

NÍVEIS CRÍTICOS DE ZINCO EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO ARGILOSO SOB CERRADO PARA A SOJA⁽¹⁾

E. Z. GALRÃO⁽²⁾

RESUMO

Realizou-se, em condições de campo, um experimento num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, com soja (cultivar Cristalina), usando o esquema fatorial 3 x 4, ou seja, três doses de calagem com base na saturação por bases (35, 50 e 70%) e quatro doses de zinco (0, 1, 3 e 9kg/ha), dispostos em blocos ao acaso, com três repetições. As doses de zinco, ao contrário das de calcário, tiveram efeito significativo no rendimento de grãos, nos teores de zinco extraídos do solo e nos teores de zinco da folha em soja cultivada dois anos após a aplicação dos tratamentos. Os níveis críticos de zinco no solo para os extratores HCl 0,1N, Mehlich (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N) e DTPA (ácido dietiletriaminopentacético) foram de 1,2, 0,8 e 0,6 µg/cm³ respectivamente. O nível crítico de zinco na folha, no florescimento, foi de 17,2 ppm.

Termos de indexação: análise de solo, saturação por bases, extratores, zinco, níveis críticos.

SUMMARY: CRITICAL LEVELS OF ZINC ON SOYBEANS GROWN IN A CERRADO CLAYEY RED YELLOW LATOSOL

A field experiment was carried out on a clayey Red Yellow Latosol (Typic Acrustox), using soybeans as a test plant. A 3x4 factorial lay-out was used with three levels of base saturation (35, 50, and 70%) and four rates of zinc (0, 1, 3, and 9 kg/ha), arranged in randomized complete blocks with three replications. The rates of zinc, as opposed to the rates of base saturation, showed significant effect on grain yield, on the soil extracted zinc, and on the leaf zinc concentration. The soil critical levels determined by the 0.1N HCl, Mehlich (0.05 N HCl + 0.025N H₂SO₄) and DTPA (diethyletriaminepentaacetic acid) extracting solutions were 1.2, 0.8, and 0.6 µg/cm³, respectively. The critical leaf concentration at flowering was 17.2 ppm.

Index terms: soil analysis, base saturation, extractant solutions, zinc, critical levels.

INTRODUÇÃO

Os solos de cerrado são, na sua maioria, deficientes em zinco (Lopes, 1975). Respostas da soja a esse micronutriente têm sido relatadas (Freitas et al., 1958; Galrão, 1984, 1991; Ritchey et al., 1986). Apesar disso, estudos de calibração de métodos de análise de solo para zinco, visando a sua recomendação para

essa cultura, são inexistentes. Conforme revisão de Lindsay & Cox (1985), os extratores ácidos, Mehlich e HCl 0,1N, são amplamente usados nos solos ácidos e, o DTPA, apesar de ter sido desenvolvido para solos calcários, pode ser usado em solos ácidos. No Brasil, Bataglia & Raij (1989), em estudo com amostras de 26 solos, e que teve como plantas-teste o sorgo e o girassol, observaram que os extratores ácidos HCl

⁽¹⁾ Recebido para publicação em dezembro de 1991 e aprovado em dezembro de 1992.

⁽²⁾ Pesquisador do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), EMBRAPA, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970 Planaltina (DF).

0,1N e Mehlich e os complexantes EDTA e DTPA foram igualmente eficientes na determinação do zinco do solo. Por outro lado, Lantmann & Meurer (1982), estudando extratores em amostras de 10 solos, e tendo o milho como planta teste, observaram pequena vantagem do EDTA sobre o HCl 0,1N e Mehlich. Da mesma forma, Ribeiro & Tucunango Sarabia (1984), com amostras de cinco latossolos e cuja planta-teste era o sorgo, observaram maior eficiência do EDTA em relação ao Mehlich. Muraoka et al. (1983), em seis amostras de solos com o feijoeiro como planta-teste, observaram pequena superioridade do EDTA e do DTPA sobre o HCl 0,1N. Segundo Bataglia & Raji (1989), quando se considera a determinação conjunta de Cu, Fe, Mn e Zn, o HCl, pela sua maior simplicidade, e o DTPA, pela sua maior discriminação em relação à acidez do solo, parecem mais indicados que o Mehlich, que é uma mistura de ácidos, e o EDTA, que extraí quantidades muito altas de Fe e Mn. Por outro lado, o extrator de Mehlich, por permitir a extração simultânea de Cu, Fe, Mn, Zn, P e K, é adotado pelos laboratórios de análise de solo da região dos Cerrados.

O objetivo do presente trabalho foi determinar os níveis críticos de zinco, num solo de cerrado, para a cultura da soja, pelos extratores HCl 0,1N, Mehlich e DTPA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi estabelecido num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, fase cerrado (Brasil, 1966) do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina (DF), de novembro de 1988 a maio de 1991. No início, a análise do solo (0-20cm de profundidade) indicou 2,0% de M.O., pH 5,4 (1:2,5) em água; pH 4,4 (1:2,5) em $\text{CaCl}_2 10^{-3}\text{M}$; 0,3 meq/100ml de Al^{3+} trocável; 0,3 meq/100 ml de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$; 48,4% de saturação por Al^{3+} ; 5,5% de saturação por bases (V%); 1,4 ppm de P; 24 ppm de K^+ ; 78 ppm de Fe; 2,0 ppm de Mn; 0,6 ppm de Zn; traços de Cu; 0,14 ppm de B; 49% de argila; 8,0% de silte; 27% de areia fina e 18% de areia grossa. As determinações de pH, Al^{3+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, P e K^+ foram feitas conforme Brasil (1966) e a da saturação por bases, segundo Sousa et al. (1989). Os teores de Fe, Mn, Zn e Cu foram extraídos pela solução de Mehlich (HCl 0,05N e H_2SO_4 0,025N), na relação solo:solução de 1:10 com cinco minutos de agitação, e determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O B foi extraído segundo Gupta (1967) e avaliado pelo método da azometina H. A matéria orgânica foi determinada conforme Jackson (1964) e a análise granulométrica feita de acordo com EMBRAPA (1979).

Foram realizados três cultivos (soja, milho e soja) nas estações chuvosas dos anos agrícolas 1988/89, 1989/90 e 1990/91. No primeiro, não houve resposta da soja às doses de calcário, bem como às de zinco provavelmente devido às produções relativamente baixas (2.000 kg/ha). O segundo cultivo foi seriamente prejudicado por falta de chuvas, comprometendo

totalmente os resultados. Portanto, no presente trabalho serão apresentados e discutidos somente os resultados do terceiro cultivo.

O esquema experimental constou de um fatorial 3 x 4, sendo três doses de calagem: 1.809, 2.730 e 3.958 kg/ha (PRNT 100%), respectivamente, para 35, 50 e 70% de saturação por bases, conforme Raji (1981), e quatro doses de zinco: 0, 1, 3 e 9 kg/ha, em blocos ao acaso, com três repetições.

Em 21-6-88, aplicou-se calcário dolomítico, de acordo com os tratamentos: metade da dose foi distribuída antes da aração, metade após, incorporada através de grade. Usou-se calcário com 56,3% de PRNT, 30,0% de CaO e 17,0% de MgO. A adubação do primeiro cultivo, executada após 150 dias da aplicação do calcário, constou da aplicação a lanço de 500 kg da fórmula 0-20-20 e 1.000 kg de superfosfato simples (21% de P_2O_5) em pó, por hectare. Os micronutrientes B (1 kg/ha) e Cu (2 kg/ha) e as doses de zinco correspondentes aos tratamentos (0, 1, 3 e 9 kg/ha), foram misturados e aplicados juntamente com o superfosfato simples. A fonte de B foi o bórax e as de Cu e Zn, o sulfato. Os fertilizantes foram incorporados ao solo através de grade. A adubação do segundo cultivo constou da aplicação, no sulco de semeadura, de 400 kg/ha da fórmula 5-20-20 e de duas coberturas com nitrogênio, usando-se, em cada uma, 80 kg/ha de N (uréia). A adubação do terceiro cultivo constou da aplicação no sulco de semeadura de 400 kg/ha da fórmula 0-20-20.

A soja, cv. Cristalina (terceiro cultivo) foi semeada em 36 parcelas constituídas de oito linhas com 10m de comprimento, espaçadas de 0,6m, com uma semeadeira manual, a uma densidade aproximada de trinta sementes por metro de sulco, deixando-se vinte plantas após o desbaste. As sementes foram tratadas com inoculante produzido no laboratório de Microbiologia do CPAC, na dose de 1,0 kg por 40 kg de sementes. Foram aplicados, na forma de solução, juntamente com o inoculante, 5 e 18 g/ha, de Co (cloreto) e de Mo (molibdato de sódio) respectivamente. As parcelas eram separadas entre si por 2 m entre as cabeceiras e por 1 m no sentido longitudinal.

No florescimento, fez-se, aleatoriamente, a coleta de folhas de cinqüenta plantas por parcela, retirando-se a terceira folha com pecíolo de cada planta (Trani et al., 1983) para análise química. As amostras foram secas em estufa a 65°C por 72 horas e moídas. Na determinação do zinco, a digestão das amostras foi feita por via úmida com ácido sulfúrico e água oxigenada e a sua concentração, determinada por espectrofotometria de absorção atômica.

Aproximadamente aos 150 dias da semeadura, colheram-se as quatro fileiras centrais de cada parcela, deixando-se 2 m nas extremidades como bordadura, sendo a área útil de cada parcela de 14,4 m² (2,4 x 6m). Após a colheita, efetuou-se a amostragem do solo (0-20cm de profundidade), coletando-se vinte subamostras ao acaso por parcela. As determinações de pH, Al^{3+} , P, Fe, Mn, Cu, B e da saturação por bases (V%) foram feitas conforme referido. Para a determi-

nação do Zn, usaram-se: DTPA (ácido dietileno-triaminopentacético), na relação solo:solução de 1:2, com duas horas de agitação (Lindsay & Norvell, 1978); solução 0,1N de HCl e solução de Mehlich (HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025N), ambas na relação solo:solução de 1:10 e com cinco minutos de agitação. A determinação do Zn nos extratos das três soluções extratoras foi feita em espectrofotômetro de absorção atômica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise estatística revelou que tanto os efeitos da interação calcário x zinco como o do calcário, isoladamente, não foram significativos para os parâmetros medidos (rendimento de grãos, teores de zinco no solo e na folha). Por outro lado, as doses de zinco aplicadas no primeiro cultivo de soja tiveram efeito significativo em todos eles (Quadro 1).

Assim, em relação ao rendimento de grãos, os tratamentos que receberam zinco diferiram significativamente da testemunha, mas não entre si. A média deles foi de 2.910 kg/ha de grãos, ou seja, 321 kg/ha a mais do que a testemunha. Portanto, a menor dose de zinco, 1kg/ha, aplicada no primeiro cultivo de soja, foi suficiente para a obtenção de bom rendimento. Apesar de trabalhos realizados em solos de cerrado terem mostrado resposta da soja ao zinco (Lopes, 1975), em poucos deles o seu teor foi determinado no solo. Assim, Galrão (1984) obteve aumento de 216kg/ha de grãos de soja com a aplicação a lanço de zinco num LE argiloso cujo teor da testemunha era de 0,5ppm e do tratamento que o recebeu, de 0,9ppm. Ritchey et al. (1986) também obtiveram aumento de 1.513kg/ha de grãos de soja com a aplicação a lanço de zinco num LE

argiloso; o teor de zinco da testemunha era de 0,6 ppm e, do tratamento que o recebeu, de 1,3 ppm. Galrão (1991) observou, num LV franco-argiloarenoso, aumento de 212kg/ha de grãos de soja pela aplicação a lanço de zinco cujo teor da testemunha era de 0,8ppm e do tratamento que o recebeu, de 1,9ppm. O método químico (Mehlich) usado nos trabalhos acima relatados discriminou a testemunha do tratamento que recebeu zinco, revelando, assim, a sua capacidade em avaliar a disponibilidade do zinco para a soja.

A relação entre os rendimentos de grãos e os teores de zinco extraídos do solo, pelos três extratores, encontra-se na figura 1.

Quadro 1. Rendimento de grãos a 13% de umidade, teores de zinco extraídos do solo por três extratores e de zinco da folha da soja (cultivar Cristalina) do terceiro cultivo, num latossolo vermelho-amarelo, argiloso, sob cerrado, em função de doses de zinco aplicadas no primeiro cultivo. Planaltina, CPAC, 1992

Zn aplicado	Rendimento de grãos ⁽¹⁾	Teor de Zn no solo ⁽¹⁾			Teor de Zn na folha ⁽¹⁾
		HCl	Mehlich	DTPA	
kg/ha		μg/cm ³			ppm
0	2.589a	0,9a	0,7a	0,5a	14a
1	2.900b	1,2b	1,1ab	0,5a	22b
3	2.917b	1,6b	1,7b	0,8b	24b
9	2.915b	3,1c	2,9c	1,4c	27b
Média	2.830	1,7	1,6	0,8	22
CV (%)	7	22	24	25	18

⁽¹⁾ Média das três doses de calcário.

Valores seguidos com a mesma letra em cada coluna não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey a 5%.

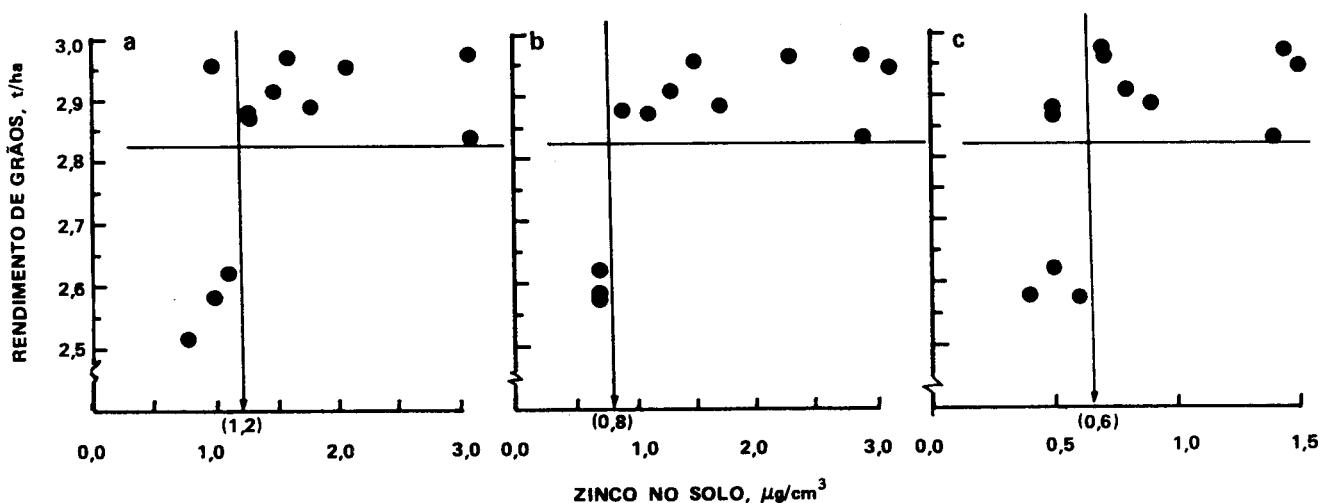


Figura 1. Relações entre os rendimentos de grãos no terceiro cultivo de soja (cv. Cristalina) e os teores de zinco extraídos do latossolo vermelho-amarelo, argiloso, sob cerrado, por três extratores. a: HCl 0,1N; b: Mehlich (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N) e c: DTPA, em função de doses de zinco aplicadas no primeiro cultivo. Planaltina, CPAC, 1992.

Os níveis críticos determinados pelo critério de Cate Jr. & Nelson (1965) após o cultivo da soja foram de 1,2, 0,8 e $0,6\mu\text{g}/\text{cm}^3$ de zinco, respectivamente, para HCl, Mehlich e DTPA. Foram obtidas altas correlações (r) entre os teores de Zn extraídos pelos extratores, a saber: 0,98* entre o HCl e o Mehlich; 0,99* entre o HCl e o DTPA e 0,98* entre o Mehlich e o DTPA. Isso indica que os extratores usados são adequados para avaliar a disponibilidade de zinco para a soja neste tipo de solo. No entanto, a escolha definitiva de qualquer um deles só será possível após estudos de calibração numa faixa ampla de solos representativos da região dos Cerrados.

Em relação aos teores de zinco na folha - Quadro 1 - os tratamentos que receberam zinco diferiram significativamente da testemunha, mas não entre si. Trani et al. (1983) sugerem como nível crítico de zinco na folha da soja o valor de 20 ppm. Tomando-se por base esse índice, verifica-se que a testemunha está em nível de insuficiência e, os demais tratamentos, de suficiência. Este fato reforça a observação feita em relação ao rendimento de grãos, ou seja, de que a menor dose de zinco, 1 kg/ha, aplicada no primeiro cultivo de soja, foi suficiente para corrigir a deficiência de zinco e propiciar bom rendimento de grãos. A relação entre os rendimentos de grãos e os teores de zinco na folha é mostrada na figura 2.

O nível crítico de zinco na folha, determinado pelo critério de Cate Jr. & Nelson (1965), foi de 17,2ppm, um pouco abaixo do nível crítico (20ppm) sugerido por Trani et al. (1983). Na literatura, inexistem trabalhos específicos para determinar níveis críticos de zinco na

folha da soja em solos de cerrado. Além disso, são poucos aqueles nos quais os teores desse micronutriente foram determinados nas folhas. Assim, os teores de zinco da testemunha e do tratamento que o recebeu foram, respectivamente, de 15,7 e 30,4ppm (Galrão, 1984) e de 17,5 e 31,0ppm (Galrão, 1991). Observa-se que os teores de zinco das testemunhas, 15,7 e 17,5ppm, estão bem próximos do nível crítico determinado no presente trabalho (17,2ppm).

As doses de calcário não tiveram efeito significativo no rendimento de grãos (Quadro 1). Amostras de solo (0-20cm) tiradas antes da semeadura revelaram valores de saturação por bases de 38, 47 e 62%, e as tiradas após a colheita, de 41, 53 e 71%, respectivamente, para as doses de 1.809, 2.730 e 3.958kg/ha de calcário. Portanto, uma saturação por bases ao redor de 40% foi suficiente para a obtenção de alto rendimento de grãos. Este índice está dentro da faixa de 35-50%, a qual corresponde ao intervalo de 5,5 e 6,0 de pH água que, segundo Sousa et al. (1989), é o indicado para o cultivo da soja na maioria dos solos da região dos Cerrados.

Quanto aos teores de zinco extraídos do solo, observa-se que à medida que a dose de zinco aumentou, eles também aumentaram (Quadro 1). O grau de associação (r) entre essas duas variáveis foi elevado: 0,99*, 0,97* e 0,99*, para HCl, Mehlich e DTPA respectivamente. As médias de extração pelo HCl e pelo Mehlich se equivaleram, enquanto a do DTPA foi aproximadamente, 50% menor que ambas. Resultados semelhantes foram encontrados por Ritchey et al. (1986), ou seja, os extratores ácidos, HCl e Mehlich, extraíram mais zinco de um LE argiloso do que o DTPA. Presume-se que, tanto no trabalho de Ritchey et al. (1986) como no presente, a maior capacidade de extração do HCl e do Mehlich seja devida à acidez elevada de suas soluções, 0,1 e 0,0625 mol de H^+ /litro, respectivamente, as quais solubilizaram formas de zinco no solo que o DTPA, por possuir solução alcalina (pH 7,3), não solubilizou. Galrão & Mesquita Filho (1981) também não encontraram efeito da calagem (1 e 2,6t/ha), nos teores de zinco extraídos pelo extrator de Mehlich de um LV argiloso. Da mesma forma, Ritchey et al. (1986) também não verificaram efeito significativo de doses de calcário (7,5, 15,0 e 22,5t/ha), nos teores de zinco extraídos de um LE argiloso, pelos extratores HCl, Mehlich e DTPA, acontecendo o mesmo com Lins (1987), para quem o aumento do pH de 5,2 para 6,2 não afetou os teores de zinco extraídos de quatro solos de cerrado, pelo extrator de Mehlich.

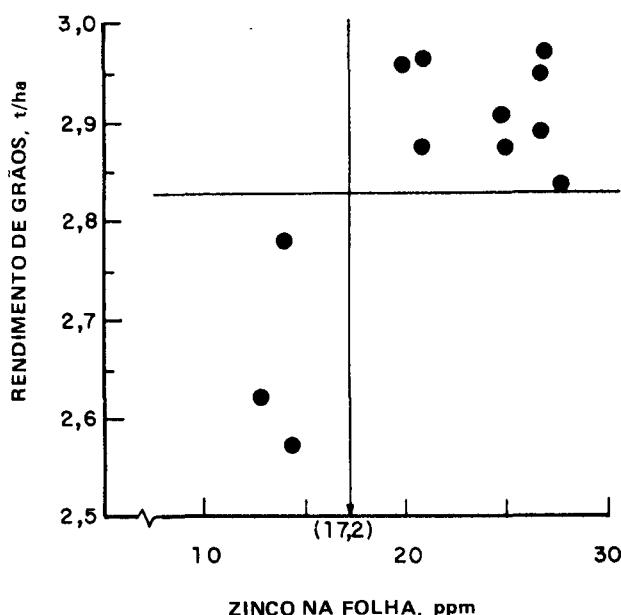


Figura 2. Relação entre os rendimentos de grãos no terceiro cultivo de soja (cv. Cristalina) e os teores de zinco da folha, em latossolo vermelho-ama-relo, argiloso, sob cerrado, em função de doses de zinco aplicadas no primeiro cultivo. Planaltina, CPAC, 1992.

CONCLUSÕES

1. Os níveis de saturação por bases não afetaram o rendimento de grãos, os teores de zinco extraídos do solo e os de zinco da folha.
2. A dose de 1kg/ha de zinco, aplicada no primeiro cultivo da soja, foi suficiente para aumentar o rendimento de grãos, os teores de zinco extraídos do solo e os de zinco da folha do terceiro cultivo.

3. Os níveis críticos de zinco do solo, após o cultivo de soja, foram: 1,2, 0,8 e 0,6 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, quando avaliados, respectivamente, através de extração com HCl 0,1N, Mehlich e DTPA.

4. O nível crítico de zinco na folha, no florescimento, foi de 17,2 ppm.

AGRADECIMENTOS

Aos Pesquisadores do CPAC, Djalma M.G. de Sousa e Thomaz A. Rein, respectivamente, pelas sugestões e pela análise estatística; ao Laboratorista Nirceu W. Linhares, pela análise de solo, e ao Técnico Agrícola Deocleciano S. Lima, pelo auxílio na condução do experimento.

LITERATURA CITADA

- BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Eficiência de extractores de micronutrientes na análise de solo. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 13:205-212, 1989.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento semidetalhado dos solos de áreas do Ministério da Agricultura do Distrito Federal. Rio de Janeiro, Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, 1966. 135p. (Boletim técnico, 8)
- CATE JR., R.B. & NELSON, L.A. A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data. *North Carolina Agric. Exp. Sta.*, 1965. International Soil Testing Series (Tech. Bull., 1)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. 73p.
- FREITAS, L.M.M. de; McCLUNG, A.C. & LOTT, W.L. Experimentos de adubação em dois solos de campo cerrado. São Paulo, Instituto de Pesquisas IBEC Research Institute, 1958. 29p. (Boletim técnico, 21)
- GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção e composição química de arroz, milho e soja em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 8:111-116, 1984.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes e cobalto no rendimento da soja em solo de cerrado. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 15:117-120, 1991.
- GALRÃO, E.Z. & MESQUITA FILHO, M.V. de. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 5:167-170, 1981.
- GUPTA, U.C. A simplified method for determining hot-water-soluble boron in podzol soils. *Soil Sci., Baltimore*, 103:424-427, 1967.
- JACKSON, M.L. Determinaciones de materia orgánica en los suelos. In: JACKSON, M.L., ed. Análisis químico de suelos. Barcelona, Omega, 1964. cap. 9, p.282-310.
- LANTMANN, A.F. & MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extractores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 6:131-135, 1982.
- LINDSAY, W.L. & COX, F.R. Micronutrient soil testing for the tropics. In: VLEK, P.L.G., ed. Micronutrients in tropical food crop production. Dordrecht, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk, 1985. cap. 7, p.169-200.
- LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 42:424-428, 1978.
- LINS, I.D.G. Improvement of soil test interpretations for phosphorus and zinc. Raleigh, North Carolina State University, 1987. 317p. (Tese de Doutorado)
- LOPES, A.S. A survey of the fertility of soils under "cerrado" vegetation in Brazil. Raleigh, North Carolina State University, 1975. 138p. (Tese de Mestrado)
- MURAOKA, T.; NEPTUNE, A.M.L. & NASCIMENTO FILHO, V.F. Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês no solo para o feijoeiro. I. Zinco. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 7:167-175, 1983.
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1981. 142p.
- RIBEIRO, A.C. & TUCUNANGO SARABIA, W.A.T. Avaliação de extractores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. *R. bras. Ci. Solo, Campinas*, 8:85-89, 1984.
- RITCHIE, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 21(3):215-225, 1986.
- SOUSA, D.M.G. de; MIRANDA, L.N. de; LOBATO, E. & CASTRO, L.H.R. de. Métodos para determinar as necessidades de calagem em solos de cerrado. *R. bras. Ci. Solo*, 13:193-198, 1989.
- TRANI, P.E.; HIROCE, R. & BATAGLIA, O.C. Análise foliar: amostragem e interpretação. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 18p.