

DISPONIBILIDADE DE ENXOFRE EM SOLOS BRASILEIROS. VI. AVALIAÇÃO CONJUNTA DAS ANÁLISES DE SOLOS E PLANTAS EM FUNÇÃO DA PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA E ABSORÇÃO DE ENXOFRE PELO MILHO*

*Huberto José Kliemann**
Euripedes Malavolta****

RESUMO

Conduziu-se um experimento em casa de vegetação em amostras superficiais de 12 solos provenientes dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás (Brasil), com teores de carbono variando de entre 0,5 e 3,03%, de enxofre total entre 0,0104 e 0,0319% e de argila entre 8 e 60%. Os solos foram submetidos a dois cultivos sucessivos com milho (*Zea mays* L.), com 3 doses de gesso (0, 20 e 40 ppm de S), previamente incubados na presença e ausência de calagem. Fizeram-se análises das amostras de solos antes e após o primeiro cultivo e da parte aérea das plantas dos dois cultivos. Com as análises de solos e plantas, por meio de regressão múltipla, encontraram-se relações estreitas nos seguintes casos: solos arenosos: produção de matéria seca com o teor de S total e da relação N/S na parte aérea do milho e do $S-SO_4^-$ extraível por fosfato de cálcio; absorção de S pela planta com as mesmas variáveis e mais pH do solo; solos argilosos: produção de matéria seca com o S total e da razão N/S nas plantas e pH, Ca^{++} , Mg^{++} , $H^+ + Al^{+++}$ e carbono dos solos; absorção de enxofre com as razões N/S e P/S nas plantas, $S-SO_4^-$ extraível por fosfato de cálcio, pH, Ca^{++} , Mg^{++} , $H^+ + Al^{+++}$ e carbono dos solos. Nos solos arenosos, a disponibilidade de enxofre é dependente apenas do enxofre extraível, não sendo afetada pela

* Entregue para publicação em dezembro de 1993. Parte do trabalho de tese de Doutorado (ESALQ/USP) do primeiro autor

** Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás. C.P. 131, CEP 74.001-970. Goiânia - GO

*** Pesquisador do Centro de Energia Nuclear da Agricultura (CENA/USP), Piracicaba, SP

calagem; nos solos argilosos, é afetada pela calagem (pH e CTC) e teores de carbono. Independentemente da textura e do carbono dos solos, a produção de matéria seca e absorção de enxofre apresentam relação inversa com as razões N/S e P/S do tecido foliar do milho.

PALAVRAS-CHAVE: Enxofre, solo/planta, regressão múltipla, análise conjunta.

INTRODUÇÃO

Existem poucos trabalhos que relacionam simultaneamente a produção das culturas ou a absorção de um nutriente com análises de solos e de plantas. HOEFT *et al.* (1973) determinaram uma superfície de resposta mostrando o efeito do pH e do $S-SO_4^-$ disponível no aumento da produção de alfafa em condições de campo. Esse trabalho mostra claramente que, com o aumento do pH, há diminuição dos teores de $S-SO_4^-$ nos solos. Constatação similar foi feita por VITTI (1979), que obteve correlação inversa entre o pH e o $S-SO_4^-$ extraível por acetato de amônio N a pH 7,0, porém a absorção de enxofre aumentou significativamente com o pH. Os dados de HOEFT *et al.* (1973) e de VITTI (1979) são complementados pelos de MARTINI & MUTTERS (1984), em que se evidencia a migração do $S-SO_4^-$ do horizonte A para o B por efeito da calagem. PROBERT & JONES (1977), estudando os teores de $S-SO_4^-$ nas diversas camadas de solos da Austrália, estabeleceram através de análise canônica variada, a importância relativa do $S-SO_4^-$ extraível em cada camada, com o uso dos vetores das respectivas variáveis. Com esta técnica, os autores conseguiram discriminar locais não responsivos dos responsivos à aplicação de enxofre, em pastagens de leguminosas da Austrália tropical.

Nos trabalhos de NASCIMENTO & MORELLI (1980), de FREIRE *et al.* (1972), de FREIRE *et al.* (1974) e de KLIEMANN (1987) ficou clara a importância dos teores de carbono nos solos, das relações C/S e do pH na disponibilidade do enxofre para as plantas.

A avaliação do estado nutricional de enxofre em relação ao enxofre, na maioria dos casos, envolve o estudo individual do elemento ou então as razões N/S e P/S. Segundo FRENEY *et al.* (1978) e MAYNARD *et al.* (1983) os

teores de S total são significativamente afetados por variações estacionais, estádios de desenvolvimento e interações com outros nutrientes. A razão N/S, ao contrário, mantém-se relativamente constante, como atestam trabalhos de DIJKSHOORN & VAN VIJK (1976) e de MAYNARD *et al.* (1983). A razão P/S também foi sugerida como indicadora do estado nutricional do enxofre em plantas, embora pouco estudada. MALAVOLTA *et al.* (1984 a,b) caracterizaram a razão P/S maior que 2 como indicadora de deficiência de enxofre em capim colômbio e de 1/1 na colza. KLIEMANN (1987) considerou a razão N/S como a mais apropriada indicadora de deficiência de enxofre em milho. SUMNER (1981) em ensaios de diagnose foliar (DRIS) das necessidades de enxofre em milho e trigo, usou as razões Ca/S e Mg/S.

O objetivo do presente trabalho foi o de estabelecer as relações conjuntas de análises de solos (pH, $H^+ + Al^{+++}$, Ca^{++} , Mg^{++} , carbono e $S-SO_4^-$ disponível) e de plantas (enxofre total e razões N/S e P/S) e sua relação com a produção de matéria seca e absorção de enxofre pelo milho.

MATERIAL E MÉTODOS

As características dos solos usados no experimento constam na Tabela 1.

As análises físicas dos solos (granulometria, densidade global e capacidade de embebição) foram feitas por metodologia de rotina (EMBRAPA, 1979); as químicas de rotina (pH, P, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e $H^+ + Al^{+++}$) pela metodologia empregada na ESALQ/USP (CATANI & JACINTHO, 1974). A necessidade de calagem foi determinada pela metodologia de QUAGGIO (1983), para atingir 70% da saturação de bases.

O carbono no solo foi determinado pela técnica de WALKLEY-BLACK (ALLISON, 1965) e o nitrogênio total, segundo BREMNER (1965).

A determinação do enxofre total dos solos foi feita seguindo os procedimentos de digestão de CHAPMAN & PRATT (1960) e determinação analítica de MALAVOLTA (1950).

A classificação dos solos foi feita pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1981).

As técnicas de incubação e cultivos, análises de solos e plantas e os dados experimentais gerados estão discriminados em KLIEMANN (1987).

Tabela 1. Características gerais das amostras de terra⁽¹⁾ usadas no experimento (média de 3 repetições).

Solo (local e classificação)	Areia		Silte		Argila		Dg ⁽²⁾ g·cm ⁻³	C.E.	C		N		S		P		K		Ca+Mg		H+Al		pH cm	NC ⁽³⁾ t/ha
	%		%		%				%		ppm		ppm		ppm	meq/100g		meq/100g		meq/100g		meq/100g		
Anhembi-SP, LVm	77,9	5,0	17,1	1,339	33,2	0,99	0,064	0,0113	6	87	1,28	3,72	5,4	1,658										
São Pedro-SP, AQt	89,1	2,8	8,1	1,511	25,8	0,85	0,080	0,0141	5	47	1,36	1,33	5,0	0,374										
Assis-SP, LEem	84,2	2,6	13,2	1,423	26,5	0,50	0,084	0,0104	11	13	0,32	2,13	4,4	1,388										
Pirassununga 1-SP, LEem (corr)	74,6	3,0	22,4	1,344	31,6	1,10	0,062	0,0114	1	13	0,24	2,58	5,6	1,326										
Pirassununga 2-SP, LVm (corr)	66,2	4,4	29,3	1,273	36,8	0,79	0,068	0,0114	4	20	0,61	2,96	5,2	1,856										
Botucatu 1-SP, LVm	81,2	2,4	16,4	1,385	29,7	1,18	0,092	0,0194	3	53	1,04	3,72	4,7	1,730										
Botucatu 2-SP, LR	35,6	6,2	58,2	1,207	43,4	1,87	0,116	0,0307	6	140	4,88	5,51	5,1	1,760										
Matão-SP, LEem (corr)	77,9	5,0	17,1	1,292	34,5	1,51	0,116	0,0244	3	77	0,00	1,98	6,0	0,430										
Catalão-GO, LEa (corr)	30,9	15,0	54,1	1,156	50,2	2,48	0,150	0,0260	8	40	1,22	7,07	4,1	4,406										
S.S.Paraiso 1-MG, LE	64,9	16,3	19,1	1,261	41,5	1,90	0,156	0,0078	1	67	2,72	4,06	6,5	1,520										
S.S.Paraiso 2-MG, LE	40,8	23,8	35,4	1,516	40,0	1,61	0,130	0,0137	2	47	0,08	4,96	5,4	2,283										
Rio Paranaíba-MG, LVd (corr)	22,4	17,4	60,2	1,154	56,4	3,03	0,164	0,0319	2	37	0,28	7,84	5,1	4,340										

(1) Amostras superficiais coletadas de 0 a 20 cm de profundidade.

(2) Densidade global (densidade aparente).

(3) Necessidade de calagem por saturação de bases a 70 %, segundo QUAGGIO (1983).

Para estabelecer as relações conjuntas de análises de solos e de plantas com a produção de matéria seca e absorção de enxofre pelo milho (em valores absolutos) utilizou-se a técnica de regressão *stepwise* (SAS, 1982). Consideraram-se as seguintes variáveis independentes: a) análises de solos - pH, $H^+ + Al^{+++}$, Ca^{++} , Mg^{++} trocáveis, carbono e $S-SO_4^-$ extraível por $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ - 500 ppm de P em HOAc 2,0 N; b) análises de plantas - enxofre total e razões N/S e P/S. Excluíram-se do modelo de regressão linear múltipla as variáveis independentes que não atingiram significância a 10% de probabilidade. Agruparam-se os solos pelos seus teores de carbono, isto é, menores e maiores que 1,2 %.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão discriminados os coeficientes de regressão linear múltipla das relações das análises de solos e de plantas com a produção de matéria seca da parte aérea do milho e absorção de enxofre.

Para os solos arenosos, com teores de carbono menores que 1,2 %, calculou-se para a produção de matéria seca a seguinte equação:

$$Y = 59,5 - 148,5\%S - 0,66N/S + 0,74S-SO_4^-$$

$R^2 = 0,5598^{***}$ (n = 216) em que se verifica a contribuição altamente significativa dos teores de enxofre total e da razão N/S nas plantas e do teor de $S-SO_4^-$ nos solos extraível por $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ -500 ppm P em HOAc 2,0 N. Essa contribuição confirma os resultados de KLIEMANN (1987) na análise individual das variáveis independentes consideradas, quando a percentagem de enxofre total nas plantas foi significativa apenas no segundo cultivo, ocorrendo o mesmo com a razão N/S. Por outro lado, na análise conjunta verificou-se significância estatística para esses dois parâmetros já no primeiro cultivo. A contribuição do $S-SO_4^-$ disponível (extraído com fosfato de cálcio) na regressão múltipla foi confirmada pela regressão individual desta variável com a produção de matéria seca.

A equação de regressão linear múltipla calculada para a absorção de enxofre:

$$Y = 7,91 + 134,94\%S - 0,85N/S + 1,175S-SO_4^- + 3,34pH$$

$R^2 = 0,7952^{***}$ ($n = 216$) mostra um coeficiente de determinação (R^2) mais elevado do que o obtido para a produção de matéria seca. Esse fato é explicado pela restrição do sistema radicular em experimentos de vasos, que afeta a produção de matéria seca, mas tem pouca influência sobre a absorção de enxofre, como mostraram Mc CLUNG *et al.* (1959). Além das variáveis já consideradas na produção de matéria seca, o pH dos solos também contribuiu para a absorção de enxofre, embora com significância mais baixa. A ação da calagem e sua interação com a adubação sulfatada e cultivos mostra que, em condições mais favoráveis de pH, houve maior absorção de enxofre pelo milho, mesmo nos solos arenosos, com baixos teores de carbono e de enxofre total e ausência de níveis tóxicos de alumínio trocável (KLIEMANN, 1987).

Para os solos argilosos (com teores de carbono maiores que 1,2 %) calculou-se a seguinte equação de regressão linear múltipla para a relação da produção da matéria seca com as análises de solos e de plantas:

$$Y = 5,56 - 29,38S - 1,10N/S - 2,97Ca + 10,14Mg + 5,41(H+Al) - 30,71C + 10,18pH$$

$R^2 = 0,5303^{****}$ ($n = 216$) em que se nota que o coeficiente de mais baixa significância estatística é o do enxofre total nas plantas, se comparado aos outros coeficientes, isto é, a razão N/S, o pH, o cálcio, o magnésio e o hidrogênio+alumínio.

Tabela 2. Coeficientes de regressão linear múltipla das relações de análises de solos e de plantas com a produção de matéria seca de milho e absorção de enxofre, obtidos por regressão stepwise.

Variáveis independentes (X)	Matéria seca (g/vaso)			Absorção de enxofre (mg/vaso)		
	Coef.	F	Prob > F	Coef.	F	Prob > F
Solos com teores de carbono menores que 1,2 %						
Intercepto	59,50	-	-	7,91	-	-
Enxofre total nas plantas - % S	-148,50	54,41	0,0001	134,94	28,24	0,0001
Razão N/S nas plantas	- 0,66	149,39	0,0001	- 0,58	73,60	0,0001
S-SO ₄ ⁻ extraível dos solos - ppm ⁽¹⁾	0,74	2,97	0,0001	1,17	9,01	0,0001
pH dos solos	-	-	-	3,34	9,01	0,0001
R^2 (2)	0,5598	-	0,0001	0,7952	-	0,0001

Continua ...

Continuação

Variáveis independentes (X)	Matéria seca (g/vaso)			Absorção de enxofre (mg/vaso)		
	Coef.	F	Prob > F	Coef.	F	Prob > F
Intercepto	5,56	-	-	145,10	-	-
Enxofre total nas plantas - % S	- 29,38	7,96	0,0052	-	-	-
Razão N/S nas plantas	- 1,10	182,04	0,0001	- 3,12	92,52	0,0001
Razão P/S nas plantas	-	-	-	8,20	16,23	0,0001
S-SO ₄ ⁻ extraível dos solos - ppm ⁽²⁾	-	-	-	3,01	68,72	0,0001
pH dos solos	10,18	20,36	0,0001	- 15,94	15,26	0,0001
Ca ⁺⁺ dos solos - meq/100 g	- 2,97	11,40	0,0001	-	-	-
Mg ⁺⁺ dos solos - meq/100 g	10,14	18,61	0,0001	-	-	-
H ⁺ +Al ⁺⁺⁺ dos solos - meq/100 g	5,14	48,81	0,0001	- 4,78	10,04	0,0018
Carbono dos solos - % C	30,71	34,04	0,0001	54,11	34,70	0,0001
R ²	0,5303	-	0,0001	0,7185	-	0,0001

(1) S-SO₄⁻ por Ca(H₂PO₄)₂·2H₂O em HOAc 2,0 N.

(2) R² - coeficiente de determinação múltipla, com 216 observações.

A contribuição da reação do solo (pH, hidrogênio+alumínio), cálcio e magnésio se deve à fertilidade natural muito baixa, onde o cálcio e o magnésio (na forma de carbonatos) funcionam como neutralizantes da acidez, além de nutrientes para as plantas. Essa dupla função do calcário é de capital importância em solos de cerrado, nos quais os teores de cálcio e magnésio não conseguem suprir as necessidades das plantas como nutrientes (RITCHEY *et al.*, 1980). As interações de calagem, adubação sulfatada e cultivos dão suporte adicional à alta significância dos coeficientes de regressão múltipla, referentes ao pH, ao hidrogênio+alumínio, ao cálcio e ao magnésio (MARTINI & MUTTERS, 1984; KLIEMANN, 1987).

A equação de regressão múltipla referente à absorção de enxofre nos solos argilosos (com teor de carbono > 1,2 %):

$$Y=145,10-3,12N/S+8,19P/S+3,01S-SO_4^{-}-15,94pH-4,78(H+Al)+54,11C$$

$R^2 = 0,7185^{***}$ ($n = 216$) mostra que o enxofre total nas plantas não consta entre os coeficientes da regressão. A explicação para o fato pode ser encontrada em dados de (KLIEMANN, 1987), nos quais a relação entre o enxofre total do solo e o absorvido pelo milho apresentam coeficiente de determinação extremamente baixo, o que pode ser atribuído às diferentes capacidades de suprimento de enxofre do grupo de solos com teores de carbono superiores a 1,2%.

A significância dos coeficientes das razões N/S e P/S (como mostra a Tabela 2) devem-se às fartas adubações nitrogenada e fosfatada empregadas nos dois cultivos dos solos. A razão P/S trouxe, por sua vez, contribuição significativa apenas a partir do segundo cultivo, o que lhe confere significância também na análise conjunta dos dois cultivos, como pode ser visto na Tabela 2. A razão N/S, como em todas as outras situações estudadas, contribui de forma altamente significativa na equação de regressão que prediz a absorção de enxofre.

É interessante notar que os valores negativos da razão N/S da parte aérea do milho, encontrados em todas as equações de regressão múltipla, contribuem de forma negativa para a produção de matéria seca e absorção de enxofre, isto é, quanto maior a quantidade de nitrogênio fornecida em relação ao enxofre, mais aguda tende a ser a deficiência do último nutriente. A razão N/S adequada para gramíneas, segundo Mc NAUGHT & CHRISTOFFELS (1961), MALAVOLTA *et al.* (1984a) e KLIEMANN (1987) situa-se ao redor de 10/1.

O $S-SO_4^-$ extraível por fosfato de cálcio em ácido acético 2,0 N igualmente contribuiu de forma significativa na absorção de enxofre, ao contrário do que se verificou com a produção de matéria seca. Entretanto, essa estimativa estatística deve ser analisada com cuidado, pois a não inclusão do $S-SO_4^-$ disponível nos solos na equação referente aos solos argilosos pode ser debitada ao crescimento "forçado" do milho em ambiente de umidade, temperatura e adubações elevadas. Todavia, as plantas de milho já a partir do primeiro cultivo mostraram severa deficiência de enxofre, na dose zero de gesso, como consta em KLIEMANN (1987).

A não inclusão do cálcio e do magnésio nos solos na equação de regressão múltipla é consistente com as curvas de resposta obtidas por KLIEMANN (1987), em que a absorção máxima de enxofre não apresenta diferenças significativas, comparando-se os valores máximos obtidos tanto na ausência como na presença de calagem.

Os coeficientes de regressão referentes ao pH e ao H+Al dos solos mostraram-se altamente significativos, como é o esperado, devido à acidez, que se mostrou adversa à mineralização do enxofre e à absorção pela planta (KLIEMANN, 1987).

A inclusão do carbono em ambas as equações (produção de matéria seca e absorção de enxofre) no grupo de solos argilosos é justificado pela estreita correlação obtida com a absorção de enxofre, como é mostrado por KLIEMANN (1987). Todavia, deve-se ressaltar que altos teores de carbono (matéria orgânica no solo) não se traduzem necessariamente em altos potenciais de fornecimento de enxofre às plantas. Em solos ácidos, em condições não adequadas de mineralização, a correção de acidez aumentou de forma mais intensa os potenciais nos solos mais argilosos e com maiores teores de carbono, como mostram dados de WILLIAMS & STEINBERGS (1964) e de MARTINI & MUTTERS (1984). Por outro lado, a não inclusão do carbono dos solos arenosos nas equações de regressão múltipla deve-se aos teores efetivamente baixos. Nos solos argilosos a inclusão do carbono nas equações deve-se ao efetivo poder de fornecimento de enxofre via mineralização, principalmente quando são neutralizados os componentes da acidez do solo.

Na avaliação conjunta das análises de solos e de plantas com a produção de matéria seca e absorção de enxofre pelo milho verificaram-se estreitas relações entre:

Solos arenosos: produção de matéria seca da parte aérea do milho com o enxofre total (%), a razão N/S das plantas e o $S-SO_4^-$ extraível por $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ -500 ppm P em HOAc 2,0 N dos solos; absorção de enxofre pelo milho com o enxofre total (%), a razão N/S das plantas e $S-SO_4^-$ extraível por $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ em HOAc 2,0 N e pH dos solos;

Solos argilosos: produção de matéria seca do milho com enxofre total (%) e a razão N/S nas plantas e pH, Ca^{++} , Mg^{+++} , H^+Al^{+++} e carbono dos solos; absorção de enxofre pelo milho com as razões N/S e P/S das plantas e $S-SO_4^-$ extraível por $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ em HOAc 2,0 N, pH, H^+Al^{+++} e carbono dos solos.

CONCLUSÕES

Nos solos arenosos, com baixos teores de carbono, a produção de matéria seca e a absorção de enxofre pelo milho é condicionada por ele aos teores de enxofre-sulfato extraível, não sendo afetada pela calagem. Nos solos argilosos, com teores mais altos de carbono, a disponibilidade de enxofre-sulfato é influenciada pela reação do solo (pH e capacidade de troca de cátions - hidrogênio+alumínio e bases trocáveis) e teores de carbono.

Independentemente da textura, dos teores de carbono e da reação dos solos, a produção de matéria seca e absorção de enxofre guardam relação inversa com as razões N/S e P/S do tecido foliar do milho.

ABSTRACT

Sulphur availability in brazilian soils. Vi. Joint evaluation of dry matter yield and sulphur uptake as a function of soil and plant analyses.

A greenhouse experiment was carried out with surface samples from States of São Paulo, Minas Gerais and Goiás (Brazil). Carbon contents varied from 0.5 to 3.03%, sulphur from 0.0104 to 0.0310% and clay from 8 to 60%. Corn (*Zea mays* L.) was grown in two successive crops, with three rates of gypsum (0, 20 and 40 ppm S), previously incubated in absence and presence of lime. Soil analyses were made before and after the first cropping. Plant material was analysed after each harvest of the top. By using data from both soil and plant analyses multiple regression equations were calculated. Close relationships were found in the following cases: sandy soils: dry matter production as a function of total S e N/S ratio in the plants and extractable $S-SO_4^-$ in the soil; accumulation of S in the plants as related to the same variables and soil pH; clayey soils: dry matter as a function of total S and N/S ratio in plants and pH, Ca^{++} , Mg^{++} , $H^+ + Al^{+++}$ and carbon in soils; accumulation of S in the plants as against their N/S and P/S ratios, and calcium phosphate extractable $S-SO_4^-$, pH, $H^+ + Al^{+++}$ and carbon in the soils. In sandy soils, sulphur availability depends only on extractable sulphur contents, being unaffected by liming; in clayey soils, it is influenced by liming (pH and CEC) and carbon contents. Independently of texture and carbon content of the soils, dry matter yield and sulphur uptake show inverse relationships with corn leaf tissue N/S and P/S ratios

KEY WORDS: Sulphur, soil-plant, multiple regression, joint analysis

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLISON, L.E. Organic carbon. In: BLACK, C.A. *et al.* (ed). *Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties*. Madison, ASA, cap.90, 1965.p. 1367-78. (Agronomy, 9).
- BREMNER, J.M. Total nitrogen. In: BLACK, C.A. *et al.* (ed). *Methods of soil analysis; chemical and microbiological properties*. Madison, ASA, cap.90. 1965. p.1367-1378. (Agronomy, 9).
- CATANI, R.A.; JACINTHO, O. *Avaliação da fertilidade do solo; métodos de análise de solo*. Piracicaba, SP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP). 1974. 57p. (mimeo).
- CHAPMAN, H.; PRATT, F.P. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. Davis, Universidade da Califórnia. 1961. 309p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solos*. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS. 1979. (mimeo).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2a. aprox. Rio de Janeiro. 1981. 100p.
- DIJKSHOORN, W.; VIJK, A.L. VAN. The sulphur requirements of plants as evidenced by sulphur-nitrogen ratio in the organic matter: a review of published data. *Plant & Soil*, The Hague, v.26, n.1, 1967. p.129-57.
- FREIRE, J.C.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. de; CARVALHO, J.G. de. Influência do enxofre na produção de matéria seca do milho. *Agros*, Lavras, v.4, n.1, 1974, p.39-44.
- FREIRE, J.C.; MATTOS, R.; SOUZA, J.J.; BAHIA, F.G.F.F.C. Resposta a níveis de enxofre em solos de baixada, Vale do Sapucaí, Minas Gerais. *Agros*, Lavras, v.4, n.1, 1974, p.39-44.
- FRENEY, J.R.; SPENCER, K.; JONES, M.B. The diagnosis of sulfur deficiency in wheat. *Austr. J. Agr. Res.*, Melbourne, v.29, n.4, 1978, p.729-38.
- HOEFT, R.G.; WALSH, L.M.; KEENEY, D.R. Evaluation of various extractants for available soil sulfur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v.37, n.2, 1973, p.401-4.

- KLIEMANN, H.J. Contribuição ao estudo da disponibilidade de enxofre em solos brasileiros. Piracicaba, 1987. Tese (Doutoramento-ESALQ/USP). 231p.
- MALAVOLTA, E. Estudos sobre o enxofre. Piracicaba, 1950. Tese (Livre-docência - ESALQ/USP). 93p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO, D.; GUIMARÃES, P.T.G.; GUILHERME, M.R.; EIMORI, I.; VASCONCELLOS, L.A.B.C.; MORAES, C.L.; KAMINSKI, J.; MUTTON, M.A.; CARVALHO, J.G.C.; RUY, V.M. *Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. I. Capim colonião (Panicum maximum Jacq.)*. São Paulo, SN, Centro de Pesquisa e Promoção do Sulfato de Amônio. 1984a. p.9-22. (Boletim Técnico, 3).
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; FORNASIERI FILHO., D.; CARVALHO, J.G. de; MALAVOLTA, M.L.; ZAMBELLO, F.C. *Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico; II. Colza (Brassica napus L. var. oleifera)*. São Paulo, SN Centro de Pesquisa e Pro moção do Sulfato de Amônio, 1984b. p.26-42 (Boletim técnico, 3).
- MARTINI, J.A.; MUTTERS, R.G. Effect of liming and fertilization on sulfur availability, mobility and uptake in cultivated soils of South Carolina. *Soil Sci.*, Baltimore, v.138, n.6, 1984. p.403-10.
- MAYNARD, D.G.; STEWART, J.W.B.; BETTANY, J.R. Sulphur and nitrogen mineralization in soils compared using two incubation techniques. *Soil Biol. Biochem.*, Oxford, v.15, n.3, 1983, p.252-256.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. de; LOTT, W.L. Analysis of several brazilian soils in relation to plant responses to sulfur. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, Madison, v.23, n.2, 1959, p.221-224.
- Mc NAUGHT, K.N. & CHRISTOFFELS, P.J.E. Effect of sulphur deficiency on sulphur and nitrogen levels in pastures and lucerne. *N. Z. J. Agr. Res.*, Wellington, v.4, n.2, 1961, p.177-185.
- NASCIMENTO, J.A.L.do; MORELLI, M. Enxofre em solos do Rio Grande do Sul. I. Formas no solo. *Rev. bras. Ci. Solo*, Campinas, v.4, n.3, 1980, p.131-5.
- PROBERT, M.E.; JONES, R.K. The use of soil analysis for predicting the response to sulphur of pasture in the Australian tropics. *Austr. J. Agr. Res.*,

Melbourne. v28., n.1, 1977, p.137-48.

QUAGIO, J.A. Métodos de laboratório para determinação da necessidade de calagem em solos. In: RAJJ, B. VAN *et al.* (coord.) *Acidez e calagem no Brasil*. 1983. p.33-48.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G. de; LOBATO, E.; CORREIA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a brazilian savannah oxisol. *Agron. J.*, Madison, v.72, n.1, 1980, p.40-44.

SAS INSTITUTE INC. *SAS user's guide; statistics*. North Carolina, NCSU, 1982.

SUMNER, M.E. Diagnosing the sulfur requirements of corn and wheat using foliar analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v.45, n.1, 1981, p.87-90.

VITTI, C.G. Efeito do valor do pH na disponibilidade de enxofre em latossolos do Município de Jaboticabal. 1979. Jaboticabal, SP. Tese(Mestrado - UNESP, Jaboticabal).

WILLIAMS, C.H.; STEINBERGS, A. The evaluation of plant sulphur in soils. II. The availability of adsorbed and insolubles sulphates. *Plant & Soil*, The Hague, v.21, n.1, 1964, p.50-62.