nodulação, foram verificadas para o siratro no solo de Brotas, conforme dados apresentados na Tabela 13. A dose de gesso equivalente a 60kg/ha de S incrementou significativamente a nodulação da galáxia no solo de Brotas, e levou a uma tendência de aumento de produção de MS na parte aérea e quantidade de N total dessa leguminosa.

CARRIEL et alii (1983), em experimentos conduzidos em vasos, com um Latossolo Vermelho Escuro - orto (% MO = 3,6), coletado em pastos de capim jaraguá consorciado com leguminosas (soja perene, siratro, centrosema e estilosantes) não fertilizados (P₀) ou fertilizados com 150kg/ha de P₂O₅ (P₁), cultivaram soja perene e avaliaram sua produção de MS, teor de N e nodulação. Com relação à nutrição sulfurada, foi verificado que a aplicação de 90kg/ha de S (gesso), resultou em aumentos significativos no N total da parte aérea, enquanto que efeitos similares não foram obtidos quando se aplicou S na dose de 30kg/ha.

5.3. Respostas de pastagens consorciadas

Trabalhos com fertilização sulfatada em pastagens consorciadas são encontrados em menor número.

Tabela 10. Efeito da aplicação de fertilizantes sobre a qualidade de *Desmodium ovalifolium* 350 submetido a pastoreio em Carimagua - Colômbia (CIAT, 1982a).

Elementos determinados no tecido foliar (%)	Tratamento com fertilizantes*			
	T ₁ (Controle)	T ₂ (+ P + Ca)	T ₃ (+ P + Ca + K)	T ₄ (+ P + Ca + K + Mg + S)
Catequinas equivalentes (%)	37,5 ^b	37,0 ^b	34,1 ^{b c}	28,7 ^c
Nitrogênio	1,99 ^b	2,01 ^b	2,09 ^b	2,5 ^c
Nitrogênio solúvel (%) (pepsina, 48 h)	39,5 ^b	39,8 ^b	43,4 ^c	49,4 ^d
S	0,094 ^b	0,102 ^b	0,121 ^c	0,145 ^d
P	0,118 ^b	0,133 ^{b c}	0,130 ^{b c}	0,140 ^c

(*) Adubação básica no estabelecimento em maio de 1978 (105kg de P₂O₅, 259kg de Ca, 52kg de K₂O, 11kg de Mg e 22kg/ha de S, como gesso); T₂, T₃ e T₄, adubação em agosto de 1980.

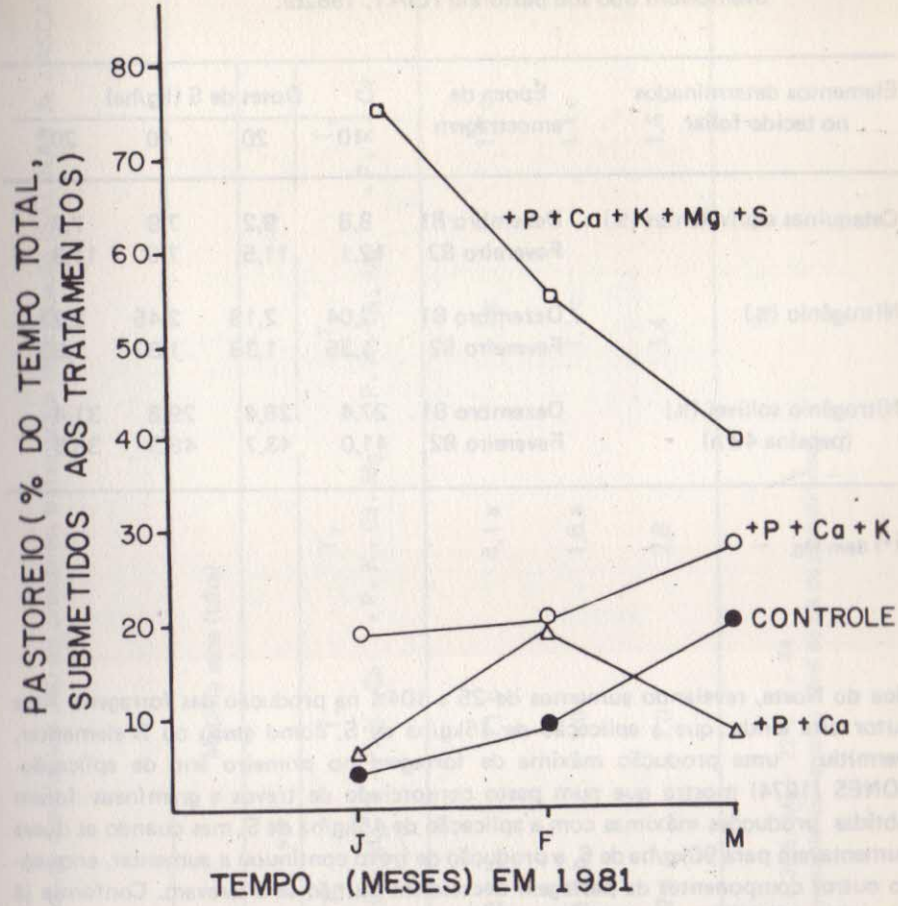


Figura 12. Tempo empregado por animais pastoreando *Desmodium ovalifolium* submetido a vários tratamentos de adubação (CIAT, 1982a).

JONES (1964) verificou que a aplicação de 40kg/ha de S, na forma de gesso, aumentou a produção de forragem e a taxa de N absorvida em uma pastagem de trevos e gramíneas. Já FARINA et alii (1972), na África do Sul, utilizando-se de superfosfato simples e de um fosfato de rocha em pastagem consorciada de *Paspalum dilatatum* e *Trifolium repens* cv. Ladino, verificaram que o aumento na MS da pastagem foi devido ao S e não ao P, estimando ainda, em 30kg/ha de S a necessidade da pastagem.

Em trabalhos citados por BAYLOR (1974), foram verificadas respostas à aplicação de enxofre na associação gramínea/leguminosa em 20 ensaios na Amé-

Tabela 11. Efeito dos tratamentos com S (gesso) sobre a qualidade de *Desmodium ovalifolium* 350 sob pastoreio (CIAT, 1982b).

Elementos determinados no tecido foliar	Época de amostragem	Doses de S (kg/ha)			
		10	20	40	20*
Catequinas equivalentes (%)	Dezembro 81	8,8	9,2	7,9	7,7
	Fevereiro 82	12,1	11,5	7,8	11,3
Nitrogênio (%)	Dezembro 81	2,04	2,18	2,45	2,23
	Fevereiro 82	1,35	1,38	1,67	1,36
Nitrogênio solúvel (%) (pepsina 48 h)	Dezembro 81	27,4	28,4	29,8	31,4
	Fevereiro 82	41,0	43,7	48,3	38,6

(*) Sem Mg.

rica do Norte, revelando aumentos de 25 a 104% na produção das forragens. Esse autor cita ainda, que a aplicação de 45kg/ha de S, como gesso ou S elementar, permitiu uma produção máxima de forragem no primeiro ano de aplicação. JONES (1974) mostra que num pasto consorciado de trevos e gramíneas foram obtidas produções máximas com a aplicação de 45kg/ha de S, mas quando as doses aumentavam para 90kg/ha de S, a produção de trevo continuou a aumentar, enquanto outros componentes da pastagem decresciam ou não se alteravam. Conforme já discutido, MENGEL & KIRKBY (1979), em pastagem de trevo e gramíneas, verificaram que no tratamento sem S a competição pelo enxofre do solo foi ganha pela gramínea, e a fixação de N₂ pelo trevo foi desprezível, e que cerca de 17kg/ha de S, em combinação com adequada fertilização nitrogenada, permitiu ótimo desenvolvimento da leguminosa (Figura 4).

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Em vista do exposto na presente revisão, podem ser tiradas algumas conclusões:

— A ocorrência de deficiência de enxofre em pastagens de nosso país, limitando a produção e a qualidade, é um fato;

Tabela 12. Produção de forragem de *Desmodium ovalifolium* 350 em diferentes tratamentos de adubação (SALINAS & LASCANO 1983).

Época do ano	Matéria seca (t/ha)						
	+ S				- S		
	T ₁ + K + Mg	T ₂ + Mg	T ₄ + P + Ca + Mg	T ₅ + P + K + Ca	T ₇ + P + K + Ca + Mg	T ₃ + P + K + Ca + Mg	T ₆ + P + K + Ca
Chuvosa	3,6 b	3,5 a	3,6 b	3,1 b	4,1 a	1,7 c	1,7 c
Seca	1,5 a	1,7 a	1,3 b	1,0 c	1,6 a	1,1 c	1,1 c
Média	2,5	2,6	2,4	2,0	2,8	1,4	1,4

Adubação (kg/ha): P = 26; Ca = 117; K = 36,5; Mg = 22 e S = 44.

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

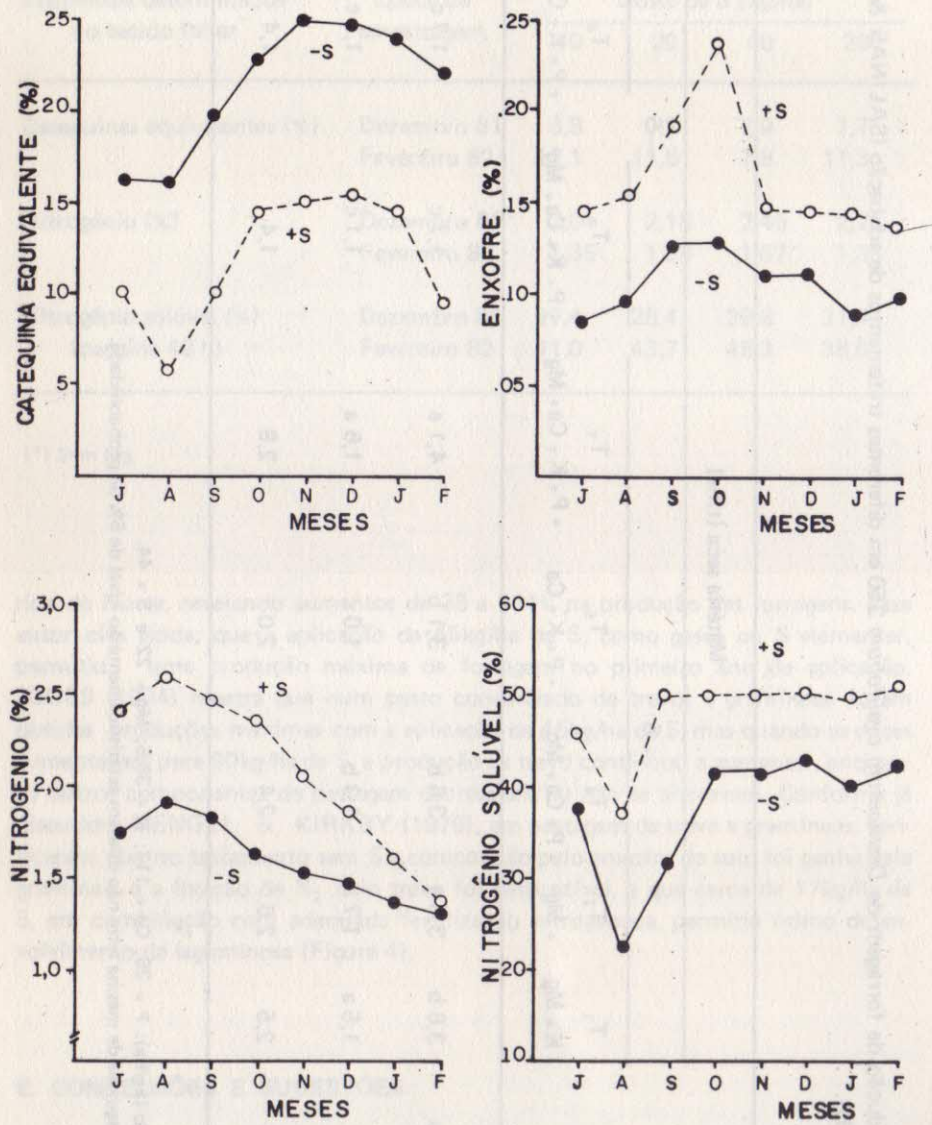


Figura 13. Efeito da aplicação de enxofre na qualidade de *Desmodium ovalifolium* submetido a pastoreio (SALINAS & LASCANO, 1983).

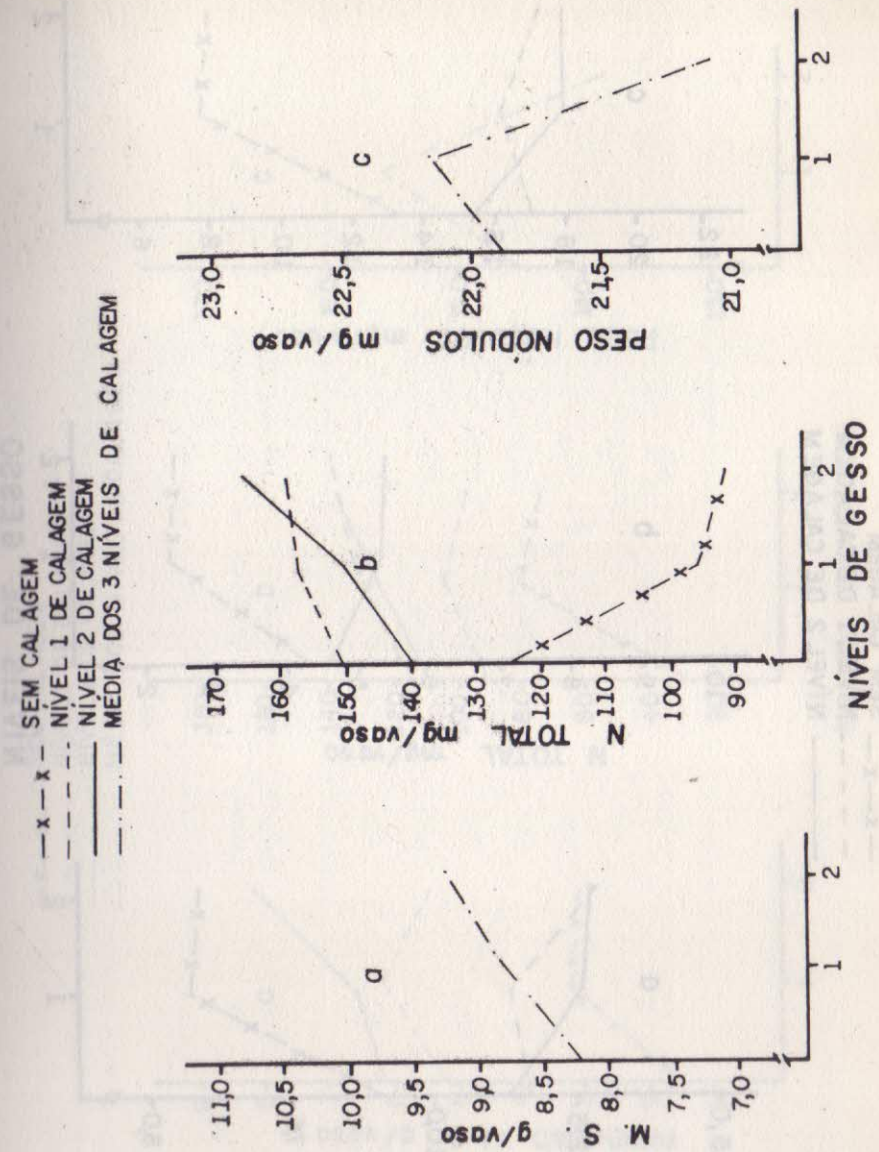


Figura 14. Variações na produção de matéria seca (a), nitrogênio total (b) da parte aérea do primeiro corte, e peso seco de nódulos (c), ao tempo do segundo corte, mediante níveis de gesso; solo de Nova Odessa (COLOZZA et alii, 1983).

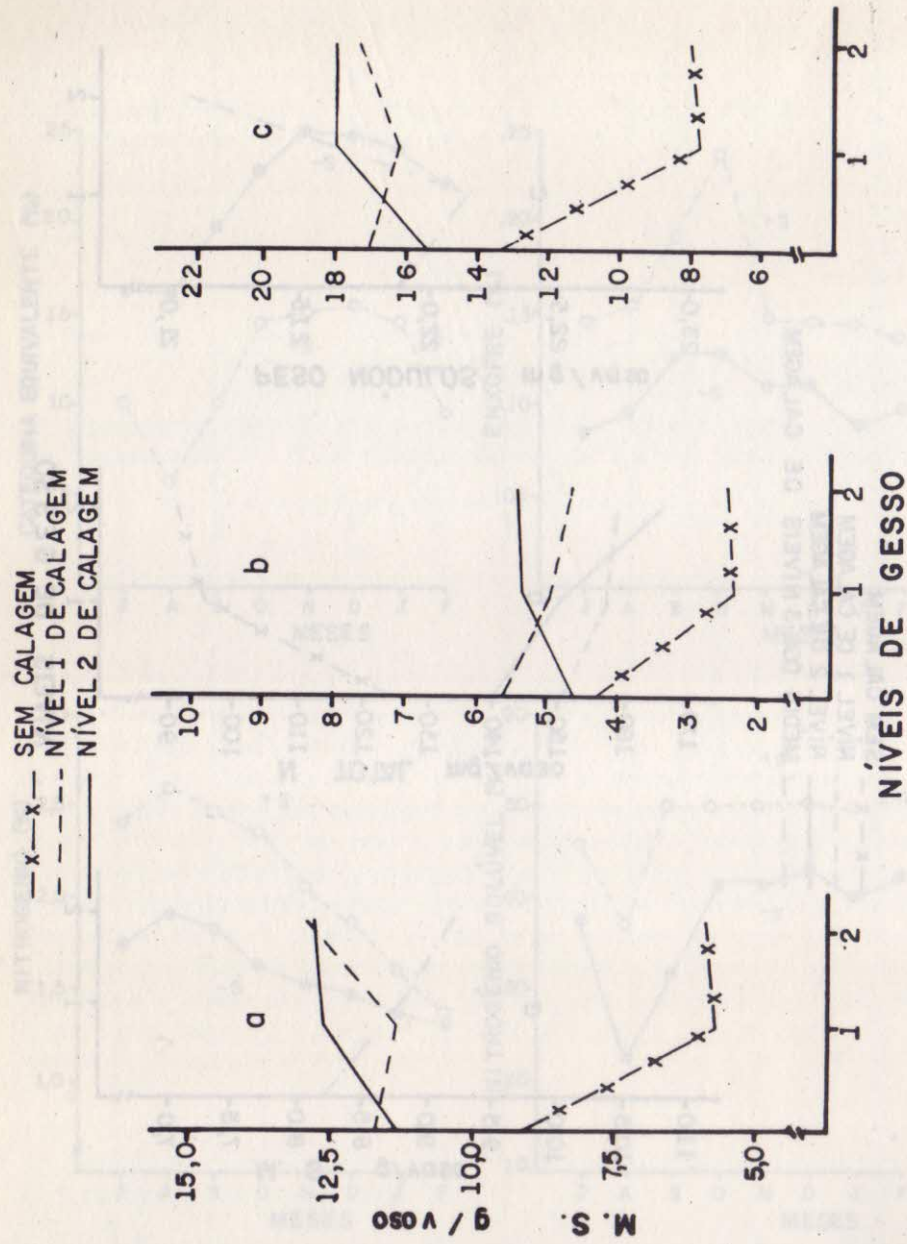


Figura 15. Variações na produção de matéria seca da parte aérea (a), raízes (b) e planta inteira (c) do segundo corte, mediante níveis de gesso; solo de Nova Odessa (COLOZZA et alii, 1983).

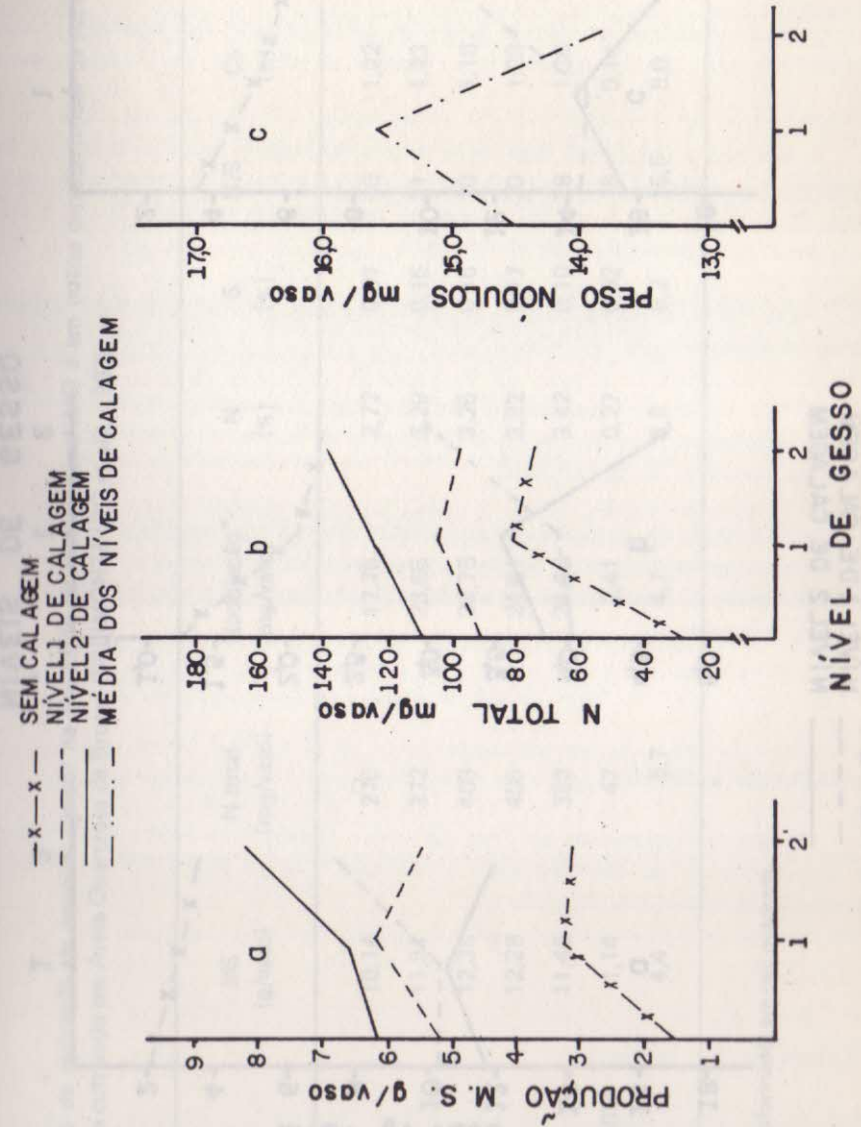


Figura 16. Variações na produção de matéria seca (a), nitrogênio total (b) da parte aérea do primeiro corte, e peso seco de nódulos (c) ao tempo do segundo corte, mediante níveis de gesso; solo de Pindamonhangaba (COLOZZA et alii, 1983).

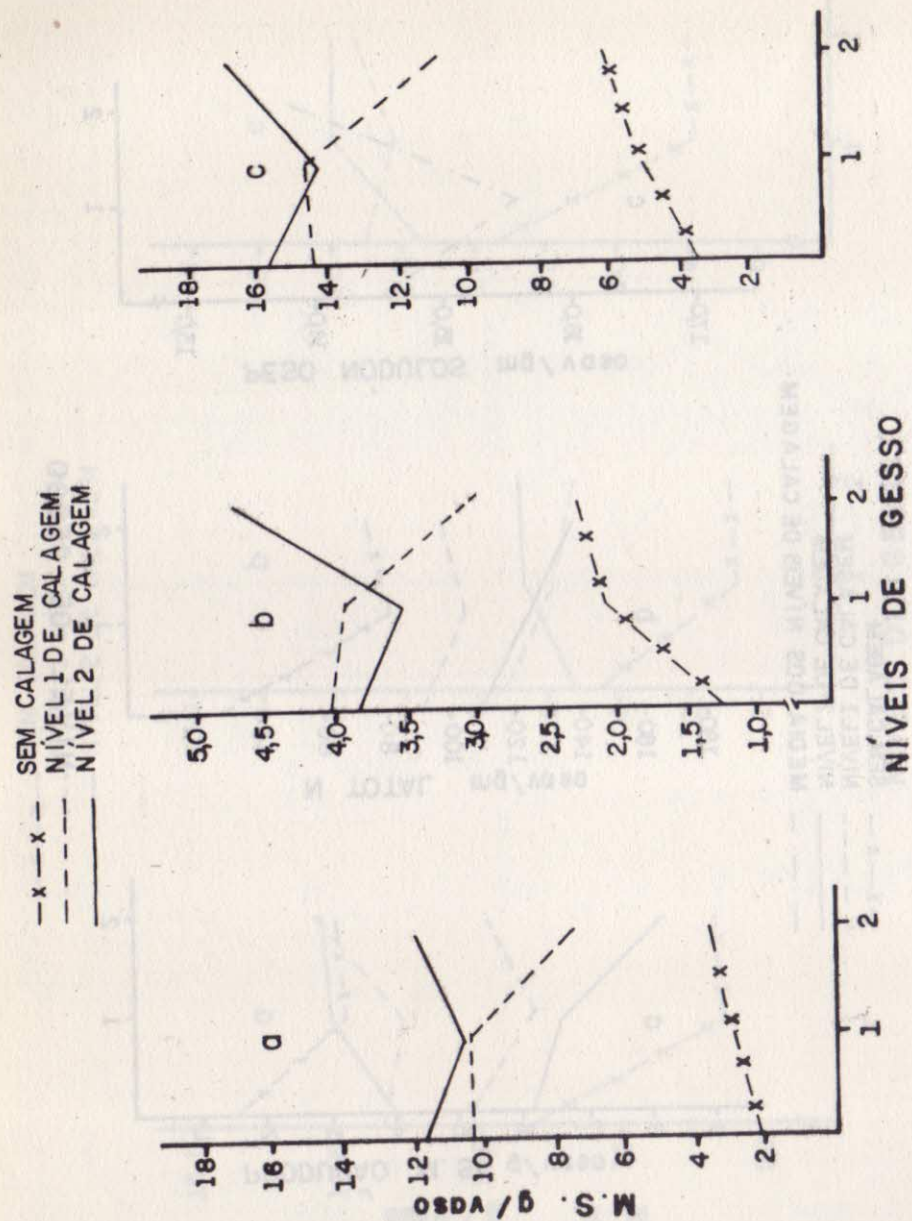


Figura 17. Variações na produção de matéria seca da parte aérea (a), raízes (b) e planta inteira (c) do segundo corte, mediante níveis de gesso; solo de Pindamonhangaba (COLOZZA et alii, 1983).

Tabela 13. Efeito da aplicação de enxofre (gesso) na produção de matéria seca (MS) e em outras características da parte aérea do siratro cultivado em Areia Quartzosa de Brotas (SP) (MONTEIRO et alii, 1983).

Doses de S (kg/ha)	MS (g/vaso)	N total (mg/vaso)	Nodulação* (mg/vaso)	N (%)	S (%)	N/S	Ca (%)
0	10,14	276	17,76	2,72	0,07	40	1,22
30	11,31	372	23,66	3,29	0,16	21	1,23
60	12,38	403	23,75	3,26	0,16	20	1,18
90	12,28	406	24,61	3,32	0,17	20	1,29
120	11,48	392	24,58	3,42	0,19	18	1,36
dms (P < 0,05)	1,14	47	2,41	0,27	0,02	8	0,14
CV (%)	4,4	5,7	4,7	3,8	8,2	15,5	5,0

(*) Dados transformados em raiz quadrada.

— A intensidade dessa deficiência tende a aumentar com o cultivo, devido principalmente à utilização de adubos "concentrados" em macronutrientes primários e a práticas culturais, tais como calagem, fosfatagem e queima do pasto;

— As necessidades de enxofre pelas forrageiras poderão ser satisfeitas desde que seja fornecida, uma vez no programa regular de adubação, uma fonte de enxofre;

— Em nossas condições, essa fonte de enxofre, dependendo do manejo e de outros fatores, poderá ser o sulfato de amônio (24% S e 21% N), o superfosfato simples (12% S e 20% P_2O_5), um fosfato natural parcialmente acidulado (6% S e 26% P_2O_5 total) ou o gesso agrícola (15–16% S);

— Na forma de sulfato de amônio, o enxofre pode ser fornecido em pastagens exclusivas de gramíneas;

— Nas formas de superfosfato simples e fosfato natural parcialmente acidulado, o enxofre pode ser fornecido em pastagens exclusivas de gramíneas, consorciadas ou exclusivas de leguminosas;

— Nos casos em que nenhum dos adubos nitrogenados ou fosfatados contêm enxofre pode-se empregar o gesso agrícola como fonte desse nutriente, em doses correspondentes ao intervalo de 20 a 60kg/ha de S, dependendo do solo, forrageira e manejo empregados.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Luiz Roberto de Andrade Rodrigues do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da UNESP/Jaboticabal pela cessão de material bibliográfico.

8. LITERATURA CITADA

ALLAWAY, W.H. & THOMPSON. Sulfur in the nutrition of plants and animals. *Soil Science*, Baltimore, 101(4):240-7, 1966.

ANDREW, C.S. Influence of nutrition on nitrogen fixation and growth of legumes. In: COMMONWEALTH SCIENTIFIC INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION, Melbourne. *A review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures - a symposium*. Farnham Royal, Commonwealth Agricultural Bureaux, 1962. p. 130-46.

ANDREW, C.S. The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 28: 807-20, 1977.

BAYLOR, J.E. Satisfying the nutritional requirements of grass-legume mixtures. In: MAYS, D.A., ed. *Forage fertilization*. Madison, Soil Science Society of America, 1974. p. 171-88.

BLAIR, G.J. Sulfur in the tropics. Muscle Shoals, Sulphur Institute and International Fertilizer Development Center, 1979. 69 p. (Technical Bulletin IFDC-T, 12)

CARRIEL, J.M.; MONTEIRO, F.A.; PAULINO, V.T.; SARTINI, H.J. Limitações nutricionais ao desenvolvimento da soja perene, em pastagem consorciada com o capim Jaraguá. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, 40(2): 241-50, 1983.

CASAGRANDE, J.C. & SOUZA, O.C. de. Efeito de níveis de enxofre sobre quatro gramíneas forrageiras tropicais em solos sob vegetação de cerrado do Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 17(1): 21-5, 1982.

CIAT. *Informe CIAT 1982*. Cali, 1982a. 128 p.

CIAT. *Informe anual: programa de pastos tropicais*. Cali, 1982b. p. 189-95.

COCHRANE, T.T. Avaliação dos ecossistemas de savana utilizados na América Tropical para a produção de gado de corte. In: TERGAS, L.E.; SÁNCHEZ, P.A.; SERRÃO, E.A. S., ed. *Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos*. Brasília, Editerra, 1982. p. 17-28.

COLOZZA, M.T.; SAVASTANO, S.A.L. de; WERNER, J.C.; MONTEIRO, F.A. Efeitos da aplicação de gesso e calcário dolomítico em dois solos ácidos cultivados com soja perene. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, 40(1):75-96, 1983.

DIJKSHOORN, W. & VAN WIJK, S.L. The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphur-nitrogen ratio in the organic matter — a review of published data. *Plant and Soil*, The Hague, 26:129-57, 1967.

EMBRAPA. *Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte: 1976–1978*. Brasília, 1979. 120 p.

EMBRAPA. *Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte: 1979*. Brasília, 1981.

FARINA, M.P.W.; GROSS, G.W.; CHANNON, P. The influence of sulphur on the yield of a grass-clover pasture fertilized with different sources of phosphorus. *Fertilizer Society of South Africa Journal*, Pretoria, 1:1-3, 1972.

FREITAS, L.M.M. de & JORGE, P.N. Resposta de capim Swanee Bermuda à aplicação de nitrogênio, fósforo e enxofre em região de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 6:195-202, 1982.

GALLO, J.R.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C.; FURLAN, A.M.C.; MATTOS, H.B. de; SARTINI, J.; FONSECA, M.P. Composição química inorgânica de forrageiras no Estado de São Paulo. *Boletim de Indústria Animal*, São Paulo, 31(1):107-14, 1974.

- GOH, K.M. & KEE, K.K. Effects of nitrogen and sulphur fertilization on the digestibility and chemical composition of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil*, The Hague, 50:161-77, 1978.
- GRIFFITH, W.K. Satisfying the nutritional requirements of established legumes. In: MAYS, D.A., ed. *Forage fertilization*. Madison, Soil Science Society of America, 1974. p. 147-69.
- HAAG, H.P. & DECHEN, A.R. Deficiências minerais em plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 7., Piracicaba, 1984. *Anais*. Piracicaba, FINEP/FEALQ, 1984. p. 139-68.
- HADDAD, C.M. *Efeito do enxofre, aplicado na forma de gesso, sobre a produção e qualidade do capim colônião (Panicum maximum Jacq.)*. Piracicaba, 1983. 115 p. [Doutoramento - ESALQ]
- HILL, G.D. *Leucaena leucocephala* for pasture in the tropics. *Herbage Abstracts*, Hurley, 41(2):111-9, 1971.
- HOEFT, R.G. & WALSH, L.M. Alfafa and corn response to sulfur. *Better crops. Plant Food*, Washington, 54(2):28-31, 1970.
- HOUVINEN, J.A. & GUSTAFSSON, B.F. Inorganic sulfate, sulfite, and sulfide as sulfur donors in the biosynthesis of sulfur amino acids in germ-free and conventional rats. *Biochemical and Biophysics Acta*, 136:441-7, 1967.
- JONES, M.B. Effect of applied sulfur on yield and sulfur uptake of various California dryland pasture species. *Agronomy Journal*, Madison, 56:235-7, 1964.
- JONES, M.B. Fertilization of annual grass-lands of California and Oregon. In: MAYS, D.A., ed., *Forage fertilization*. Madison, Soil Science Society of America, 1974. p. 255-75.
- JONES, M.B. & QUAGLIATO, J.L. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfafa a vários níveis de enxofre. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 5: 359-63, 1970.
- JONES, M.B.; QUAGLIATO, J.L.; FREITAS, L.M.M. de. Respostas de alfafa e algumas leguminosas tropicais a aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 5:209-14, 1970.
- JONES, R.K. & ROBINSON, P.J. The sulphur nutrition of Townsville lucerne (*Stylosanthes humilis*). In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 11., Surfers Paradise, 1970. *Proceedings*. St. Lucia, University of Queensland, 1970. p. 377-80.
- JONES, R.K.; ROBINSON, P.J.; HAYDOCK, K.P.; MEGARRITY, R.G. Sulphur-nitrogen relationships in the tropical legume *Stylosanthes humilis*. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, 22: 855-94, 1971.
- KAMPRATH, E.J. & TILL, A.R. Sulfur cycling in the tropics. In: BLAIR, G.L. & TILL, A.R., ed. *Sulfur in SE Asian and Pacific agriculture*. Indonesia, UNE, 1983. p. 1-14.
- KANWAR, J.S. & MUDAHAR, M.S. Fertilizer sulfur and food production - research and policy implications of tropical countries. Muscle Shoals, International Fertilizer Development Center, 1983. 19 p. (Technical Bulletin IFDC-T, 27)

- KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M.G.; GOEDERT, W.J. Estabelecimento e manejo de pastagens nos cerrados do Brasil. In: TERGAS, L.E.; SÁNCHEZ, P.A.; SERRÃO, E.A.S., ed. *Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos*. Brasília, Editerra, 1982. p. 167-87.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.R.; FORNASIERI FILHO, D.; GUIMARÃES, P.T.G.; GUILHERME, M.R.; EIMORI, I.; VASCONCELLOS, L.A.B.C.; MORAES, C. L.; KAMISKY, J.; MUTTON, M.A.; CARVALHO, J.G.; RUY, V.M. Efeito de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. I. Capim colônião (*Panicum maximum* Jacq.). *SN Boletim Técnico*, São Paulo, 3: 9-22, 1984.
- MATOCHA, J.E. Influence of sulfur sources and magnesium on forage yields of Coastal Bermuda grass (*Cynodon dactylon*). *Agronomy Journal*, Madison, 63:496-6, 1971.
- MARTIN, W.E. & MATOCHA, J.E. Plant analysis as an aid in the fertilization of forage crops. In: WALSH, L.M. & BEATON, J.M., ed. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 1973. p. 393-426.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. de; LOTT, W.L. Analysis of several Brazilian soils in relation to plant responses to sulfur. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 23(3): 221-4, 1959a.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. de; LOTT, W.L. Estudos sobre o enxofre em solos de São Paulo. *IBEC Research Institute Bulletin*, New York, 17, 1959b. 31 p.
- McCLUNG, A.C. & QUINN, L.R. Sulphur and phosphorus responses of Batatais grass (*Paspalum notatum*). *IBEC Research Institute Bulletin*, New York, 8, 1959. 15 p.
- McNAUGHT, K.N. & CHRISTOFFELS, P.J.E. Effect of sulphur deficiency on sulphur and nitrogen levels in pastures and lucerne. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Wellington, 4: 177-85, 1961.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition*. 2. ed. Bern, Potash Institute, 1979. 593 p.
- MONTEIRO, F.A.; CARRIEL, J.M.; MARTINS, L.; CASTRO, J.V. de; LIEM, T.H. Aplicação de níveis de enxofre, na forma de gesso, para cultivo de leguminosas forrageiras. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, 40(2): 229-40, 1983.
- PUMPHREY, F.V. & MOORE, D.P. Diagnosing sulfur deficiency of alfafa from plant analysis. *Agronomy Journal*, Madison, 57: 364-6, 1965.
- QUINN, L.R.; MOTT, G.O.; BISSCHOFF, W.V.A. Fertilização de pastos de capim colônião e produção de carne com novilhos zebu. *IBEC Research Institute Bulletin*, New York, 24, 1961. 40 p.
- ROCHA, G.L. da; WERNER, J.C.; MATTOS, H.B.; PEDREIRA, J.V.S. As leguminosas e as pastagens tropicais. In: SEMINÁRIO SOBRE METODOLOGIA E PLANEJAMENTO DE PESQUISA COM LEGUMINOSAS TROPICAIS, Rio de Janeiro, 1970. *Anais*. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro - Sul, 1971. p. 1-27.
- SALINAS, J.G. & LASCANO, C. La fertilización con azufre mejora la calidad de *Desmodium ovalifolium*. *Pastos Tropicales, Boletín Informativo*, Cali, 5(1):1-8, 1983.

- SÁNCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in Tropical America. **Advances in Agronomy**, New York, **34**:279-406, 1981.
- SANZONOWICZ, C. & COUTO, W. Efeito do cálcio, enxofre e outros nutrientes no rendimento e nodulação da *Leucaena leucocephala* em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, **16**(6):789-94, 1981.
- SERRÃO, E.S.A.; FALES, I.C.; VEIGA, J.B. de; TEIXEIRA NETO, J. F. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas da Floresta Amazônica brasileira. In: TERGAS, L.E.; SÁNCHEZ, P.A.; SERRÃO, E.A.S., ed. **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília, Editerra, 1982. p. 219-51.
- SHIRLEY, R.L. & MARIANTE, A. Enxofre na nutrição de ruminantes. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE PESQUISA DE RUMINANTES EM PASTAGENS, Viçosa, 1976. **Anais**. Viçosa, ESAL/EPAMIG/USAID, 1976. p. 130-47.
- SMITH, F.W. & DOLBY, G.R. Derivation of diagnostic indices for assessing the sulphur status of *Panicum maximum* var. *trichoglume*. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, **8**: 221-40, 1977.
- SMITH, F.W. & SIREGAR, M.E. Sulfur requirements of tropical forages. In: BLAIR, G.J. & TILL, A.R., ed. **Sulfur in SE Asian and Pacific agriculture**. Indonesia, UNE, 1983. p. 76-86.
- SOARES, W.V. Descrição geral de solos de cerrado e programa obtido na identificação de limitações reais e potenciais de nutrientes nos mesmos. In: SEMINÁRIO SOBRE NUTRIÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS EM SOLOS TROPICAIS ÁCIDOS, Campo Grande, 1979. **Anais**. Brasília, EMBRAPA, 1982. p. 36-49.
- SPENCER, K. Growth and chemical composition of white clover as affected by sulphur supply. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, **10**:500-9, 1959.
- TERGAS, L.E. Importância del azufre em la nutrición mineral de leguminosas forrageras tropicales. **Turrialba**, **27**(1):63-9, 1977.
- TOMATI, U. & GALLI, E. Water stress and - SH - dependent physiological activities in young maize plants. **Journal of Experimental Botany**, London, **30**(116):557-63, 1979.
- VITTI, G.C. Macronutrientes secundários - situação, perspectivas e sugestões. Seminário apresentado à disciplina "Seminários", C.P.G. em Solos e Nutrição de plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1980. 37 p.
- VITTI, G.C.; SUZUKI, J.; FORNASIERI FILHO, D.; COUTINHO, E.L.M.; SACCHI, E. O enxofre na agricultura. Seminário apresentado à disciplina "Problemas de Fertilidade do Solo", C.P.G. em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1979. 58 p.
- WERNER, J.C. Adubação de pastagens. Nova Odessa, Instituto de Zootecnia, 1984. 49 p. (Boletim Técnico, 18)
- WERNER, J.C.; QUAGLIATO, J.L.; MARTINELLI, D. Ensaio de fertilização do colômbio com solo da "Nordeste". **Boletim de Indústria Animal**, São Paulo, **24**(único):159-67, 1967.

- WESTERMANN, D.T. Indexes of sulfur deficiency in alfafa. II. Plant analysis. **Agronomy Journal**, Madison, **67**:265-8, 1975.
- WILKINSON, S.R. & LANGDALE, G.W. Fertility needs of the warm-season grasses. In: MAYS, D.A., ed. **Forage fertilization**. Madison, Soil Science Society of America, 1974. p. 119-45.
- WOODHOUSE JUNIOR, W.W. Long-term fertility requirements of Coastal Bermuda grass. III. Sulphur. **Agronomy Journal**, Madison, **61**:705-8, 1969.