

SELEÇÃO DE EXTRATORES QUÍMICOS PARA AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE ZINCO EM SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO¹

MANOEL EVARISTO FERREIRA² e MARA CRISTINA PESSOA DA CRUZ³

RESUMO - Estudaram-se métodos para avaliação da disponibilidade de Zn empregando-se amostras da camada arável de solos pertencentes aos grandes grupos: Solos Podzolizados de Lins e Marília, var. Lins e var. Marília, Latossolo Vermelho-Escuro textura média, Latossolo Roxo e Terra Roxa Estruturada. O Zn foi extraído com: CaCl₂ 0,5 M, MgCl₂ 2,0 N, CH₃COONH₄ 1,0 N pH 4,8 e 6,0, HCl 0,05 N e 0,1 N, H₂SO₄ 0,05 N, DTPA 0,005 M pH 7,3 e pH 6,0, Na₂-EDTA 1,0%, EDTA 0,01 M + (NH₄)₂CO₃ 1,0 M pH 8,6 e EDTA 0,02 M + CH₃COOH 0,5 M + CH₃COONH₄ 0,5 M pH 4,65. No ensaio em casa de vegetação foi usado o milho. As soluções de agentes complexantes e as ácidas constituíram-se em extratores eficientes. As salinas apresentaram baixa capacidade de extração e conseqüentemente maior imprecisão. Considerando-se aspectos relacionados à simplicidade de manuseio e precisão, os extratores DTPA 0,005 M pH 7,3 e Na₂-EDTA 1,0% podem ser indicados como mais apropriados (valores de C.V. iguais a 7,52% e 7,98% e de r, com Zn extraído pela planta a 0,873** e 0,868**).

Termos para indexação: fertilidade do solo, análise de solo.

SELECTION OF CHEMICAL EXTRACTORS FOR THE EVALUATION OF AVAILABILITY OF ZINC IN SOILS IN THE STATE OF SÃO PAULO, BRAZIL

ABSTRACT - The purpose of this study was to evaluate methods for predicting availability of Zn in soils. Surface soil samples representing "Podzolized soils from Lins and Marília var. "Marília" and var. "Lins", medium texture Dark-Red Latosol, Dusky-Red Latosol and "Terra Roxa Estruturada", were gathered from fields in Jaboticabal, SP, Brazil. Corn was used as indicator plant in a greenhouse experiment. Availability of Zn was determined with: 0.5 M CaCl₂, 2.0 N MgCl₂, N CH₃COONH₄ (pH 6.0 and 4.8), 0.05 and 0.1 N HCl, 0.05 N H₂SO₄, 0.005 M DTPA (pH 7.3 and 6.0), 1.0% Na₂-EDTA, 0.01 M EDTA + 1.0 M (NH₄)₂CO₃ (pH 8.6) and 0.02 M EDTA + 0.5 M CH₃COOH + 0.5 M CH₃COONH₄. By using the simple correlation coefficients (Zn extracted from soils x absorbed by plants) it can be concluded that the complexant agents and acid solutions showed to be efficient. The salt solutions showed low extraction capacity, low correlation coefficients and less accuracy. By considering aspects as accuracy and easy management DTPA pH 7,3 and Na₂-EDTA can be indicated as the most appropriate (r values, respectively, 0.873** and 0.868** and V.C. 7.52% and 7.98%).

Index terms: soil fertility, soil test.

INTRODUÇÃO

Estudos com micronutrientes devem merecer maior atenção, dadas as conseqüências que a carência desses nutrientes pode ter na produção agrícola do País. Dentre esses estudos, os relativos a métodos de análise de terra para a avaliação de teores disponíveis parecem, numa primeira etapa, ser os que exigem maiores cuidados, pela possibilidade de se poder estimar o potencial dos solos no suprimento desses nutrientes para as plantas.

¹ Aceito para publicação em 30 de julho de 1991
Trabalho apresentado na XVIII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Guarapari, 23 a 28 de outubro de 1988.

² Eng. - Agr., Prof. - Titular, Dep. de Solos e Adubos, Fac. de Ciências Agrárias e Vet. de Jaboticabal, UNESP, Rod. Carlos Tonanni, Km 5, CEP 14870 Jaboticabal, SP. Bolsista do CNPq.

³ Enga.-Agr., Prof.-Assist., Dep. de Solos e Adubos, Fac. de Ciências Agrárias e Vet. de Jaboticabal, UNESP.

Seria interessante dispor de uma solução que servisse, no caso, de extratora para todos ou para a maioria dos micronutrientes, fato que nem mesmo a literatura internacional apresenta, possivelmente pela diversidade de comportamento tanto dos nutrientes como dos solos estudados. De qualquer forma, parece que o momento é o de definir os melhores extratores por nutriente, para depois se chegar a um ou dois que sirvam para todos, e, com isso, ou concomitantemente, partir para a determinação de níveis críticos, os quais servirão como critério para as recomendações de adubação através da análise de terra.

A carência de Zn é, sabidamente, problema, em solos sob vegetação de cerrado, e sintomas de sua deficiência têm aparecido em diversas plantas cultivadas. O problema de deficiência de Zn em culturas brasileiras é de tal magnitude, que permitiu a Sillanpää & Vlek (1985), com base em extensa revisão bibliográfica, colocar o Brasil entre os países de região tropical que possuem as maiores áreas deficientes deste nutriente. Esse fato justifica, possivelmente, o maior volume de trabalhos com Zn que se encontram na literatura nacional, quando se faz um levantamento de estudos com micronutrientes.

Em termos de avaliação da disponibilidade de Zn do solo, algumas tentativas têm sido feitas no Brasil. Lantmann & Meurer (1980), ao empregarem dez solos do Rio Grande do Sul, obtiveram coeficientes de correlação de 0,818**, 0,971**, 0,721** e 0,673** entre Zn absorvido pelo milho e o extraído do solo com HCl 0,1 N, EDTA 0,01 M + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 1 M, HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N e MgCl_2 2 N, respectivamente. Os autores constataram, ainda, que esses valores foram bastante reduzidos quando o cálculo da correlação foi feito a partir dos teores de Zn extraídos das amostras submetidas ou não à calagem (0,565*, 0,664**, 0,594* e 0,314ns, considerando-se a mesma ordem anterior). Em estudo posterior, Lantmann & Meurer (1982), utilizando os mesmos solos na presença de quatro níveis de Zn e na ausência ou presença de calagem, consideraram a solução de Na_2EDTA 0,1 M

pH 6,0 como o melhor extrator, uma vez que para todas as situações, presença ou ausência de Zn ou calagem, obteve-se um coeficiente de correlação altamente significativo ($r = 0,851^{**}$) entre o Zn absorvido e o extraído com esta solução. Os outros extratores estudados, HCl 0,1 N e HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N, também apresentaram coeficientes de correlação significativos (0,789** e 0,791**, respectivamente).

Para o estado de São Paulo, Muraoka et al. (1983) recomendam as soluções de DTPA (solução com pH semelhante ao do solo) e o EDTA + CaCl_2 para extração do Zn, uma vez que as soluções ácidas não foram capazes de distinguir o comportamento do Zn nos solos com e sem calagem (H_2SO_4 0,05 N e HCl 0,1 N), e as soluções salinas (MgCl_2 0,5 M, CoSO_4 0,5 M, CaCl_2 0,5 M, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ 0,5 M, $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 0,5 M e KNO_3) apresentaram uma capacidade de extração de Zn dos solos muito baixa. Considerando-se os solos com e sem calagem, o valor de r obtido para o método do DTPA foi de 0,78** e para o do EDTA foi de 0,81**. Levando-se em conta apenas os tratamentos sem calagem, esses valores foram respectivamente iguais a 0,80** e 0,84**.

Ribeiro & Sarabia (1984), trabalhando com cinco latossolos do Triângulo Mineiro e cinco doses de Zn, obtiveram coeficientes de correlação entre o Zn absorvido pelo milho e o Zn extraído do solo com soluções de Na_2EDTA 0,01 M e HCl 0,05 N + H_2SO_4 0,025 N, respectivamente iguais a 0,743** e 0,403*.

Mais recentemente, Bataglia & Rajj (1989) através da extração de Zn de um grande número de amostras de solos do estado de São Paulo com as soluções de HCl 0,1 N, Mehlich, Na_2EDTA 0,1 M pH 6,0 e DTPA 0,005 M pH 7,3, observaram que os quatro extratores apresentaram um comportamento muito semelhante, com ligeira vantagem para os extratores ácidos. Os coeficientes de correlação obtidos entre as quantidades de zinco absorvidas pelo girassol e as extraídas por DTPA, HCl, Mehlich e EDTA foram iguais a 0,691**, 0,714**, 0,743** e 0,688**, respectivamente.

Com o presente trabalho objetivou-se contribuir para a escolha de métodos para a determinação de Zn disponível dos solos, tomando-se o cuidado de adotar procedimentos mais eficientes e passíveis de serem utilizados na rotina.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas 30 amostras de terra coletadas na camada arável de solos da região de Jaboticabal,

SP. Essas amostras foram secadas à sombra, destorroadas e passadas em peneira de 6 mm. A análise química, feita segundo Raij & Quaggio (1983), e a análise granulométrica, através do método internacional da pipeta, conforme citado em Camargo et al. (1986), estão apresentadas na Tabela 1.

O ensaio biológico foi realizado em casa de vegetação, tendo o milho (*Zea mays*, L.) como planta-teste em vasos de plástico de 2,6 litros de capacidade. Porções de 2,3 litros de terra, em duplicata, foram misturadas, a seco, com CaCO₃ e MgCO₃, am-

TABELA 1. Caracterização química e granulométrica dos solos utilizados.

Amostra nº Solo ¹	P-resina µg/cm ³	M.O. %	pH em CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al	S	T	V %	Separados de solo (%)		
											Argila	Silte	Areia
01 Pml	19	1,06	4,3	0,14	0,88	0,31	3,5	1,33	4,83	27	11,50	1,25	87,25
03 Pml	9	1,34	4,8	0,11	1,72	0,39	2,7	2,22	4,92	45	9,88	1,75	88,37
08 Pml	12	1,06	5,0	0,08	1,95	0,94	2,8	2,97	5,77	51	10,88	0,63	88,49
09 Pml	12	1,34	4,7	0,12	1,83	0,31	2,8	2,26	5,06	45	9,63	1,00	89,37
10 Pml	101	2,78	5,4	0,27	2,97	1,20	2,2	4,44	6,64	67	10,75	1,75	87,50
11 Pml	14	0,94	6,1	0,06	6,33	0,76	1,4	7,15	8,55	84	11,38	3,25	85,37
12 Pml	9	1,49	4,4	0,16	1,60	0,49	5,2	2,25	7,45	30	8,63	3,13	88,24
02 Pln	15	1,74	4,8	0,04	2,00	1,01	3,8	3,05	6,85	44	17,75	0,88	81,37
04 Pln	14	1,49	4,5	0,03	1,35	0,25	3,4	1,63	5,03	32	14,63	1,13	84,24
05 Pln	23	3,26	5,5	0,42	3,85	0,90	2,0	5,17	7,17	72	11,50	2,75	85,75
06 Pln	12	1,34	4,3	0,05	1,17	0,28	3,8	1,50	5,30	28	19,75	1,13	79,12
07 Pln	18	1,34	4,9	0,20	1,60	0,47	2,5	2,27	4,77	47	8,63	1,87	89,50
13 Pln	11	2,05	4,4	0,03	1,10	0,38	3,1	1,51	4,61	33	25,25	0,25	74,50
22 Pln	23	1,20	5,3	0,17	2,28	0,77	1,8	3,22	5,02	64	12,13	2,00	85,87
14 LEa	7	2,65	3,8	0,04	0,22	0,10	6,1	0,36	6,46	6	30,25	1,13	68,62
15 LEa	18	1,49	5,3	0,67	2,33	1,10	2,0	4,10	6,10	67	31,13	1,13	67,74
17 LEa	6	1,62	4,1	0,09	0,70	0,24	3,8	1,03	4,83	21	32,25	1,25	66,50
18 LEa	23	1,20	4,5	0,20	1,40	0,32	3,1	1,87	4,97	38	46,13	2,38	51,49
20 LEa	12	2,93	5,4	0,22	4,60	1,10	2,6	5,92	8,52	69	22,63	2,50	74,87
21 LEa	18	1,20	4,6	0,15	1,40	0,32	3,1	1,87	4,97	38	29,50	3,00	67,50
25 LEa	70	1,74	4,9	0,08	2,35	0,48	3,0	2,91	5,91	49	27,63	3,50	68,87
19 LR	11	3,48	4,2	0,14	1,07	0,41	6,4	1,62	8,02	20	53,88	23,25	22,87
23 LR	11	2,93	4,3	0,14	1,58	0,52	5,8	2,24	8,04	28	41,75	3,00	55,25
24 LR	9	2,78	4,6	0,14	1,93	0,80	5,2	2,87	8,07	36	56,13	7,63	36,24
26 LR	8	2,05	5,1	0,10	1,88	0,80	2,7	2,78	5,48	51	51,00	9,13	39,87
27 LR	43	3,10	4,7	0,13	2,32	0,52	5,2	2,97	8,17	36	58,25	15,63	26,12
28 LR	14	3,80	5,6	0,48	6,15	2,00	3,4	8,63	12,03	72	38,25	20,00	41,75
29 LR	31	2,65	4,5	0,14	1,35	0,36	4,2	1,85	6,05	30	58,63	10,25	31,12
16 TR	18	3,40	4,7	0,20	2,35	1,15	4,2	3,70	7,90	47	48,63	19,88	31,49
30 TR	11	2,78	5,2	0,28	3,45	1,39	3,6	5,12	8,72	59	47,75	12,13	40,12

¹ Pml e Pln, solos podzolizados de Lins e Marília, variação Marília e variação Lins, respectivamente; LEa, Latossolo Vermelho-Escuro, fase arenosa; LR, Latossolo Roxo; e TR, Terra Roxa Estruturada.

bos p.a., na relação Ca:Mg de 4:1, em quantidades necessárias para elevar a saturação em bases do respectivo solo a 70%. Ao mesmo tempo adicionou-se cloreto de potássio p.a. para elevar a saturação dos solos a 4%, e P com base em experiência anterior (Ferreira et al. 1978) e na forma de superfosfato triplo, em quantidades suficientes para atender às necessidades das plantas em cada solo. Cada porção de terra foi umedecida a 60% do seu poder de embebição, menos 100 ml, e transferida para vaso de plástico, quando recebeu 100 ml de solução de micronutrientes, menos Zn, preparada conforme Waugh & Fitts (1966). Após incubação por dez dias, fez-se a lavagem dos solos para eliminação do excesso de sais.

Aguardou-se tempo suficiente para que a umidade dos solos voltasse a cerca de 60% dos respectivos poderes de embebição, e procedeu-se à semeadura de dez sementes de milho por vaso. Cinco dias após a emergência fez-se o desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso. Durante a condução do ensaio foi aplicada, semanalmente, solução contendo micronutrientes (menos Zn) mais N e S, tendo-se usado como fonte desses últimos o sulfato de amônio em quantidade equivalente a 0,07 g de N por aplicação. A manutenção de água foi feita com três a quatro reposições diárias, empregando-se água desionizada. Aos 36 dias da germinação procedeu-se ao corte das plantas rente à superfície do solo de cada vaso. As plantas foram lavadas, secadas em estufa até peso constante, moídas, homogeneizadas e submetidas à digestão nítrico-perclórica em bloco digestor, empregando-se 0,5 g de matéria seca, 7 ml de ácido nítrico e 0,5 ml de ácido perclórico. No extrato resultante, diluído em 20 ml de água desionizada, foi feita a determinação do Zn por espectrofotometria de absorção atômica.

Para a extração do Zn disponível do solo foram utilizados os seguintes métodos:

1. $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,5 M - a. Transferiu-se uma porção de 5 ml de terra para copos de plástico, adicionou-se uma quantidade de 25 ml de solução de cloreto de cálcio, e a suspensão foi agitada por 30 minutos. Após uma noite de repouso para decantação, procedeu-se à determinação de Zn no sobrenadante.

2. $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,5 M - b. Idem 1, com agitação de 60 minutos.

3. $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,5 M - c. Idem 1, com agitação de 16 horas e repouso de seis horas.

4. $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 2,0 N - Foram empregados 5 ml de terra, 25 ml de solução de cloreto de magnésio, 45

min de agitação e uma noite de repouso. Adaptado de Stewart & Berger (1965).

5. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1,0 N pH 4,8 - Utilizaram-se 5 ml de terra e 10 ml de solução de acetato de amônio, 60 min de agitação de filtração em papel de filtro de filtragem lenta. Adaptado de Fiskell (1965).

6. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1,0 N pH 6,0 - a. Foram agitados 5 ml de terra e 25 ml de solução por 60 min, seguindo-se uma noite de repouso para decantação.

7. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1,0 N pH 6,0 - b. Idem 6, empregando-se 10 ml de terra e 20 ml de solução extratora.

8. HCl 0,05 N - a. Marcha analítica adaptada de Ponnampertuma et al. (1981): 10 ml de terra e 10 ml de água desionizada foram transferidos para copos de plástico; adicionou-se uma pérola de vidro pesando cerca de 11 g (2 cm de diâmetro) e agitou-se por 15 min. Adicionaram-se 10 ml de solução de ácido clorídrico 0,1 N, retirou-se a pérola de vidro (bolinha de gude) e a suspensão foi agitada por mais 5 min. Após uma noite em repouso determinou-se o Zn no sobrenadante.

9. HCl 0,05 N - b. Idem 8, com o uso de 5 ml de terra, 20 ml de água desionizada e 5 ml de solução de HCl 0,25 N.

10. HCl 0,05 N - c. Foram agitados 5 ml de terra com 25 ml de solução de HCl 0,05 N por 20 min, seguindo-se uma noite de repouso.

11. HCl 0,1 N. Idem 10, usando-se HCl 0,1 N e agitação de 15 min.

12. H_2SO_4 0,05 N. Foram transferidos 2,5 ml de terra para copos de plástico, adicionaram-se 25 ml da solução de ácido sulfúrico e fez-se a agitação por 30 min e o repouso por uma noite.

13. DTPA pH 7,3 - a. Do procedimento proposto por Lindsay & Norvell (1978), no qual se utiliza solução constituída por ácido dietilenotriaminopentaacético (DTPA) 0,005 M + $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,01 M + trietanolamina (TEA) 0,1 M, com o pH ajustado a 7,3, alterou-se apenas o uso de 10 g por 10 ml de terra. Usou-se relação solo:extrator de 1:2, agitação de 120 min e filtração.

14. DTPA pH 7,3 - b. Idem 13, usando-se 5 ml de terra e 25 ml da solução e decantação.

15. DTPA pH 7,3 - c. Idem 14, com o uso de 60 min de agitação.

16. DTPA pH 6,0. Idem 14, com alteração da solução extratora quanto à concentração da trietanolamina (de 0,1 M para aproximadamente 0,054 M) e ajuste do pH a 6,0.

17. Na_2EDTA 1,0%. Adaptou-se o procedimento de Brown et al. (1971) substituindo-se 2 g por 2 ml

de terra e a filtração por decantação, mantendo-se o tempo de agitação de 120 min e 20 ml de solução de ácido etilenodiaminotetraacético dissódico.

18. EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ - a. Essa solução de Trierweiler & Lindsay (1969) é obtida pela mistura das soluções de ácido etilenodiaminotetraacético 0,01 M e carbonato de amônio 1,0 M com o pH ajustado a 8,6. Foram usados 10 ml de terra, 20 ml da solução, agitação por 30 min e repouso por uma noite.

19. EDTA + $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ - b. Idem 18, usando-se 5 ml de terra e 25 ml do extrator.

20. AAAC-EDTA. Essa solução é composta por ácido acético 0,5 M + acetato de amônio 0,5 M + Na_2EDTA 0,02 M com o pH ajustado a 4,65. A marcha analítica foi adaptada de Sillanpaa (1982), tendo-se usado 2,5 ml de terra, 25 ml de solução extratora, agitação por 60 min e repouso de uma noite para decantação.

Como procedimentos gerais adotados na extração com os diferentes extratores estão o emprego de volume de terra; o uso de frasco de plástico com tampa de rosca, com capacidade para 80 ml, com forma de tronco de cone invertido; emprego de provas em branco; uso de três repetições e agitação em mesa agitadora com movimento circular-horizantal e cerca de 220 rpm. A quantificação do Zn foi feita diretamente no extrato, usando-se espectrofotômetro de absorção atômica e padrões preparados nas respectivas soluções extratoras.

Para a escolha do método, procedeu-se à análise de variância para obtenção dos valores do desvio padrão (s) e do coeficiente de variação (C.V.) de todos os procedimentos analíticos estudados, e calcularam-se os coeficientes de correlação simples (r) entre Zn absorvido pelo milho, e Zn extraído do solo pelos diferentes procedimentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os resultados relativos à quantidade de matéria seca produzida e Zn absorvido pelas plantas. Obteve-se para o parâmetro matéria seca uma amplitude de variação de 11,1 a 29,3 g/vaso, e, para Zn absorvido pela planta, de 108,89 a 444,44 ug/vaso. Em nenhum dos solos estudados verificaram-se sintomas típicos de deficiência de Zn.

A quantidade de Zn extraída dos solos a

partir dos vários extratores em estudo está apresentada nas Tabelas 3, 4 e 5, respectivamente para extratores salinos, ácidos e quelantes. Nessas tabelas estão também apresentados os desvios-padrões e os coeficientes de variação obtidos para cada método.

Com relação às soluções salinas empregadas, tem-se que considerar, comparativamente às ácidas e às quelantes, que sua capacidade de extração é baixa, conforme já verificado por Muraoka et al. (1983). No presente trabalho, com as soluções salinas, muitas vezes, as leituras não atingiram o limite de detecção do espectrofotômetro. De qualquer forma, entre os sete métodos testados, os que melhor se comportaram foram os de CaCl_2 0,5 M. A solução de MgCl_2 2,0 N, apesar de ser considerada, do ponto de vista teórico, uma das mais adequadas para extração de Zn (Stewart & Berger 1965), apresenta-se inviável quando se faz a quantificação por espectrofotometria de absorção atômica, dada a sua concentração demasiadamente alta. Considerando-se as soluções de acetato de amônio, observa-se que aquela com pH = 4,8 apresentou melhores re-

TABELA 2. Matéria seca produzida e zinco absorvido pelo milho no ensaio em casa de vegetação (médias de duas repetições).

Amostra	Matéria	Zn	Amostra	Matéria	Zn
nº	Solo	(g/vaso)	nº	Solo	(g/vaso)
		(µ/vaso)			(µ/vaso)
01	Pml	16,9	14	LEa	20,5
03	Pml	17,5	15	LEa	15,0
08	Pml	17,4	17	LEa	18,2
09	Pml	19,8	18	LEa	11,6
10	Pml	29,3	20	LEa	23,1
11	Pml	15,7	21	LEa	15,7
12	Pml	19,0	25	LEa	17,3
02	Pln	17,8	19	LR	26,2
04	Pln	17,6	23	LR	23,6
05	Pln	25,3	24	LR	11,1
06	Pln	14,7	26	LR	13,6
07	Pln	16,5	27	LR	17,3
13	Pln	15,6	28	LR	27,7
22	Pln	18,6	29	LR	17,6
16	TE	19,5	30	TE	21,2

TABELA 3. Zinco extraído dos solos através dos métodos em que se empregaram soluções salinas para extração (médias de três repetições).

nº	Amostra Solo	CaCl ₂ . 2H ₂ O 0,5 M ¹			MgCl ₂ . 6H ₂ O 2,0 N	CH ₃ COONH ₄ 1,0 N		
		a	b	c		pH 4,8	pH 6,0 ²	
							a	b
		-----			µg/cm ³	-----		
01	Pml	1,26	1,21	0,93	1,28	0,75	0,42	0,31
03	Pml	0,63	0,67	0,57	0,45	0,50	0,15	0,17
08	Pml	0,10	0,08	0,00	0,00	0,17	0,00	0,02
09	Pml	0,75	0,83	1,67	0,68	0,61	0,32	0,22
10	Pml	1,84	1,88	1,28	2,23	2,73	1,03	0,67
11	Pml	0,06	0,05	0,00	0,07	0,54	0,20	0,16
12	Pml	0,74	0,84	0,76	0,90	0,68	0,38	0,31
02	Pln	0,43	0,40	0,28	0,22	0,40	0,12	0,09
04	Pln	0,93	0,99	0,85	0,60	0,72	0,17	0,20
05	Pln	0,48	0,42	0,23	0,17	0,40	0,12	0,09
06	Pln	0,66	0,65	0,59	0,60	0,41	0,12	0,11
07	Pln	0,65	0,87	0,75	0,52	0,51	0,27	0,19
13	Pln	0,25	0,29	0,22	0,20	0,23	0,00	0,03
22	Pln	0,17	0,19	0,08	0,03	0,23	0,05	0,08
14	LEa	0,50	0,58	0,45	0,57	0,26	0,02	0,03
15	LEa	0,00	0,01	0,00	0,00	0,15	0,00	0,01
17	LEa	0,49	0,52	0,54	0,45	0,25	0,02	0,05
18	LEa	0,22	0,19	0,14	0,03	0,10	0,00	0,02
20	LEa	0,26	0,24	0,12	0,00	0,69	0,15	0,14
21	LEa	0,10	0,13	0,03	0,15	0,13	0,07	0,03
25	LEa	0,37	0,30	0,26	0,00	0,20	0,08	0,05
19	LR	0,77	0,87	0,90	0,85	0,53	0,10	0,06
23	LR	0,21	0,20	0,13	0,13	0,36	0,00	0,05
24	LR	0,27	0,22	0,20	0,03	0,25	0,00	0,03
26	LR	0,10	0,12	0,04	0,00	0,13	0,00	0,03
27	LR	0,19	0,20	0,12	0,00	0,15	0,33	0,03
28	LR	0,89	0,92	0,01	1,20	2,13	0,58	0,38
29	LR	0,31	0,33	0,32	0,18	0,22	0,03	0,03
16	TE	0,69	0,69	0,67	1,07	0,83	0,17	0,11
30	TE	0,81	0,85	0,90	1,05	0,98	0,32	0,23
s		0,043	0,031	0,039	0,053	0,058	0,047	0,035
CV(%)		8,65	5,91	9,05	11,63	10,73	27,21	27,05

¹ a = 1:5/30 min/D; b = 1:5/60 min/D; c = 1:5/960 min/D; onde o primeiro termo se refere à relação solo:extrator; o segundo, ao tempo de agitação, e o terceiro, à decantação (D) da suspensão.

² a = 1:5/60 min/D; b = 1:2/60 min/D.

sultados (maior capacidade de extração e menor coeficiente de variação). No caso da solução com pH = 6,0, com qualquer das relações solo:solução extratora estudadas, os

TABELA 4. Zinco extraído dos solos através dos métodos em que se empregam soluções ácidas para extração (médias de três repetições).

Amostra	HCl 0,05 N ¹			HCl 0,1 N	H ₂ SO ₄ 0,05 N
	a	b	c		
	-----µg/cm ³ -----				
01 Pml	2,46	2,57	2,27	2,82	2,63
03 Pml	1,70	1,71	1,62	1,88	2,13
08 Pml	1,65	0,86	0,78	0,93	1,03
09 Pml	1,86	2,31	1,77	2,12	2,10
10 Pml	9,74	11,00	12,30	12,30	12,20
11 Pml	1,26	1,30	1,85	2,31	2,23
12 Pml	1,26	1,43	1,32	2,07	1,83
02 Pln	1,41	1,39	1,57	1,65	1,67
04 Pln	1,66	1,92	1,73	1,87	1,83
05 Pln	1,63	2,08	1,60	1,77	2,03
06 Pln	1,58	1,83	1,58	1,73	2,33
07 Pln	1,30	1,48	1,32	1,48	2,03
13 Pln	0,82	0,91	0,88	1,17	1,27
22 Pln	1,10	1,11	1,12	1,65	1,50
14 LEa	1,00	1,07	1,12	1,25	1,20
15 LEa	1,28	1,33	1,45	1,55	1,90
17 LEa	1,10	1,39	0,97	1,38	1,37
20 LEa	0,76	0,87	0,72	0,83	0,93
18 LEa	2,53	2,87	3,33	3,57	4,13
21 LEa	0,26	0,41	0,48	0,33	0,67
25 LEa	1,44	1,60	1,78	1,83	2,10
19 LR	1,75	2,22	2,38	2,52	2,50
23 LR	0,75	0,89	1,23	5,00	1,70
24 LR	0,94	1,11	1,65	5,80	2,20
26 LR	0,97	1,18	1,20	1,53	1,73
27 LR	0,83	0,91	1,82	2,53	2,43
28 LR	3,27	5,28	11,18	13,33	13,77
29 LR	1,12	1,25	1,57	1,87	2,00
16 TE	2,51	3,36	4,07	4,92	4,67
30 TE	3,26	4,32	5,22	6,33	6,13
s	0,380	0,200	0,147	0,415	0,234
C.V.(%)	21,43	9,66	6,12	13,79	9,87

¹ a = 1:2/20 min/m/D; b = 1:5/20 min/m/D; c = 1:5/20 min/nm/D; onde o primeiro termo se refere à relação solo:extrator; o segundo ao tempo de agitação; o terceiro, à moagem (m) e não-moagem (nm) da amostra, e o quarto, à decantação da suspensão.

coeficientes de variação obtidos foram os mais elevados dentre todos os métodos em estudo, o que implica baixa precisão.

Para os extratores ácidos, verifica-se uma capacidade de extração de Zn elevada, fazendo-se ressalvas apenas ao procedimento a do extrator HCl 0,05 N (quando se promoveu a trituração da amostra na relação solo:solução extratora de 1:2), uma vez que o coeficiente de variação obtido foi alto.

Com respeito aos extratores quelantes, verificou-se, para todos os extratores e técnicas testados, boa capacidade de extração do nutriente do solo e, na maioria dos casos, baixos coeficientes de variação.

Foram calculados também os coeficientes de correlação entre os métodos (Tabela 6). Houve significância em todos os casos, o que implica similaridade de comportamento entre os métodos. Essa similaridade foi mais acentuada para grupos de extratores, ou seja, dentro das soluções salinas, das ácidas e das quelantes, naturalmente em função de obedecerem ao mesmo princípio de extração.

Para a seleção do método mais adequado, fez-se a correlação simples entre o Zn extraído do solo e o Zn absorvido pelas plantas, obtendo-se os valores de coeficientes de correlação (r) e dos coeficientes linear (a) e angular (b) da regressão para cada caso (Tabela 7). Os valores de r foram todos elevados, variando de 0,710** (CaCl₂ 0,5 M b) a 0,882** (CH₃COONH₄ 1,0 N pH 4,8). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de r (teste t), e, com base apenas neste aspecto, qualquer extrator poderia ser usado indiferentemente.

Contudo, ressalvas quanto à capacidade de extração já foram feitas às soluções salinas estudadas, o que, sem dúvida, permite desaconselhar o seu emprego. Restaria então fazer a escolha entre extratores ácidos e os complexantes. Nos procedimentos a e b do extrator HCl 0,05 N, a trituração da amostra para posterior extração, como efetuada, não propiciou maior eficiência, e, entre os demais (HCl 0,05 N, com 20 minutos de agitação, HCl 0,1 N ou H₂SO₄ 0,05 N), qualquer um poderia

TABELA 5. Zinco extraído dos solos através dos métodos em que se empregaram soluções de agentes quelantes para extração (médias de três repetições).

n ^o	Solo	DTPA pH 7,3 ¹			DTPA pH 6,0	Na ₂ EDTA 1,0%	EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃ pH 8,6 ²		AAAc-EDTA ³ pH 4,65	
		a	b	c			a	b		
		-----μg/cm ³ -----								
01	Pml	1,85	2,27	1,82	1,60	2,40	2,79	2,77	2,43	
03	Pml	1,17	1,28	1,18	1,18	1,63	2,12	2,00	1,53	
08	Pml	0,49	0,55	0,58	0,60	0,67	0,94	0,93	0,77	
09	Pml	1,20	1,42	1,40	1,27	2,13	2,19	2,30	1,57	
10	Pml	7,20	8,58	7,42	7,62	13,27	10,63	14,48	11,87	
11	Pml	1,40	1,48	1,57	1,55	2,23	2,21	2,52	1,97	
12	Pml	1,03	1,30	1,33	1,15	1,43	1,73	1,88	1,47	
02	Pin	1,05	1,00	1,20	1,13	1,23	1,76	1,67	1,23	
04	Pin	1,26	1,18	1,05	1,10	1,47	1,90	1,93	1,63	
05	Pin	1,11	1,20	1,23	1,32	1,73	1,77	2,00	1,97	
06	Pin	1,31	1,02	0,87	0,95	1,27	2,05	2,13	1,53	
07	Pin	1,21	1,05	1,05	1,08	1,27	1,97	1,77	1,33	
13	Pin	0,50	0,62	0,57	0,60	0,70	1,09	1,05	0,73	
22	Pin	0,82	0,93	0,85	0,92	0,87	1,38	1,45	1,17	
14	LEa	0,71	0,82	0,83	0,68	0,87	1,24	1,20	0,90	
15	LEa	1,05	1,02	1,20	1,12	1,40	1,49	1,57	1,57	
17	LEa	0,78	0,82	0,85	0,82	1,07	1,14	1,43	1,67	
18	LEa	0,43	0,42	0,48	0,50	0,40	0,84	0,87	0,63	
20	LEa	3,09	2,38	2,15	2,48	3,20	3,82	3,65	2,60	
21	LEa	0,33	0,40	0,33	0,50	0,33	0,40	0,53	0,73	
25	LEa	1,31	1,43	1,27	1,12	1,33	1,88	2,03	1,53	
19	LR	1,25	1,40	1,45	1,23	1,53	2,63	2,63	1,90	
23	LR	0,71	0,95	0,90	0,78	1,23	1,74	1,75	1,17	
24	LR	1,08	1,12	1,03	1,00	1,47	2,03	2,13	1,57	
26	LR	0,71	0,83	0,97	0,78	1,10	1,41	1,40	1,17	
27	LR	0,92	1,08	1,08	1,00	1,80	2,45	2,58	1,87	
28	LR	6,60	7,97	7,37	7,38	12,87	11,13	11,73	14,00	
29	LR	0,72	0,88	1,00	0,88	1,47	1,87	2,32	1,87	
16	TE	2,35	2,73	2,40	2,32	3,37	4,69	4,85	3,50	
30	TE	4,22	3,83	3,92	4,07	5,13	6,09	6,27	5,67	
s		0,214	0,230	0,124	0,136	0,189	0,232	0,323	0,214	
C.V.(%)		13,42	13,25	7,52	8,34	7,98	8,77	11,30	8,73	

¹ a = 1:2/120 min/F; b = 1:5/120 min/D; c = 1:5/60 min/D; onde o primeiro termo se refere à relação solo:extrator; o segundo, ao tempo de agitação, e o terceiro, à filtração (F) ou decantação (D) da suspensão.

² a = 1:2/30 min/D; b = 1:5/30 min/D.

³ Solução constituída pela mistura de CH₃COOH 0,5 M + CH₃COONH₄ 0,5 M + Na₂EDTA 0,02 M.

TABELA 6. Coeficientes de correlação entre os métodos utilizados para avaliar a disponibilidade de zinco em solos de estado de São Paulo¹.

	CaCl ₂ 0,5 M			MgCl ₂ 2 N			CH ₃ COONH ₄ 1,0 N			HCl 0,05 N			HCl 0,1 N			H ₂ SO ₄ 0,05 N			DTPA pH 7,3			DTPA pH 6,0			Na ₂ EDTA 1%			EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃			AAAc-EDTA						
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c							
CaCl ₂ a	-	0,991	0,942	0,945	0,802	0,818	0,865	0,784	0,798	0,677	0,582	0,628	0,680	0,698	0,670	0,658	0,659	0,666	0,666	0,696	0,625	0,666	0,696	0,666	0,666	0,696	0,666	0,696	0,666	0,696	0,666	0,696	0,666	0,696	0,666	0,696	
CaCl ₂ b	-	-	0,961	0,788	0,811	0,858	0,755	0,772	0,653	0,552	0,606	0,655	0,673	0,647	0,635	0,636	0,644	0,644	0,672	0,604	0,644	0,672	0,604	0,644	0,672	0,604	0,644	0,672	0,604	0,644	0,672	0,604	0,644	0,672	0,604		
CaCl ₂ c	-	-	-	0,744	0,728	0,779	0,640	0,693	0,635	0,560	0,614	0,643	0,653	0,641	0,624	0,616	0,624	0,652	0,645	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	0,652	0,614	
MgCl ₂	-	-	-	0,851	0,834	0,863	0,801	0,833	0,754	0,666	0,713	0,746	0,773	0,753	0,738	0,735	0,735	0,748	0,772	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	0,748	0,712	
CH ₃ CO ₂ 4,8	-	-	-	-	0,903	0,921	0,895	0,944	0,961	0,893	0,939	0,952	0,968	0,958	0,957	0,960	0,960	0,947	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	0,963	0,933	
CH ₃ CO ₂ 6 a	-	-	-	-	-	0,951	0,850	0,869	0,834	0,736	0,801	0,830	0,854	0,838	0,833	0,844	0,821	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	0,799	0,856	
CH ₃ CO ₂ 6 b	-	-	-	-	-	-	0,853	0,866	0,805	0,718	0,771	0,821	0,837	0,818	0,816	0,817	0,789	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	0,770	0,823	
HCl a	-	-	-	-	-	-	-	0,981	0,865	0,749	0,798	0,861	0,864	0,841	0,848	0,844	0,822	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780	0,889	0,780
HCl b	-	-	-	-	-	-	-	-	0,930	0,830	0,881	0,927	0,929	0,913	0,918	0,912	0,900	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865	0,947	0,865
HCl c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,944	0,991	0,982	0,995	0,993	0,992	0,994	0,990	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983	0,996	0,983
HCl 0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,952	0,923	0,942	0,941	0,936	0,944	0,951	0,941	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943	0,951	0,943
H ₂ SO ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,978	0,988	0,991	0,990	0,991	0,994	0,983	0,993	0,993	0,993	0,994	0,983	0,993	0,993	0,994	0,983	0,993	0,993	0,994	0,983	0,993	0,993	0,994	0,983	0,993	0,993
DTPA a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,986	0,986	0,992	0,975	0,985	0,978	0,983	0,983	0,983	0,985	0,978	0,983	0,983	0,985	0,978	0,983	0,983	0,985	0,978	0,983	0,983	0,985	0,978	0,983	0,983
DTPA b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,996	0,994	0,994	0,994	0,994	0,993	0,993	0,993	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994
DTPA c	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997
DTPA 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na ₂ EDTA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EDTA ₁ a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EDTA ₁ b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AAAc ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ Todos os valores de r significativos ao nível de 1%.

TABELA 7. Valores de coeficientes de correlação simples (r), linear (a) e angular (b) obtidos entre zinco absorvido (y) e zinco extraído do solo (x) através dos extratores estudados, e coeficiente de determinação (R²).

Extrator	Zinco absorvido				
	r	a	b	R ² (%)	
CaCl ₂ . 2H ₂ O 0,5 M ¹	a	0,720**	120,282	138,126	52
	b	0,710**	121,817	129,934	50
	c	0,720**	124,417	150,858	52
MgCl ₂ . 6H ₂ O 2,0 N ²		0,745**	140,545	108,590	56
CH ₃ COONH ₄ 1,0 N pH 4,8 ³		0,882**	125,982	118,239	78
CH ₃ COONH ₄ 1,0 N pH 6,0 ⁴	a	0,737**	145,456	255,938	54
	b	0,744**	137,583	400,052	55
HCl 0,05 N ⁵	a	0,727**	130,762	33,399	53
	b	0,806**	126,089	30,940	65
	c	0,868**	131,625	24,359	75
HCl 0,1 N ⁶		0,791**	129,876	19,967	63
H ₂ SO ₄ 0,05 N ⁷		0,864**	125,973	22,269	75
DTPA pH 7,3 ⁸	a	0,862**	126,140	40,023	74
	b	0,869**	129,974	34,651	76
	c	0,873**	125,463	39,226	76
DTPA pH 6,0 ⁹		0,868**	128,191	38,046	75
Na ₂ EDTA 1,0% ¹⁰		0,868**	138,816	21,662	75
EDTA + (NH ₄) ₂ CO ₃ pH 8,6 ¹¹	a	0,866**	120,090	26,417	75
	b	0,849**	128,758	21,405	72
AAAc-EDTA pH 4,65 ¹²		0,867**	136,157	21,958	75

¹ a = 1:5/30 min/nm/D; b = 1:5/60 min/nm/D; c = 1:5/960 min/nm/D; ² 1:5/45 min/nm/D; ³ 1:2/60 min/nm/D; ⁴ a = 1:5/60 min/nm/D; b = 1:2/60 min/nm/D; ⁵ a = 1:2/20 min/m/D; b = 1:5/20 min/m/D; c = 1:5/20 min/nm/D; ⁶ 1:5/15 min/nm/D; ⁷ 1:10/30 min/nm/D; ⁸ a = 1:2/120 min/nm/F; b = 1:5/120 min/nm/D; c = 1:5/60 min/nm/D; ⁹ 1:5/120 min/nm/D; ¹⁰ 1:10/120 min/nm/D; ¹¹ a = 1:2/30 min/nm/D; b = 1:5/30 min/nm/D; ¹² 1:10/60 min/nm/D; onde o primeiro termo se refere à relação solo:extrator; o segundo, ao tempo de agitação; o terceiro, à moagem (m) ou não-moagem e, o quarto, à decantação (D) ou filtração (F).

** Significativo a 1% de probabilidade.

ser usado. Contudo, quando no laboratório se recebem amostras de solos que tenham sido corrigidos recentemente, o seu emprego parece não ser indicado.

Dos agentes quelantes testados, apesar dos bons resultados apresentados, dois mostraram-se menos indicados. Os extratores EDTA + (NH₄)₂CO₃ pH 8,6 e CH₃COONH₄ + CH₃COOH + EDTA (AAAc-EDTA) são de manuseio difícil, dada a instabilidade das soluções. Entre as duas restantes, que, de todas,

parecem ser as mais indicadas, qualquer uma poderia ser recomendada, lembrando-se apenas que, no caso do método do DTPA, a filtração pode ser substituída por decantação, sem qualquer prejuízo. Muraoka et al. (1983) também recomendam esses dois extratores, e resultados semelhantes já haviam sido obtidos por Lantmann & Meurer (1982) e Ribeiro & Sarabia (1984) ao usarem o Na₂EDTA 0,1 M, reforçando, assim o bom desempenho desses métodos para avaliação da disponibilidade do

Zn do solo. Bataglia & Raij (1989) não encontraram diferenças significativas entre HCl 0,1 N e DTPA pH 7,3.

CONCLUSÕES

1. Os métodos que empregam soluções ácidas ou complexantes são passíveis de uso na rotina para avaliação da disponibilidade de Zn, merecendo maior concentração de trabalhos de pesquisa na busca de níveis críticos para diagnósticos e orientação de recomendações de adubação com esse nutriente.

2. Em geral, os métodos que empregam soluções salinas apresentaram baixa capacidade de extração, o que implica maior imprecisão e coeficientes de correlação mais baixos.

3. Considerando-se aspectos relacionados à simplicidade de manuseio e precisão, os métodos que empregam as soluções DTPA 0,005 M pH 7,3 e Na₂EDTA 1% podem ser indicados como mais apropriados na avaliação da disponibilidade do Zn.

REFERÊNCIAS

- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.13, p.205-212, 1989.
- BROWN, A.L.; QUICK, J.; EDDINGS, J.L. A comparison of analytical methods for soil zinc. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.35, p.105-107, 1971.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1986. 94p. (Boletim técnico, 106).
- FERREIRA, M.E.; MELLO, F.A.F.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Sugestão para cálculo das necessidades de adubação fosfatada para cultivos em vaso e de estabelecimento de níveis a serem estudados em ensaios de campo. **Científica**, Jaboticabal, v.6, n.3, p.387-394, 1978.
- FISKELL, J.G.A. Copper. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARCK, F.E., (Eds.). **Methods of soil analysis**. Part 2: **Chemical and microbiological properties**. Madison: Amer. Soc. Agron., 1965. p.1078-1089. (Agronomy, 9).
- LANTMANN, A.F.; MEURER, E.J. Avaliação da disponibilidade de zinco no solo através de soluções extratoras. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.16, p.323-330, 1980.
- LANTMANN, A.F.; MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extratores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.6, p.131-135, 1982.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p.421-428, 1978.
- MURAOKA, T.; NEPTUNE, A.M.L.; NASCIMENTO FILHO, V.F. Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. I. Zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, p.167-175, 1983.
- PONNAMPERUMA, F.N.; CAYTON, M.T.; LANTIN, R.S. Dilute hydrochloric acid as an extractant for available zinc, copper and boron in rice soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.61, p.297-310, 1981.
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 39p. (Boletim técnico, 81).
- RIBEIRO, A.C.; SARABIA, W.A.C. Avaliação de extratores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.85-89, 1984.
- SILLANPAA, M. **Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study**. Roma: FAO, 1982. 444p. (FAO Soils Bulletin, 48).
- SILLANPAA, M.; VLEK, P.L.G. Micronutrients and the agroecology of tropical and Mediterranean regions. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v.7, p.151-167, 1985.

- STEWART, J.A.; BERGER, K.C. Estimation of available soil zinc using magnesium chloride as extractant. **Soil Science**, Baltimore, v.100, p.244-250, 1965.
- TRIERWEILER, J.F.; LINDSAY, W.L. EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.33, p.49-54, 1969.
- WAUGH, D.C.; FITTS, J.W. **Estudos para interpretação de análise de solo, de laboratório e em vasos**. Raleigh: International Soil Testing, 1966. 33p. (Boletim técnico, 3).