

## TEORES DE SULFATO EM SOLOS DE MUNICÍPIOS DOS ESTADOS DO RIO DE JANEIRO E ESPÍRITO SANTO

Francisco C. Zaia<sup>1</sup>, Antônio Osmair Zaia<sup>2</sup>,  
Alberto C. de Campos Bernardi<sup>3</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar e interpretar os níveis de sulfato nos solos de alguns municípios dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo. Utilizou-se resultados analíticos de 11.000 amostras de solos (profundidade 0 a 20 cm), de 2.400 propriedades, enviadas ao Laboratório de Solos da FUNDENOR em Campos dos Goytacazes, RJ. O extrator de sulfato foi  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>, e determinado turbidimetricamente. A maioria dos resultados (61%) apresentaram teores de enxofre no solo maiores que 10 mg dm<sup>-3</sup>. Em 26% da amostras os resultados estavam abaixo de 4 mg dm<sup>-3</sup>, indicando a possibilidade de respostas positivas ao fornecimento de enxofre nestes solos.

**Palavras-chave:** enxofre, análise de solo, método turbidimétrico, nível adequado, fertilidade do solo.

<sup>1</sup> Curso de Pós-graduação em Produção Vegetal, bolsista UENF-FAPERJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF.

<sup>2</sup> Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional - FUNDENOR.

<sup>3</sup> Embrapa Pecuária Sudeste. Rod. Washington Luiz, Km 234. Faz. Canchim Cx.P.339, CEP: 13560-970, São Carlos – SP. E-mail: alberto@cnpse.embrapa.br

## SULFATE LEVELS IN SOILS FROM MUNICIPAL DISTRICTS OF RIO DE JANEIRO AND ESPÍRITO SANTO STATES

### ABSTRACT

This research evaluates and interprets the levels of sulfate in soils from Rio de Janeiro and Espírito Santo States by using analytical results of 11,000 soil samples (0 to 20 cm depth), from 2,400 properties sent to the Soil Laboratory from FUNDENOR in Campos dos Goytacazes, RJ. The sulfate extractor was  $CA(H_2PO_4)_2$  0,01 mol L<sup>-1</sup>, and the turbidimetric method was used in sulphate determination. Results were classified in the ranges: 0 to 10 (very low); 11 a 20 (low); 21 a 30 (medium); > 30 mg dm<sup>-3</sup> (high). Most of the results (61%) showed soil levels of sulfate higher than 10 mg dm<sup>-3</sup>. Twenty six percent of the results were lower than 4 mg dm<sup>-3</sup>, thus indicating the possibility of positive response for sulfur supplying to these soils.

**Key words:** sulfur, soil analysis, turbidimetric method, adequate levels, soil fertility.

### INTRODUÇÃO

O enxofre ocorre nos solos na forma mineral  $SO_4^{2-}$  (sulfato), no entanto esta fração representa apenas 5% do total, uma vez que a maior parte encontra-se na forma orgânica ligado ao carbono e ao nitrogênio. Em condições aeróbicas, em solos bem drenados, a forma que prevalece é o sulfato. Em muitos solos, esse ânion não é retido e, portanto, facilmente lixiviado. Nos solos ricos em argilas do tipo 1:1 e óxidos de ferro e alumínio, pode haver adsorção específica de sulfato no subsolo (Raij, 1991; Kowalenko, 1993; Tabatabai, 1996).

As plantas absorvem o enxofre na forma do ânion  $SO_4^{2-}$ , sendo

incorporado para formar os aminoácidos cistina, metionina e cisteína, os quais representam 90% do S encontrado na planta. O S também é componente do acetil - CoA e participa, ainda, da composição dos complexos enzimáticos envolvidos na fotossíntese e na fixação do N<sub>2</sub>; e na formação da clorofila (Vitti et al., 1988; Rajj, 1991).

Um dos principais fatores responsáveis pela baixa produtividade da agricultura brasileira são as condições de fertilidade do solo, pois, em termos gerais, nossos solos são ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions e apresentam deficiência generalizada de nutrientes. A deficiência de sulfato é importante fator limitante, uma vez que os solos tropicais naturalmente apresentam baixa disponibilidade de sulfato para as plantas (Neptune et al., 1975). Trabalhos anteriores evidenciavam a baixa capacidade desses solos em suprir as necessidades de S (McClung et al., 1958; McClung & Freitas, 1959). Isso ocorre devido aos baixos teores de matéria orgânica, dado que aproximadamente 90% do S do solo encontra-se na forma orgânica (Wolffenbüttel & Tedesco, 1981).

Para Parischa & Fox (1993) o enxofre é o quarto nutriente mais limitante em solos altamente intemperizados, e se apenas as regiões tropicais forem consideradas, sua deficiência ainda pode ser mais severa. Além disso, o uso intensivo dos solos, especialmente os arenosos (com baixos teores de matéria orgânica), o aumento da produtividade agrícola, e o uso crescente de fórmulas concentradas NPK, com pouco ou nenhum enxofre têm contribuído para agravar a deficiência deste nutriente. Além desses fatores, outros podem ser citados, tais como perdas de sulfato por lixiviação, acentuada pela calagem e adubações fosfatadas; decréscimo no uso de combustíveis fósseis como fonte de energia, ocasionando redução de SO<sub>2</sub> contido no ar atmosférico; baixos níveis de matéria orgânica no solo; prática de queimadas para uso de novas áreas, limpezas de pastos e colheita da cana-de-açúcar, causando volatilização do S contido no material vegetal

e, ainda, devido à redução do uso do S como defensivo (Vitti et al., 1988; Tisdale et al., 1995).

A correção das propriedades químicas dos solos torna-se essencial para a prática de uma agricultura estável e produtiva, especialmente no caso do enxofre. Neste contexto, a avaliação da disponibilidade deste nutriente através da análise de solo é essencial para se explorar todo o potencial da agricultura. A escolha do extrator depende dos equipamentos analíticos disponíveis e do tipo de solo.

Os extratores podem ser água, acetato, carbonato, cloreto, fosfato, citrato e oxalato, uma vez que a natureza do ânion influencia a eficiência do deslocamento do sulfato adsorvido (Kowalenko, 1993; Tabatabai, 1996). Muitos relatos científicos demonstraram a eficiência do fosfato de cálcio para a extração do sulfato, sendo que, em solos tropicais, é feita preferencialmente com fosfato biácido de cálcio (Raij, 1991; Cantarella & Prochonow, 2001; Alvarez V. et al., 2001).

Há vários métodos para quantificação do sulfato, no entanto nem todos são aplicáveis. O método ideal deve ser quantitativo, com adequada sensibilidade, pouco influenciado pelo extrator ou por qualquer outro constituinte do solo, e ainda deve ser específico para a forma de sulfato. Por isso o método que mais frequentemente tem sido utilizado é a determinação quantitativa do sulfato durante a precipitação com sulfato de bário, baseadas em determinações volumétrica, gravimétrica, turbidimétrica, ou colorimétrica (Kowalenko, 1993; Tabatabai, 1996). A determinação analítica que vem sendo adotada nos laboratórios de fertilidade do solo do Brasil utiliza a leitura turbidimétrica em colorímetro ou espectrofotômetro do precipitado formado de sulfato de bário (Raij, 1991; Alvarez V. et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi realizar avaliação e interpretação dos níveis de sulfato nos solos de alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os resultados analíticos de amostras de solos enviadas por agricultores, técnicos e extensionistas ao Laboratório de Solos da FUNDENOR em Campos dos Goytacazes, RJ. Foram tabuladas informações de 8.372 amostras de solos, provenientes de propriedades rurais de municípios do Estado do Rio de Janeiro (3.318 amostras) e Espírito Santo (5.054 amostras), referentes ao período de janeiro de 2000 a dezembro de 2002. As amostras de solo compostas foram coletadas na profundidade de 0-20 cm.

Nos solos continham culturas como: cana-de-açúcar, café, banana, maracujá, abacaxi, goiaba, coco e mamão. O clima da região, pela classificação de Köppen, é do tipo Am, quente e úmido, ou seja clima tropical semi-úmido que apresenta máximos e mínimos pluviométricos no verão e no inverno, respectivamente, e a existência de quatro a cinco meses secos.

Nas amostras secas ao ar e peneiradas (malha de 2mm), utilizou-se o fosfato diácido de cálcio -  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$   $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  como extrator, determinando o sulfato no solo por turbidimetria. Os procedimentos usados na extração e determinação do sulfato foram descritos, respectivamente, por Fox et al. (1987) e Tabatabai & Bremner (1970), com as modificações introduzidas por Andrade et al. (1990).

Os resultados foram distribuídos com base nas faixas de interpretação: 0 a 4 (baixa); 5 a 10 (média); e  $> 10 \text{ mg dm}^{-3}$  (alta), seguindo Rajj et al. (1997) e Rein & Sousa (2002). Após a classificação de cada amostra de solo nas faixas de interpretação, foi calculada a porcentagem de ocorrência de amostras dentro de cada faixa.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Registrou-se a origem das amostras recebidas pelo laboratório de Solos da FUNDENOR, nos anos de 2000 e 2002 (Tabelas 1 e 2). As amostras analisadas provenientes do Estado do Rio de Janeiro referiam-se a 13 municípios das regiões Norte e Noroeste fluminense. As amostras do Estado do Espírito Santo referiam-se a 41 cidades.

**Tabela 1.** Distribuição de freqüências dos resultados de análises de enxofre de solos de municípios do Estado do Rio de Janeiro realizadas pelo Laboratório de Solos da FUNDENOR - Campos dos Goytacazes, RJ em 2000 e 2002.

Municípios	Faixa de teores (mg dm <sup>-3</sup> ) e freqüência de distribuição										Total
	0 a 4		5 a 10		11 a 20		21 a 30		> 30		
	<b>2000</b>										
Bom Jardim	4	8	1	2	15	29	17	33	15	28	52
Campos	220	43	80	16	71	14	27	5	112	22	510
Cardoso Moreira	7	50	3	22	3	21	0	0	2	8	14
Casimiro de Abreu	25	35	5	7	26	37	8	11	7	10	71
Friburgo	6	5	0	0	37	29	27	21	60	45	130
Itaperuna	50	65	9	12	11	14	5	6	2	3	77
Macaé	27	47	4	6	10	17	5	9	12	21	58
Quissamã	3	6	8	16	11	22	7	14	21	42	50
Rio Bonito	10	21	12	25	5	19	0	0	21	42	48
São Franc. de Paula	29	61	6	12	7	14	1	2	5	10	48
São José Rio Preto	15	12	5	4	40	31	15	12	53	41	128
Varre - Sai	10	12	7	9	48	59	10	12	6	8	81
	<b>2002</b>										
Campos	79	22	36	10	93	26	32	9	119	33	359
Casimiro de Abreu	29	20	13	9	64	45	17	12	20	14	143
Quissamã	13	10	31	24	30	23	16	12	39	31	129
São F. do Itabapoana	47	35	35	26	34	25	8	6	10	8	134

**Tabela 2.** Distribuição de freqüências dos resultados de análises de enxofre de solos de municípios do Estado do Espírito Santo realizadas pelo Laboratório de Solos da FUNDENOR - Campos dos Goytacazes, RJ em 2000 e 2002.

Municípios	Faixa de teores (mg dm <sup>-3</sup> ) e freqüência de distribuição										Total
	0 a 4		5 a 10		11 a 20		21 a 30		> 30		
		%		%		%		%		%	
<b>2000</b>											
Afonso Cláudio	20	30	8	12	15	22	8	12	17	25	68
Alfredo Chaves	2	13	0	0	12	80	0	0	1	7	15
Alto das Piabas	0	0	0	0	2	29	1	14	4	57	7
Aracruz	15	26	10	18	24	42	5	9	3	5	57
Araponga	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	1
Aricanga	0	0	0	0	1	9	0	0	10	91	11
Boa Esperança	10	53	5	26	0	0	3	16	1	5	19
Cariacica	16	50	6	19	10	31	0	0	0	0	32
Castelo	2	2	3	4	30	36	24	28	25	30	84
Colatina	10	19	15	26	10	18	5	9	15	28	55
Domingos Martins	4	10	1	2	14	34	11	27	11	27	41
Guaçuí	4	2	4	2	39	20	38	20	110	56	195
Guarapari	1	14	2	28	2	29	1	14	1	14	7
Ibiraçu	2	20	1	10	4	40	1	10	2	20	10
Iconha	2	22	2	22	3	33	2	23	0	0	9
Itaguaçuí	10	20	6	12	12	24	18	36	4	8	50
Itarana	7	33	4	19	3	14	4	19	3	15	21
Jaguaré	60	44	30	22	30	22	5	4	11	8	136
João Neiva	20	13	27	18	41	27	26	17	37	25	151
Joatuba	3	50	1	17	0	0	1	20	0	0	6
Laranja da Terra	4	33	4	33	4	20	8	40	0	0	12
Linhares	5	26	4	21	6	32	2	11	2	10	19
Marechal Floriano	15	10	15	10	50	35	40	28	23	16	143
Mimoso do Sul	5	100	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Montanha	18	75	2	8	2	8	0	0	2	9	24
Piaçu	2	67	1	33	0	0	0	0	0	0	3
Piúma	0	0	0	0	3	100	0	0	0	0	3
Ribeirão do Cristo	0	0	0	0	1	17	4	67	1	16	6
Ribeirão Sepé	1	50	0	0	0	0	1	50	0	0	2
Santa M. de Jetibá	45	9	7	1	152	30	95	19	206	41	505
Santa Tereza	3	7	1	3	16	42	6	15	12	32	38
São Mateus	1	25	1	25	1	25	1	25	0	0	4
São Roque	0	0	1	33	2	67	0	0	0	0	3
Unicafé	2	12	0	0	5	12	11	26	24	57	42
Vargem Alta	5	23	0	0	10	45	6	27	1	5	22
Venda Nova dos Imigrantes	18	19	16	16	27	28	20	20	16	17	97
Viana	6	17	0	0	21	58	5	14	4	11	36
Vila Velha	10	38	9	35	7	27	0	0	0	0	26
Vitor Hugo	0	0	0	0	1	33	2	67	0	0	3
Vitória	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0	1
Sem Identificação	80	15	39	7	196	37	95	18	120	23	530
<b>2002</b>											
Aracruz	9	20	8	17	12	25	3	7	14	31	46
Guaçuí	13	7	6	3	55	30	35	19	75	41	184
Jaguaré	20	37	5	10	13	24	7	13	8	16	53
Pedro Canário	42	64	13	20	7	11	1	2	2	3	65

Os teores disponíveis de enxofre nos solos analisados, referentes às amostras do Rio de Janeiro nos anos de 2000 e 2002 indicaram que, respectivamente, 59 e 61% das amostras apresentaram teores altos (acima de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ ), de acordo com Raij et al. (1997) e Rein & Sousa (2002). Nos mesmos anos, apenas 11 e 17% estavam com teores entre 4 a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ , considerado médio, e 30 e 22% das amostras com teores baixos, menores que  $4 \text{ mg dm}^{-3}$  (Raij et al., 1997; Rein & Sousa, 2002). Estes resultados evidenciam os níveis de enxofre nas amostras analisadas nas regiões Norte e Noroeste fluminense podem ser considerados de adequados a elevados.

Com relação aos municípios do Espírito Santo, os resultados também mostram evidências de suficiência de enxofre nos solos, em maior grau que nos municípios do Rio de Janeiro. Em 65 e 56% das amostras analisadas nos anos de 2000 e 2002, o teor de enxofre estava acima de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ , considerado alto (Raij et al., 1997; Rein & Sousa, 2002). Apenas 22 e 13% das amostras apresentaram níveis médios de enxofre no solo (entre 4 e  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ ), e 30 e 22% estavam com níveis abaixo  $4 \text{ mg dm}^{-3}$ , considerando-se o padrão de Raij et al. (1997) e Rein & Sousa (2002).

A Tabela 3 mostra os resultados médios obtidos para os Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo nos anos de 2000, 2001 e 2002. Os resultados médios dos três anos observados indicam que a situação nas amostras do Estado do Espírito Santo apresenta 63% dos solos com resultados altos (acima de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e 26% valores baixos (abaixo de  $4 \text{ mg dm}^{-3}$ ). Enquanto que nas amostras do Estado do Rio de Janeiro, estes valores são de 56 e 30%, respectivamente. Os valores acima de  $30 \text{ mg dm}^{-3}$  reforçam ainda mais estas diferenças, uma vez que no Rio de Janeiro 12% das amostras estão nestas condições, enquanto que no Espírito Santo 25%.



**Tabela 3.** Distribuição de freqüências dos resultados de análises de enxofre de solos de municípios dos Estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo realizadas pelo Laboratório de Solos da FUNDENOR - Campos dos Goytacazes, RJ entre 2000 e 2002.

Níveis Enxofre* (mg dm <sup>-3</sup> )	Classe de Interpretação**	Distribuição de freqüências (%)					
		Rio de Janeiro			Espírito Santo		
		2000	2001	2002	2000	2001	2002
0 a 4	Baixo	30,3	26,7	21,8	23,1	22,3	32,0
5 a 10	Médio	10,8	13,3	17,3	11,6	10,1	12,5
11 a 20	Alto	25,4	28,3	27,0	32,1	29,6	22,5
21 a 30	Alto	10,3	11,4	12,0	17,2	19,1	10,3
< 30	Alto	23,2	20,3	21,9	16,0	18,9	22,7
<b>No. Amostras</b>		1267	1286	765	2506	2200	348

\* Extrator fosfato diácido de cálcio.

\*\* Baseado em Raij et al. (1997) e Rein & Sousa (2002).

Estes resultados indicam que a prática da adubação adotada nas regiões analisadas provavelmente esteja suprindo adequadamente este nutriente. Pois resultados apresentados anteriormente por McClung et al. (1958), McClung & Freitas (1959), Neptune et al. (1975) e Parischa & Fox (1993) indicavam que os teores de enxofre nos solos tropicais são naturalmente baixos e podem apresentar sérias limitações aos cultivos. Resultados obtidos por Tebaldi et al. (2000) mostraram que em locais com deficiência do nutriente, não eram atendidas as exigências nutricionais das culturas, evidenciado pelos baixos teores de enxofre em pastagens das regiões norte e noroeste do Estado do Rio de Janeiro.

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam que, para a maioria das amostras analisadas, não haveria respostas à aplicação de fertilizantes com fontes minerais do nutriente. Isso ocorreria devido à porcentagem das amostras (61%) que apresentaram teores de sulfato no solo considerados altos (acima de 10 mg dm<sup>-3</sup>). Trabalhos realizados no Brasil e nos EUA com sulfato marcado (SO<sub>4</sub><sup>-34</sup>S e SO<sub>4</sub><sup>-35</sup>S, respectivamente), confirmam esta expectativa de resposta das culturas, uma vez que

mostraram que as altas respostas ao fornecimento do nutriente ocorreram apenas nos solos com baixos teores disponíveis deste nutriente (Arora et al., 1990 e Trivelin et al., 2002).

Desse modo as respostas positivas ao fornecimento deste nutriente ocorreriam em cerca de 38,6% do total de amostras analisadas de ambos Estados no período do estudo, que apresentam teores considerados baixos (26%) e médio (12,6%). Nestes solos há necessidade implementação de um conjunto de práticas agrícolas, que aumentem o teor da matéria orgânica do solo, associadas com o fornecimento de fontes minerais de enxofre. De acordo com Rein & Sousa (2002) para culturas anuais nas condições dos Cerrados, nas áreas com teores baixos e médios a recomendação é de 30 e 15 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre, respectivamente. Nas áreas com teores considerados altos, 5 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre, seriam suficientes para manter produtividades adequadas.

Resultados de outros experimentos de campo com culturas anuais e perenes, realizados no Estado de São Paulo, indicam que nos solos deficientes em enxofre, doses de 20 kg ha<sup>-1</sup> de enxofre foram suficientes para suprir adequadamente as plantas (Malavolta et al., 1987; Vitti et al., 1988; Silva & Raij, 1992).

## CONCLUSÃO

Concluiu-se que a maioria das amostras de solo avaliadas (61%) apresentaram teores de enxofre no solo maiores que 10 mg dm<sup>-3</sup>. Em 26% das amostras os resultados estavam abaixo de 4 mg dm<sup>-3</sup>, indicando a possibilidade de respostas positivas ao fornecimento de enxofre nestes solos.

## AGRADECIMENTOS

Projeto financiado pela FUNDENOR, Fertilizantes Heringer LTDA, e S/N – Centro de Pesquisa de Promoção do Sulfato de Amônio Ltda.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO JUNIOR., E. S.; SOUZA, R. B.; FONSECA, C. A.. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa: Editora UFV. 2001, 131p.
- ANDRADE, J. C.; FRIGUETTO, S. R.; BACCAN, N.; CANTARELLA, H.; BATAGLIA, O. C. Determinação turbidimétrica de sulfatos em solos mediante análise por injeção em fluxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 14(1): p.119-124, 1990.
- ARORA, B.R.; HUNDAL, H.S.; SEKHON, G.S. Utilization of fertilizer sulphur by oat (*Avena sativa* L.) in different soils of Ludhiana. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, New Delhi, 19: p.92-96, 1990.
- CANTARELLA, H.; PROCHNOW, L. I. Determinação de sulfato em solos. In: RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas. p.224-230, 2001.
- FOX, R. L.; HUE, N. V.; PARRA, A. J. A turbidimetric method for determining phosphate-extractable sulfates in tropical soils. **Communications in soil Science Plant and Analysis**, New York, 18: p.343-357, 1987.
- KOWALENKO, C. G. Extraction of available sulphur. In: CARTER, M. R. (ed.) **Soil sampling and methods of analysis**. Boca Raton: Lewis publishers. p.65-74, 1993.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; ROSOLEM, C.A.; FAGERIA, N.K.; GUIMARÃES, P.T.G. Sulphur responses of Brazilian crops. **Journal of Plant Nutrition**, New York, 10: p.2153-2158, 1987.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M. Sulfur deficiency in soils from Brazilian campos. **Ecology**, North Carolina, 40(2): p.315-317, 1959.
- McCLUNG, A.C.; FREITAS, L.M.M.; GALLO, J.R.; QUINN, L.R.; MOTT, G.O. Alguns estudos preliminares sobre possíveis problemas de fertilidade, em solos de diferentes campos cerrados de São Paulo e Goiás. **Bragantia**, Campinas, 17(3): p.29-44, 1958.
- NEPTUNE, A.M.L.; TABATABAI, M.A.; HANWAY, J.J. Sulfur fractions and carbon-nitrogen-phosphorus-sulfur relationships in some Brazilian and Iowa soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 39(1): p.51-55, 1975.
- RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres; Piracicaba: POTAFÓS, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas, Instituto Agronômico/Fundação IAC., 1997, 285p. (Boletim Técnico, 100).
- REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. Adubação com enxofre. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, Embrapa Cerrados. p.227-244, 2002.
- SILVA, N.M.; RAIJ, B. VAN. Uso do gesso e do superfosfato simples na cultura do algodoeiro. In; SEMINÁRIO SOBRE USOS DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., **Anais...** Uberaba: IBRAFOS. p.159-174, 1992.

- TABATABAI, M. A. Sulphur. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. **Methods of soil analysis**. Part 3 - Chemical methods. Madison: Soil Science Society of America. p.921-960. (SSSA Book Series, 5), 1996.
- TABATABAI, M. A.; BREMNER, J. M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. **Agronomy Journal**, Madison, p.62:805-806, 1970.
- TEBALDI, F.L.H.; SILVA, J.F.C.; VASQUEZ, H.M.; THIEBAUT, J.T.L. Composição Mineral das Pastagens das Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. 1. Cálcio, Fósforo, Magnésio, Potássio, Sódio e Enxofre. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 29(2): p.603-615, 2000.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York : Macmillan, 1995, 754p.
- TRIVELIN, P.C.O.; BENDASSOLLI, J.A.; MURAOKA, T.; CARNEIRO JR., F. Sulfur utilization by rice and crotalaria juncea from sulfate - <sup>34</sup>S applied to the soil. **Sciencia Agricola**, Piracicaba, 59(1): p.205-207, 2002.
- VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E.; FERREIRA, M.E. Respostas de culturas anuais e perenes à aplicação de enxofre. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F. (Ed.). **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo: IAPAR: SBSCS. 1988, p.61-85.
- WOLFFENBÜTTEL, R.; TEDESCO, M.J. Disponibilidade do enxofre para a alfafa em oito solos do Rio Grande do Sul e sua relação com parâmetros do solo. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, 17(2): p.357-376, 1981.