

Extratores para a quantificação de Fe em solos cultivados com soja

Maria Anita Gonçalves da Silva*¹, Antonio Saraiva Muniz¹, Antonio Carlos Saraiva da Costa¹ e Antonio Cristiano Vieira Cegana²

¹Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020900, Maringá, Paraná, Brasil.
²Engenheiro Agrônomo, Rua Itamar Orlando Soares 115 apto 31, 77020-270, Maringá, Paraná, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: magsilva@uem.br

RESUMO. As metodologias de análises de micronutrientes têm sido estudadas visando uma melhor expressão dos seus teores nos solos e uma maior adequação às análises de rotina dos laboratórios. A eficiência dos extratores na extração do ferro foi avaliada por meio da utilização de extratores ácidos (Mehlich 1), na relação de 1:5 e 1:10, de um agente complexante (DTPA pH 7,3) e da combinação de ácido e complexante por meio do extrator Mehlich 3, na relação 1:10; as metodologias de determinação constituíram-se de agitação, com filtragem imediata, filtragem após 16 horas de decantação e pipetagem após decantação de 16 horas. As análises incluíram 18 solos representativos do Paraná, coletados a uma profundidade de 0-20cm. Os resultados foram avaliados mediante a correlação entre a concentração dos micronutrientes no solo e a concentração na soja coletada após 45 dias de crescimento. Foi observado que houve equivalência na extração do Fe dos solos entre o Mehlich 3, com filtragem imediata, o Mehlich 1, com filtragem após decantação e o DTPA; houve semelhança na extração do Fe quando foi efetuada filtragem do extrato ou quando a solução foi pipetada, após decantação de 16 horas; os teores mais altos do nutriente ocorreram nos solos Argissolo, Vertissolo e Gleysolo e foram obtidos com o Mehlich 3, submetidos à decantação. Os Latossolos e Nitossolos, independente da do extrator e da metodologia analítica, apresentaram os teores mais baixos do ferro.

Palavras-chave: extratores de ferro, metodologias de análise, solos paranaenses.

ABSTRACT. Extractors for iron quantification in soil cultivated with soybean. The methodologies of micronutrient analyses have been studied seeking a better expression of its texts in the soils and a larger adaptation to the analyses of routine of the laboratories. The efficiency of the extractors in the determination of the iron was evaluated through the use of acid extractors (Mehlich 1), in the relationship of 1:5 and 1:10, of an agent complexante (DTPA pH 7,3) and of combined (Mehlich 3), in the relationship 1:10; the determination methodology consisted of agitation with immediate filtrate, filtrate after 16 hours of decanted and pipetate after decantação of 16 hours. The analyses included 18 representative soils of Paraná, collected to a depth of 0-20cm. The results they were appraised through the relationship among the concentration of the micronutrientes in the soil and concentration in the soy collected after 45 days of growth. There was equivalence in the extraction of the Fe of the soils for Mehlich 3, with immediate filtrate, Mehlich 1, with filtrate after decantação and DTPA; difference was not verified in the extraction of the Fe, when filtrate of the extract was made or when the solution was pipetate, after decantação of 16 hours; the highest texts of the nutrient happened in the soils Argissolo, Vertissolo and Gleysolo and they were obtained with Mehlich 3, submitted to the decanted. Latossolos and Nitossolos, independent of the one of the extractor and of the analytic methodology, they presented the texts more bass of the iron.

Key words: extractors of iron, analysis methodologies, paranaenses soils

Introdução

A produtividade agrícola pode ser limitada pela deficiência de micronutrientes, que ocorre em função da baixa fertilidade de alguns solos, da maior remoção pelas colheitas e do uso crescente de calcário e adubos fosfatados que contribuem para a insolubilização dos micronutrientes no solo.

O conhecimento da disponibilidade dos micronutrientes no solo é de fundamental importância para uma recomendação adequada de fertilizantes. Neste sentido Lopes e Abreu (2000) fazem uma descrição de extratores e metodologias de análise para micronutrientes, ao longo do tempo, empregando como critério básico os valores dos coeficientes de correlação obtidos entre os teores dos nutrientes no

solo e a quantidade acumulada na planta. Segundo os autores as pesquisas no Brasil visando à seleção de extratores para avaliar a disponibilidade de Fe às plantas incipientes, impedindo uma avaliação mais conclusiva.

Rodrigues *et al.* (2001) utilizaram as soluções extratoras Mehlich 1, Mehlich 3 e DTPA para avaliar a disponibilidade de Fe e Mn em solos da Amazônia, utilizando arroz como planta teste e atribuíram ao Mehlich 1 e ao Mehlich 3 as melhores correlações, as quais corresponderam aos solos Podzol Aluvial e Podzólico Vermelho Amarelo. O Mehlich 3 ($r=0,61$) e o DTPA ($r=0,58$) foram equivalentes na extração de Fe, em todos os solos analisados.

De acordo com Camargo *et al.* (2001), somente a determinação do teor dos nutrientes por meio de extratores é de pouca importância, havendo a necessidade de encontrar correlações entre os teores no solo e na planta. Os maiores coeficientes de correlação definem os melhores extratores e metodologias de extração. A partir da definição dos extratores e das metodologias de análise, faz-se necessário estudos de calibração, para o conhecimento dos níveis críticos.

Alloway (1995) relata que a retenção dos micronutrientes no solo pode ser afetada por parâmetros como pH, força iônica, CTC, competição entre íons, natureza e quantidade de minerais de argila, óxidos de ferro e alumínio e matéria orgânica.

Sposito (1989) propôs duas categorias de complexos, baseado nos conceitos da química de coordenação que seriam os complexos de esfera externa e esfera interna. Quando as moléculas de solvatação de um cátion na solução do solo se orientam e estabelecem interações de ordem eletrostática com os grupamentos funcionais da matéria orgânica, é formado um complexo de esfera externa. Essa é a natureza da adsorção não-específica de metais alcalinos terrosos como o Ca, que obedecem relações com troca iônica.

Quando as moléculas de água que soltavam um cátion são trocadas pelos grupamentos funcionais e o cátion passa a se coordenar diretamente aos grupamentos funcionais por meio de ligações covalentes, é formado um complexo chamado esfera interna. Esse mecanismo é a bases da adsorção específica de metais em transição como Zn, Cu, Mn Fé e Co e de sua lenta liberação por meio da oxidação da matéria orgânica.

O Fe também tem sua disponibilidade reduzida

pela elevação do pH; além disso a deficiência pode ocorrer devido ao desequilíbrio entre ferro e manganês, o que diminui a absorção do ferro, em função do antagonismo pelo excesso de Mn, numa condição de solo argiloso e de alto potencial redox. A correção da acidez, segundo Borkert *et al.* (2001), tende a aliviar o efeito antagônico desses metais. O Fe tem também alta afinidade com o fósforo e dessa forma a precipitação como fosfato de ferro pode facilmente ocorrer em condições favoráveis de oxidação e alto pH. O método de extração, portanto, deve ser sensível ao decréscimo que ocorre na disponibilidade desse nutriente com a calagem.

O objetivo do trabalho foi contribuir para a definição de extratores e de metodologias de análise de Fe visando atender a demanda das análises e obter uma padronização de metodologias entre os laboratórios do Estado do Paraná.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, pertencente ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá, PR, no período compreendido entre agosto de 2000 e fevereiro de 2001.

Foram utilizados 18 solos (Tabela 1), coletados em locais distintos do Estado do Paraná, com diferentes características químicas, físicas e mineralógicas.

O pH (CaCl_2) variou de 4,9 a 6,4; a matéria orgânica estava entre 11 e 40,5 g dm^{-3} ; a CTC variou entre 4,6 a 28,2 cmolc dm^{-3} e a saturação de bases estava entre 63 a 79%. O teor de argila variou de 140 g kg^{-1} (Argissolo Vermelho distrófico) até 860 g kg^{-1} (Vertissolo Hidromórfico).

A calagem visando à elevação da saturação de bases a 70% foi feita de acordo com os resultados da análise química do solo.

A soja foi semeada em vasos, anteriormente cultivados com milho, o qual recebeu adubação com NPK e N em cobertura. A soja inoculada desenvolveu-se durante 45 dias em vasos de 4 L quando foi colhida, lavada, seca a 65°C, para a análise e determinação dos teores de Fe. Nos mesmos vasos anteriormente, foi cultivado o milho, que recebeu adubação com NPK na semeadura e N em cobertura.

A eficiência da metodologia de extração foi avaliada pelos coeficientes de correlações encontrados entre os teores de ferro extraídos do solo e os teores nas plantas de soja, após a colheita.

Tabela 1. Classificação, localização e características químicas, físicas e mineralógica dos solos, coletados na camada de 0 a 20 cm.

Tipo de solo	Localização	pH CaCl_2	MO g dm^{-3}	CTC cmolc dm^{-3}	V %	Argila g kg^{-1}	Fe_2O_3 %	SM
1. Nitossolo Vermelho eutroférico ^(**)	Ibiporã	5,9	36,5	26,9	77	580	14,3	3062,1
2. Nitossolo Vermelho distrófico	Iguatemi	5,5	27,0	13,5	66	390	9,5	2216,5
3. Nitossolo Vermelho eutroférico	Maringá	5,3	32,4	15,8	76	580	13,9	5674,4
4. Chernossolo Argilúvico	Ibiporã	5,7	40,5	35,2	88	500	13,2	5739,3
5. Chernossolo Argilúvico	Maringá	6,2	35,1	18,9	80	480	16,4	5812,1
6. Argissolo Vermelho distrófico	Iguatemi	5,9	11,1	4,6	40	140	1,0	72,1
7. Argissolo Vermelho distrófico ^(*)	Iguatemi	5,3	12,4	6,0	52	140	0,6	40,3

8. Gleysolo háplico	Maringá	5,7	39,1	26,5	64	430	8,5	1109,6
9. Vertissolo hidromórfico	Maringá	5,6	35,6	28,2	86	520	6,2	443,3
10. Latossolo Vermelho distrófico ^(*)	Iguatemi	5,8	30,3	8,2	74	430	9,2	2102,6
11. Latossolo Vermelho distrófico ^(*)	Maringá	5,2	15,9	11,4	83	470	10,5	2819,8
12. Latossolo Vermelho distrófico ^(*)	Mauá da Serra	5,9	30,7	15,8	78	450	6,8	1420,3
13. Latossolo Vermelho distrófico ^(*)	Ponta Grossa	5,4	40,0	13,2	52	580	7,2	1669,3
14. Latossolo Vermelho distrófico ^(*)	Maringá	5,5	18,6	8,5	64	470	9,2	1612,7
15. Latossolo Vermelho eutroférico	Ibiporã	5,0	31,0	16,5	69	650	13,5	5960,2
16. Latossolo Vermelho distroférico ^(*)	C. Mourão	5,9	40,2	11,5	78	650	13,8	7557,8
17. Latossolo Vermelho distroférico	Maringá	5,4	24,1	10,9	74	660	16,6	7806,4
18. Latossolo Vermelho distroférico ^(*)	Maringá	5,4	24,7	9,1	70	610	13,3	5312,2

^(*) Solos com acidez corrigida; pH, MO, teor de argila foram determinados segundo Embrapa, (1997); Susceptibilidade Magnética - SM (Bartington MS2 - Dearing, 1994); F₀ - DCB (Mehra e Jackson, 1960); Solos classificados segundo Embrapa (1999)

A digestão nitroperclórica da planta foi feita de acordo com metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1997). As leituras do ferro foram feitas por espectroscopia de absorção atômica.

Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso, com 18 solos (tratamentos) e 4 repetições. Foram analisadas as metodologias de extração em 72 parcelas. O programa estatístico usado para a análise dos dados foi o SAS.

O ferro foi determinado pelas seguintes metodologias de extração:

1. Mehlich 1 (1:10 - 5cm³ de solo e 50mL de extrator; com 5 minutos de agitação a 180 rpm e filtragem imediata (Mehlich, 1978);

2. Mehlich 1 (1:10)*- 5cm³ de solo e 50mL de extrator; com 10 minutos de agitação a 220 rpm e filtragem após decantação por 16 horas;

3. Mehlich 1 (1:5) - 10cm³ de solo e 50mL de extrator, com 5 minutos de agitação a 180 rpm e filtragem imediata (Nelson *et al.* 1953);

4. Mehlich 1 (1:5) - 10cm³ de solo e 50mL de extrator, com 10 minutos de agitação a 220 rpm e filtragem após decantação por 16 horas;

5. Mehlich 3 (1:10) - 5cm³ de solo e 50mL do extrator, com 5 minutos de agitação a 220 rpm e filtragem imediata (Mehlich, 1984);

6. Mehlich 3 (1:10) - 5cm³ de solo e 50mL do extrator, com 10 minutos de agitação a 220 rpm e filtragem após decantação de 16 horas;

7. DTPA TEA pH 7,3 (1:2) - 20cm³ de solo e 40mL da solução extratora, com agitação por 2hs a 220 rpm e filtragem imediata (Lindsay e Norvell, 1978).

(*)-Metodologia usada pelos laboratórios de análise de solo do Estado do Paraná.

Resultados e discussão

Ao se analisar os solos conjuntamente, foram encontrados baixos coeficientes de correlação, devido a variação dos teores de Fe nos diferentes solos analisados. Foi observada maior eficiência do Mehlich 3, com filtragem imediata (r=0,39, Figura 1), seguida do Mehlich 1, com filtragem após decantação (r=0,33, Figura 2) e do DTPA (r=0,33, Figura 2). Os resultados concordam com Abreu *et al.* (1997), que atribuem melhor extração de Fe pelo DTPA, assim como Rodrigues *et al.* (2001) e Nascimento *et al.* (2000), os quais encontraram em seis latossolos de MG, maior correlação com o Fe extraído com o uso do Mehlich 3

e do DTPA, ambos com filtragem imediata. Foram menos eficientes na extração do Fe, o Mehlich 1, com filtragem imediata (r=0,27) e o Mehlich 3, com filtragem após decantação (r=0,26), semelhante ao referido por Nascimento, para o Mehlich 1, com filtragem imediata. Porém Bataglia e Rajj (1989) não encontraram correlação significativa para o Fe com o uso de extratores ácidos (Mehlich 1, 1:4) e complexante (DTPA) na cultura do girassol e do sorgo.

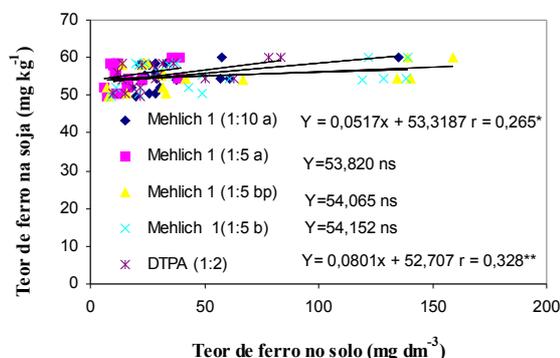


Figura 1. Correlações entre teores de ferro na soja e ferro no solo, extraídos pelo Mehlich 1 (1:10 a), com filtragem imediata, Mehlich 1 (1:5 a), com filtragem imediata, Mehlich 1 (1:5 bp), com pipetagem após decantação, Mehlich 1 (1:5 b), com filtragem após decantação e DTPA (1:2) com filtragem imediata.

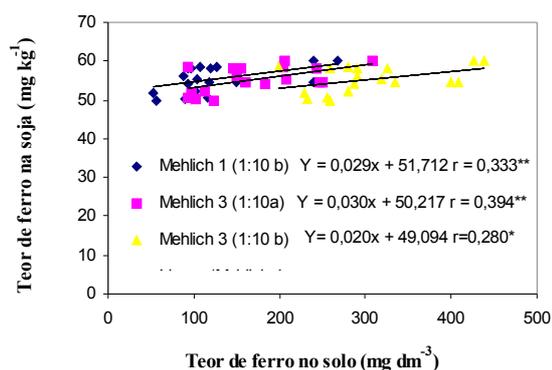


Figura 2. Correlações entre teores de ferro na soja e ferro no solo, extraídos pelo Mehlich 1(1:10 b) com filtragem após decantação, Mehlich 3 (1:10 a), com filtragem imediata e Mehlich 3 (1:10 b), com filtragem após decantação.

Quando os solos foram separados pelo teor de argila, foi observado que nos solos com menos de 470 g kg⁻¹, o Mehlich 3, nas duas metodologias e o DTPA

foram mais eficientes para representar o Fe do solo, enquanto nos solos mais argilosos só houve correlação com o Mehlich 1, com filtragem após decantação de 16 horas (Tabela 2). A superioridade do Mehlich 3 foi comprovada por Wendt (1995) e Alba (1982) para Fe, em estudo comparativo entre diversas soluções extratoras em 340 amostras de solos do Estado da Flórida, cultivados com citros.

Os maiores teores de ferro foram encontrados nos solos onde o nutriente encontrava-se principalmente em forma reduzida (Fe^{2+}), como nos solos Argissolo (PVd), Vertissolo (VGo) e Gleysolo (GXbd) (Tabela 3). O Mehlich 3, nas duas metodologias de análise, assim como o Mehlich 1, com filtragem após decantação, extraíram os maiores teores de Fe. Foram encontrados, na extração com Mehlich 3, após decantação, teores de 426,8; 406,8 e 438,6 $mg\ dm^{-3}$, respectivamente, nos solos Argissolo, Vertissolo e Gleysolo. Nos mesmos solos, o DTPA extraiu entre 50,0 a 83,7 $mg\ dm^{-3}$, semelhante ao descrito por Abreu *et al.* (1997) que encontraram teores de Fe de 79 $mg\ dm^{-3}$. Os Latossolos e Nitossolos, independente do extrator e da metodologia de análise, tiveram os mais baixos teores de Fe. Nesses solos o Mehlich 1, com filtragem imediata, retirou entre 17,9 a 37,8 $mg\ dm^{-3}$.

Tabela 3. Teores de ferro no solo, determinados por extração com Mehlich 1, DTPA e Mehlich 3, com filtragem imediata (a); filtragem após decantação de 16 horas (b) e pipetagem após decantação de 16 horas (pb).

Solo	Mehlich 1 (1:10) a	Mehlich 1 (1:10) b	Mehlich 1 (1:5) a	Mehlich 1 (1:5) b	DTPA (1:2)	Mehlich 3 (1:10) a	Mehlich 3 (1:10) b
NVef	28,2	87,3	10,8	31,6	11,9	150,2	291,0
NVdf	23,7	103,4	11,0	31,3	30,0	207,2	318,9
NVdf	22,1	93,4	11,4	22,5	22,3	154,6	259,0
MTf	28,4	107,8	8,8	23,9	31,7	203,6	280,7
MTf	23,1	118,9	11,8	23,1	36,3	242,2	291,0
PVd	56,8	240,2	40,0	134,5	62,9	247,0	400,2
PVd	57,5	238,6	35,7	138,8	78,1	206,1	426,8
GXbd	135,0	268,4	39,0	158,6	83,7	308,0	438,6
VGo	60,6	149,2	38,7	140,6	50,0	250,4	406,8
LVd	37,8	93,7	22,2	66,7	13,7	154,0	286,3
LVd	30,4	103,0	16,0	31,5	18,3	112,4	279,3
LVd	26,0	96,8	9,7	13,9	27,7	147,0	326,2
LVd	17,9	52,4	5,8	7,2	22,2	96,5	229,1
LVd	29,1	117,5	16,8	41,4	28,4	160,1	334,9
LVef	19,8	56,4	7,24	18,2	22,0	122,6	259,5
LVdf	33,3	126,0	11,4	25,4	14,1	93,3	199,6
LVdf	26,1	89,5	11,1	16,1	9,9	102,4	231,6
LVdf	28,7	115,3	12,7	33,2	15,4	93,5	254,6

Argissolo Vermelho distrófico (PVd), Iguatemi e Iguatemi; Gleysolo háptico (GXbd), Maringá; Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Maringá, Maringá, Iguatemi, Mauá da Serra e Ponta Grossa; Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Iporã e Maringá; Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) Maringá; Chernossolo Argilúvico férrico (MTf), Iporã e Maringá; Vertissolo Hidromórfico órtico (Vgo), Maringá; Latossolos Vermelho eutroférrico (LVef), Iporã; Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Maringá, Maringá e Campo Mourão

Os teores de Fe extraídos pelo Mehlich 1, nas duas metodologias de análise, assemelham-se aos encontrados por Soares *et al.* (2003) e Ortiz *et al.* (2003), os quais avaliaram o Mehlich 1, nas metodologias, com filtragem imediata e filtragem após decantação, em solos paranaenses.

Conclusão

- houve equivalência na extração do Fe entre o Mehlich 3, com filtragem imediata, o Mehlich 1, com filtragem após decantação e entre o DTPA;
- as metodologias de análises equivaleram-se em relação ao tempo de espera para a filtragem e em

De forma semelhante, Nascimento *et al.* (2000) avaliaram o Fe em seis solos de MG e encontraram os maiores teores nos solos Latossolos Hidromórficos (250 $mg\ dm^{-3}$, para Mehlich 3, com filtragem imediata e de 140 $mg\ dm^{-3}$, para DTPA), comparativamente ao Mehlich 1, o qual extraiu mais Fe no Gleysolo (270 $mg\ dm^{-3}$).

Tabela 2. Coeficientes de correlação entre teores de ferro, em função do extrator, em solos com teor de argila menor e maior que 470 $g\ kg^{-1}$ e teor absorvido pela soja, para metodologias com filtragem imediata (a), filtragem após decantação de 16 horas (b) e com pipetagem após decantação (bp).

Metodologias de determinação	Argila < 470 $g\ kg^{-1}$ n=8 ⁽¹⁾	Argila > 470 $g\ kg^{-1}$ n=10 ⁽²⁾
Mehlich 1 (1:10) a	0,46 **	0,27 ns
Mehlich 1 (1:10) b	0,48 **	0,39 *
Mehlich 1 (1:5) a	0,31 ns	0,14 ns
Mehlich 1 (1:5) bp	0,39 *	0,17 ns
Mehlich 1 (1:5) b	0,28 ns	0,16 ns
DTPA TEA	0,60 **	0,26 ns
Mehlich 3 (1:10) a	0,72 **	0,28 ns
Mehlich 3 (1:10) b	0,82 **	0,06 ns

n= número de solos analisados;

(1) Argissolo Vermelho distrófico (PVd), Iguatemi, Iguatemi; Gleysolo háptico (GXbd) Maringá; Latossolo Vermelho distrófico (LVd), Maringá, Maringá, Iguatemi, Mauá da Serra e Ponta Grossa; (2) Nitossolo Vermelho eutroférrico (NVef), Iporã e Maringá; Nitossolo Vermelho distroférrico (NVdf) Maringá; Chernossolo Argilúvico férrico (MTf), Iporã e Maringá; Vertissolo Hidromórfico órtico (Vgo), Maringá; Latossolo Vermelho eutroférrico (LVef), Iporã; Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), Maringá, Maringá, Campo Mourão.

relação ao uso da filtragem ou da pipetagem;

- os teores mais altos de ferro ocorreram nos solos Argissolo, Vertissolo e Gleysolo e foram obtidos com o Mehlich 3, submetidos à decantação. Os Latossolos e Nitossolos, independente do extrator e da metodologia analítica, apresentaram os teores mais baixos do nutriente.

Referências

ABREU, C.A. *et al.* The effect of the DTPA extraction conditions on the determination of micronutrients in Brazilian soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 28, p. 1-11, 1997.

- ABREU, C.A. *et al.* Fontes de manganês para a soja e seus efeitos na análise do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 20, p. 91-97, 1996.
- ALBA, A. K. Micronutrients status of Florida under citrus production. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 23, p. 2493-2510, 1982.
- ALOWAY, B.J. Heavy metals in soil. New York, John Wiley, 1990. 339p.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise de solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v. 13, p. 205-212, 1989.
- BORKERT, C.M. *et al.* Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: Ferro e Manganês. In: FERREIRA, M.E. *et al.* *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos. 2001, p.89-117.
- CAMARGO, O. A. *et al.* Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos no solo. In: FERREIRA, M.E. *et al.* *Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura*. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos. 2001, p.89-117.
- DEARING J. A. Environmental magnetic susceptibility using the Barkington MS2 System Chi. Publishing Kenilworth, V. K., 104p., 1994.
- EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de solos*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. 1999.
- EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1997, 212p.
- LOPES, S.D.; ABREU, C.A. Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura. In: NOVAIS, R.F. *et al.* *Tópicos em Ciência do Solo*. Viçosa: Sociedade Brasileira em Ciência do Solo, p.265-298, 2000.
- MALAVOLTA, E. *et al.* *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils and clay by dithionite citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clay Miner.*, 7: 317-327, 1960.
- MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, 9:477-492, 1978.
- MEHLICH, A. Mehlich3 soil test extractant: a modification of Mehlich2 extractant. *Comm. Soil Sci. Plant Analysis*, New York, 15:1409-1416, 1984.
- NASCIMENTO, C.W.A. do *et al.* Extração de Fe pelos extratores Mehlich1, Mehlich3 e DTPA influenciada pelo pH e doses de ferro. FERTIBIO 2000 – XXV REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, Santa Maria, RS. Anais CD-ROOM, 2000.
- NELSON, W. L. *et al.* The development, evaluation, and use of soil tests for phosphorus availability. In: PIERRE, W.H; NORMAN, A. G. (Ed.). *Soil and fertilizer phosphorus*. New York, Academic Press, 1953, v.4, p.153-188.
- ORTIZ, F.R. *et al.* Comparação de metodologias para a obtenção de extratos para a determinação de micronutrientes em amostras de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. FertBio2003. Resumo expandido... Ribeirão Preto, 2003. CD-ROOM.
- RAIJ, B. *Fertilidade do Solo*. Campinas: Editora Agronomica Ceres – Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1991, 343 p.
- RODRIGUES, M.R.L. *et al.* Comparação de soluções extratoras de ferro e manganês em solos da Amazônia. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 36, p. 143-149, 2001.
- SOARES, R. *et al.* Comparação de relações solo/extrator para a determinação de cobre, ferro, manganês e zinco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. FertBio2003. Resumo expandido... Ribeirão Preto, SP, 2003. CD-ROOM.
- SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York: Oxford University Press. 1989.
- WENDT, J.W. Evaluation of the Mehlich III soil extractant for upland Malawi soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 26, p. 687-702, 1985.

Received on September 23, 2003.

Accepted on August 02, 2004.