

**SOLUBILIDADE DO ZINCO E DO MANGANES EM DIVERSOS  
EXTRATORES E DISPONIBILIDADE DESSES DOIS MICRO-  
NUTRIENTES P/ O FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. CARIOCA**

**TAKASHI MURAOKA**

**Orientador: PROF. DR. ANDRÉ MARTIN LOUIS NEPTUNE**

**Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura  
“Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do Título de Doutor em Agronomia.  
Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.**

**PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Fevereiro, 1981**

A meus pais e irmãos  
Ofereço

A Maria Inez e Lillian  
Dedico

**AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. André Martin Louis Neptune, pela orientação e apoio.

Ao Dr. Virgílio Franco Nascimento Filho, pela colaboração e estímulos.

Aos Srs. João Odemir Salvador, Marileuza Aparecida Bassi, Rudinei Almeida Romani, Sandra Tereza Pereira, Sandra Genaro Nicoletti, José Anderson Forti e José Osório Bertoli, pelos auxílios na parte técnica.

A Srta. Silvia Prates, pelo serviço de datilografia.

Ao Químico Alfredo Lopez Perez e aos Eng. Agr. Luiz Eduardo Morales Morales e Oscar Gonçalo Bastidas Ortiz, pela cooperação.

A International Atomic Energy Agency, na pessoa do Dr. P.B. Vose, pelo radioisótopos fornecidos e pela cooperação.

A Comissão Nacional de Energia Nuclear, pelos recursos fornecidos.

A Seção de Instrumentação e Controle, do CENA, na pessoa de Dr. Epaminondas S. de Barros Ferraz.

Ao CNPq, pela bolsa de pesquisa.

Aos Srs. Benedito Davanzo e Celso de Aguiar pela composição gráfica.

## INDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	vi
RESUMO .....	xv
SUMMARY .....	xviii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1. Método para avaliação de disponibilidade de zinco e manganês .....	5
2.1.1. Extratores de zinco e de manganês ..	5
2.1.2. Método microbiológico .....	13
2.1.3. Método da diluição isotópica .....	14
2.1.4. Zinco e manganês total .....	18
2.1.5. Efeito da calagem na absorção do zinco e do manganês .....	21
2.1.6. Efeito do nitrogênio e do potássio na absorção do zinco e do manganês..	23
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	27
3.1. Experimento I: Efeito do zinco e do manganês da semente nos teores desses elementos da planta .....	27
3.2. Experimento II: Efeito das espécies vegetais nas atividades específicas das plantas para $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$ .....	30
3.3. Experimento III e IV: Avaliação da disponibilidade do zinco e do manganês do solo ...	32
3.3.1. Experimento III: Disponibilidade do zinco e do manganês para o feijoeiro	32

	Página
3.3.2. Experimento IV: Extratores .....	37
3.4. Experimento IV: Efeitos do calcário, nitrogênio e manganês na absorção do zinco e do manganês .....	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
4.1. Experimento I: Efeito do zinco e do manganês da semente nos teores desses elementos na planta .....	44
4.1.1. Feijão .....	44
4.1.2. Soja .....	47
4.1.3. Trigo .....	48
4.2. Experimento II: Efeito de espécies vegetais na atividade específica de zinco e manganês nas diferentes espécies vegetais utilizadas..	49
4.2.1. Atividade específica de zinco .....	50
4.2.2. Atividade específica do manganês nas diferentes espécies vegetais utilizadas .....	51
4.3. Experimento III e IV: Avaliação da disponibilidade do zinco e do manganês para o feijoeiro utilizando diferentes extratores .....	51
4.4. Experimento V: Efeitos de N, K e calcário na absorção do zinco e manganês pelo feijoeiro no solo TE .....	68
5. CONCLUSÕES .....	72
6. LITERATURA CITADA .....	75

## LISTA DE TABELAS

	Pag.
Tabela 1 - Características físicas e químicas dos solos estudados .....	97
Tabela 2 - Distribuição do Zn e Mn da semente nos diferentes órgãos da planta, pesos de matéria seca (em g), teores (em ppm e µg) e porcentagem de Zn e Mn nesses órgãos provenientes das sementes. (Médias de 5 repetições). a) Feijoeiros aos 15 dias; b) Feijoeiro aos 30 dias; c) Soja; d) Trigo.....	98
Tabela 3 - Peso (em mg) da semente de feijão, tomate, trigo, arroz e soja e respectivos teores em zinco e manganês (em ppm e mg/semente) .....	102
Tabela 4 - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas das plantas (em cpm/g) para $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$ de diferentes espécies vegetais, cultivadas em solo PV. I. Parârea (médias de 3 repetições) .....	103

	Pag.
Tabela 5 - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas (em cpm/ $\mu$ g) para $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$ de diferentes espécies vegetais, cultivadas em solo PV. II. Raiz (Médias e 3 repetições) .....	103
Tabela 6 - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas (em cpm/ $\mu$ g) para o $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$ de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo TE. I. Parte aérea. (Médias de 3 repetições) .....	104
Tabela 7 - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas (em cpm/ $\mu$ g) para o $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$ de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo TE. II. Raízes (Médias de 3 repetições) .....	104
Tabela 8 - Efeitos da calagem nos pH de diversos solos, nos pesos de matéria seca e nos teores de Mn, Zn (ppm e $\mu$ g/vaso) Ca (%) das plantas cultivadas nestes solos .....	105

	Pag.
Tabela 9 - Atividades específicas de Mn e Zn das plantas cultivadas em diferentes solos com e sem calagem e os valores L, expressos respectivamente em cpm/ $\mu$ g e $\mu$ /g solo .....	106
Tabela 10 - Teores de zinco dos solos, extraído com soluções de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 N e de HCl 0,1 N, em diferentes períodos de agitação expressos em ppm. ....	107
Tabela 11 - Teores de Zn dos solos, extraído com H <sub>2</sub> O, MgCl <sub>2</sub> , CaSD <sub>4</sub> , ácido cítrico 0,05M e ácido cítrico 0,5 M, expresso em ppm. ....	108
Tabela 12 - Teores de Zn dos solo, extraído com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D, em diferentes períodos de agitação, expressos em ppm .....	109
Tabela 13 - Teores de Zn dos solos, extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp, expressos em ppm .....	110
Tabela 14 - Teores de Zn dos solos, extraído com EDTA e EDTA + Ca, em diferentes períodos de agitação, expressos em ppm .....	111

Tabela 15 -	Relação entre as atividades específicas do Zn dos solos extraído com $H_2SO_4$ e com HCl, e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas .....	112
Tabela 16 -	Relações entre as atividades específicas do Zn dos solos extraídos com ácido cítrico. EDTA e EDTA + $CaCl_2$ e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas .....	113
Tabela 17 -	Relações entre as atividades específicas do Zn dos solos, extraído com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D, e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas .....	114
Tabela 18 -	Relações entre as atividades específicas do Zn dos solos, extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp, e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas..	115
Tabela 19 -	Relações entre as atividades específicas do Zn dos solos extraído com $CaCl_2$ e com $CoSO_4$ e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas e relações	116

	entre o Zn dos solos extraído com $\text{CaCl}_2$ e com $\text{CoSO}_4$ e os respectivos valores L.	116
Tabela 20 -	Relações entre os teores de Zn extraído com $\text{H}_2\text{SO}_4$ 0,05 N (15, 30, 60 e 120 minutos de agitação) e com HCl 0,1 N (15 e 120 minutos de agitação) e os valores L	117
Tabela 21 -	Relações entre os teores de zinco extraído com ácido cítrico 0,05 M, ácido cítrico 0,5 M, EDTA 0,05 M (60 minutos de agitação) e EDTA + Ca (30, 60 e 120 minutos de agitação) e os valores L .....	118
Tabela 22 -	Relações entre os teores de zinco extraído com DTPA A (30, 60 e 120 minutos de agitação), DTPA B, DTPA C e DTPA D (60 minutos de agitação) e os valores L	119
Tabela 23 -	Relações entre os teores de zinco extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp (60 minutos e 120 minutos de agitação) e os valores L .....	120
Tabela 24 -	Quadro geral dos coeficientes de correlação e das relações entre atividades específicas (Zn) .....	121

	Pag.
Tabela 25 - Teores de Mn dos solos, extraído com soluções de $H_2SO_4$ 0,05 N e de HCl 0,1 N, em diferentes períodos de agitação, expressos em ppm.....	122
Tabela 26 - Teores de Mn dos solos, extraído com EDTA + $CaCl_2$ (30, 60 e 120 minutos de agitação), água, EDTA 0,05 M, ácido cítrico 0,05 M e ácido cítrico 0,5 M, expressos em ppm .....	123
Tabela 27 - Teores de Mn dos solos, extraído com $MgCl_2$ , $CaOAc$ , $CoSO_4$ , $NH_4OAc$ , $CaCl_2$ e $KNO_3$ , expressos em ppm .....	124
Tabela 28 - Teores de Mn dos solos, extraído com DTPA A (em 30, 60 e 120 minutos de agitação), DTPA B, DTPA C e DTPA D, expressos em ppm .....	125
Tabela 29 - Teores de Mn dos solos, extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp (60 e 120 minutos de agitação), expressos em ppm ..	126

	Pag.
Tabela 30 - Relação entre as atividades específicas do Mn dos solos extraídos com $H_2SO_4$ 0,05N e HCl 0,1 M e as respectivas atividades específicas do Mn das plantas .....	127
Tabela 31 - Relações entre as atividades específicas do Mn dos solos obtidos com diversos <u>ex</u> tratores e as respectivas atividades <u>es</u> pecíficas do Mn das plantas .....	128
Tabela 32 - Relações entre as atividades <u>específi</u> cas do Mn dos solos obtidos com diversos extratores e as respectivas atividades específicas do Mn das plantas .....	129
Tabela 33 - Relações entre as atividades específicas do Mn dos solos extraídos com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D e as respectivas atividades específicas das plantas ....	130
Tabela 34 - Relações entre as atividades específicas do Mn dos solos extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp e as respectivas ati-vidades específicas do Mn das plantas..	131

	Pag.
Tabela 35 - Relações entre os teores de Mn extraído com $H_2SO_4$ e com HCl e os respectivos valores L .....	132
Tabela 36 - Relações entre os teores de Mn extraído com EDTA, EDTA + $CaCl_2$ ácido cítrico 0,05 M e ácido cítrico 0,5 M e os respectivos valores L .....	133
Tabela 37 - Relações entre os teores de Mn extraído com diversos extratores e os respectivos valores L .....	134
Tabela 38 - Relações entre os teores de Mn extraído com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D e os respectivos valores L .....	135
Tabela 39 - Relações entre os teores de Mn extraído com DTPA Ap, DTPA Bp, e DTPA Cp e os respectivos valores L .....	136
Tabela 40 - Teores de Mn e Zn (em ppm) de diversos solos obtidos por fusão alcalina, mistura de HCl + $HNO_3$ + $HClO_4$ , $HNO_3$ + $HClO_4$ e HF.....	137

Tabela 41 - Quadro geral dos coeficientes de correlação e das relações entre atividades específicas (Mn) .....	138
Tabela 42 - Efeitos de aplicação de N, K e calcário nos pesos de matéria seca da parte aérea e das raízes (em g), nos teores (ppm e $\mu\text{g}/\text{vaso}$ ) de Mn e Zn e nas atividades específicas de Mn e Zn .....	139
Tabela 43 - Quadro geral das análises de variância dos pesos (em g), teores de Mn e teores de Zn (em ppm e $\mu\text{g}/\text{vaso}$ ) das partes aéreas e das raízes do ensaio sobre efeito da aplicação de N, K e calcário.....	140
Tabela 44 - Efeitos do nitrogênio, potássio e calcário no pH, nos teores de zinco e manganês do solo, extraídos com DTPA e EDTA + $\text{CaCl}_2$ , para o Zn, e DTPA e $\text{CaCl}_2$ 0,5 M, para o Mn, e nas atividades específicas de $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$ .....	141

SOLUBILIDADE DO ZINCO E DO MANGANÊS EM DIVERSOS EXTRATORES E  
DISPONIBILIDADE DESSES DOIS MICRONUTRIENTES PARA O FEIJOEIRO  
(*Phaseolus vulgaris*, L.) CV. CARIOCA.

Eng. Agr. Takashi Muraoka

Prof. Dr. André M. Louis Neptune  
(Orientador)

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a disponibilidade do zinco e do manganês do solo para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Carioca, diversos extratores ácidos, salinos e complexantes, além dos métodos de análises dos teores totais, foram testados. Para a avaliação dos extratores, os seguintes parâmetros foram considerados: a) teores de manganês e de zinco extraídos; b) quantidades desses micronutrientes absorvidos pelo feijoeiro; c) razão entre as atividades específicas do  $^{65}\text{Zn}$  e do  $^{54}\text{Mn}$  na planta e no extrato e d) valor L.

Foram estudados previamente: a) a quantidade do zinco e manganês da semente (marcada com  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$ ) de trigo, soja e feijão que migrou para as respectivas plantas; e b) o efeito de cinco espécies vegetais na atividade específica de  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$  na planta. Estudou-se também o efeito do nitrogênio, potássio e calcário na disponibilidade e absorção

do zinco e manganês no solo.

Com base nos resultados deste trabalho, pode-se concluir que: a) Da semente de feijão, 59,5% do Zn migraram para a parte aérea da planta e 5,0% para as raízes, indo a maior parte (27,5%) para as folhas primárias. Apenas 30% do Mn migraram para a planta toda, dos quais apenas 4% para as raízes e 12% para as folhas primárias. b) Na planta de soja, 55,5% do zinco da semente migraram para a planta, dos quais 4,5% para as raízes. Apenas 33,5% do manganês migraram para a planta. c) Na planta de trigo, 69% do Zn da semente migraram para a parte aérea, sendo 31% para as raízes e 38% para a parte aérea. Apenas 38,5% do manganês da semente migraram para a planta toda, dos quais 11,5% nas raízes. d) As atividades específicas, tanto a do zinco como do manganês, variaram com as espécies vegetais estudadas. e) Para o feijoeiro, os extratores DTPA modificado e o EDTA +  $\text{CaCl}_2$ , ambos tamponados de acordo com o pH dos solos, são os melhores para a avaliação da disponibilidade do zinco e o  $\text{CaCl}_2$  0,5 M é o melhor para a avaliação da disponibilidade do manganês sendo que o extrator DTPA de LINDSAY e NORVELL não deu resultado satisfatório. f) A maioria dos extratores, com exceção dos acima mencionados, não distinguem, ou distinguem pouco, o comportamento do zinco e do manganês nos solos com e sem a calagem. g) A extração do manganês e do zinco pelos extratores estudados devem ocorrer de um mesmo "pool" destes nutrientes do solo. h) A fu-

são alcalina é o melhor método para a avaliação do teor total de zinco e do manganês no solo. i) Esses teores não correlacionaram com as quantidades dos respectivos elementos absorvidos pelo feijoeiro. j) Os valores L para zinco e manganês não correspondem respectivamente ao teor de zinco e do manganês do solo disponível de imediato. k) O nitrogênio aumenta a absorção de manganês e zinco pelo feijoeiro, enquanto que o potássio aumenta só a do manganês.

ZINC AND MANGANESE SOLUBILITY IN SEVERAL EXTRACTOR AND AVAILABILITY  
OF THESE MICRONUTRIENTS TO FEIJÃO BEAN (*Phaseolus vulgaris*,  
L.) CV. CARIOCA

Takashi Muraoka

Prof. Dr. André M. Louis Neptune  
(Supervisor)

SUMMARY

To evaluate the availability of soil zinc and manganese for feijão bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) several acid, neutral and complexing extractors, and methods of total analysis for zinc and manganese were assessed. For the evaluation of the extractors, the following parameters were considered: a) contents of manganese and zinc extracted; b) the amount of these micronutrients taken up by the feijão plant; c) relationships between specific activity of  $^{65}\text{Zn}$  and  $^{54}\text{Mn}$  in the plant and in the extracts, and d) L value.

Previous experiments were carried out to study the effect of seed zinc and manganese of wheat, soybean and feijão bean on the total amount of these elements in the respective plants, and the effect of five plant species on the specific activity of  $^{65}\text{Zn}$  and  $^{54}\text{Mn}$  in the plant. The effect of nitrogen, potassium and lime on the availability of zinc

and manganese in the soil, and the uptake of these elements by *Phaseolus* beans, were also studied.

The results indicated that: a) From *Phaseolus* seed, 59,5% of zinc was translocated to the above ground part of the plant and 5,0% to the roots, of which, the greatest part (27,5%) was found in the primary leaves, while only 30% of manganese migrated to the whole plant, of which, 4% was to the roots and 12% to the primary leaves. b) In soybean, 55,5% of seed zinc was translocated to the plants, of which 4,5% was to the roots, while only 33,5% of manganese migrated to the plant. c) In wheat, 31% of seed zinc translocated to the roots and 38% to the above ground part, while only 38,5% of seed manganese migrated to the whole plant, of which 11,5% went to the roots. d) The specific activities of zinc and manganese varied with the plant species studied. e) Of the extractors evaluated, the modified DTPA and the EDTA + CaCl<sub>2</sub>, both buffered according to the pH of each soil, were the best for estimating the soil zinc availability, and CaCl<sub>2</sub> 0,05 M, for the soil manganese availability; however the DTPA extractor of LINDSAY and NORVELL, did not evaluate manganese availability. f) The majority of extractors, with the exception of those above mentioned, could not distinguish the behavior of zinc and manganese in the limed and unlimed soil. g) Fusion with sodium carbonate was the best method for the determination of total zinc and manganese, although the total soil zinc and manganese did not correlate with the amounts of elements taken

up by *Phaseolus* bean. h) The extraction of manganese and zinc by the extractors assessed has probably occurred from the same "pool" of these soil nutrients. i) The L value of zinc and manganese did not correspond respectively to the immediately available soil zinc and manganese. j) Nitrogen increased the manganese and zinc uptake by *Phaseolus* bean, while potassium affected only zinc uptake.

## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo principal de uma análise de solo é avaliar a disponibilidade de diversos nutrientes do solo, indicando se estão num nível deficiente ou não, para dar subsídio na recomendação de quantidade de fertilizante que deverá ser aplicado para uma determinada cultura. Essa análise deve também indicar o excesso de certos elementos que podem ser tóxicos para as plantas.

Para os micronutrientes, essa determinação é particularmente difícil, pois, além das plantas necessitarem de pequenas quantidades desses elementos, existe também uma complexidade do comportamento químico de muitos deles no solo, resultando disso, um certo obstáculo na escolha do extrator adequado. Neste sentido, inúmeros são os trabalhos realizados, entretanto, com resultados contraditórios.

Na literatura mundial muitos são os trabalhos

com zinco e manganês. Entretanto, no Brasil ainda são poucos aqueles realizados com esses dois micronutrientes, porém, dois aspectos têm sido frequentemente mencionados por alguns de nossos pesquisadores em relação a esses nutrientes: a deficiência de zinco e a toxidez de manganês (STEWART e NEPTUNE, 1975 e MALAVOLTA et alii, 1977).

Por outro lado, a disponibilidade desses micronutrientes é extremamente sensível a mudança das condições do meio, tais como pH do solo e concentração de alguns outros elementos, porém, mais ênfase tem sido dada aos efeitos dos calcários e do fósforo. Com relação aos efeitos do nitrogênio e do potássio na absorção do zinco e do manganês, permanecem ainda muitas dúvidas.

Considerando-se o caso particular do feijoeiro, que é uma cultura de grande importância, tanto econômica como social para o Brasil, sabe-se que esta leguminosa é particularmente sensível a toxidez de manganês e extremamente exigente em zinco.

Com o advento de novas técnicas e métodos mais avançados, os estudos com micronutrientes na fertilidade do solo e nutrição de plantas vem tomando novos impulsos. O emprego de radioisótopos, baseado no princípio da diluição isotópica, tem possibilitado estudos com bastante precisão sobre o comportamento dos nutrientes nos solos, a absorção destes

pelas culturas, a distribuição relativa nos diversos órgãos das plantas e a interação entre eles.

Há diversos métodos de diluição isotópica para avaliar a quantidade de nutrientes disponíveis do solo, dos quais o valor L proposto por LARSEN (1952) parece ser o mais viável. Desde então, apesar de inúmeros trabalhos terem sido realizados, o método ainda continua polêmico em certos aspectos, principalmente com relação a variação da atividade específica com a espécie vegetal.

Um outro parâmetro ao qual pouca atenção tem sido dada, diz respeito ao efeito do zinco e do manganês da semente na atividade específica da planta e na avaliação quantitativa da absorção destes micronutrientes, principalmente, quando os experimentos são de curta duração.

Pelo exposto, propõem-se para o presente trabalho, os seguintes objetivos:

1. Avaliar o efeito do conteúdo de zinco e do manganês da semente na quantidade total desses elementos nas plantas de trigo, soja e feijão.

2. Avaliar o efeito de cinco espécies vegetais na atividade específica das plantas para o  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$ .

3. Determinar o melhor extrator de zinco e man

ganes para o feijoeiro através da correlação com as quantidades desses micronutrientes absorvidos pelo feijoeiro e o valor L.

4. Estudar os efeitos do calcário, do nitrogênio e do potássio na absorção do zinco e manganês pelo feijoeiro e na disponibilidade desses elementos nos solos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Método para avaliação de disponibilidade de zinco e manganês

#### 2.1.1. Extratores de zinco e de manganês

Muitas tentativas têm sido feitas para simular o poder sorvente das raízes para os nutrientes, extraíndo-os com diferentes solventes, tais como água, ácidos fracos, ácidos fortes, sais neutros e agentes quelantes. De uma maneira geral, podemos classificar os extratores em 4 categorias:

##### a) Água

BRADFORD et alii (1971) usaram extratos de saturação de 68 solos de Califórnia (E.U.A.) para mostrar diferentes aplicações de tais análises. De acordo com VIETS e LINDSAY (1973), porém, a água não extrai quantidade suficien-

te de Cu, Mn, Fe e Zn para representar adequadamente o nutriente lábil disponível para as plantas.

#### b) Soluções salinas

JENSEN e LAMM (1961) observaram que o zinco extraído com  $\text{NH}_4\text{OAc}$  0,5 M a pH 4,8, apresentou resultado semelhante a do EDTA e *Aspergillus niger*.

BROWN et alii (1962 e 1964), utilizaram os teores de zinco extraído de diversos solos com solução de acetato de amônio contendo ditizona e obtiveram boa correlação com as respostas às aplicações de zinco e com os sintomas de deficiência em várias plantas.

STEWART e BERGER (1965) constataram, porém, que o zinco extraído com  $\text{MgCl}_2$  2N correlacionava melhor com o teor de zinco no painço do que quando extraído com HCl 0,1 N ou  $\text{NH}_4\text{OAc}$ -ditizona, o que mais tarde foi confirmado por MARTENS (1968).

MARTENS et alii (1966) compararam  $\text{MgSO}_4$  0,2 M com HCl 0,1 N,  $\text{NH}_4\text{OAc}$  + ditizona e fusão alcalina, para avaliar a disponibilidade do zinco para o milho. Obtiveram a melhor correlação com  $\text{NH}_4\text{OAc}$  + ditizona, embora não tenham constatado diferença significativa deste com outros métodos.

HOYT e NYBORG (1971) relatam que o  $\text{CaCl}_2$  0,01M

é superior a outros sais e ácidos fracos para a extração do manganês. Entre nós, CATANI e GALLO (1951), HOROWITZ e DANTAS (1966), JACINTHO et alii (1971) e VALADARES (1972), fizeram estudos com alguns extratores salinos e ácidos, mas são trabalhos apenas comparativos ou de levantamento, e não foram consideradas as extrações pelas plantas.

### c) Soluções ácidas

HIBBARD (1940), utilizou água saturada de  $\text{CO}_2$  e  $\text{HOAc} + \text{KCl}$  a pH 3,2, porém, o extrator ácido mais usado é o  $\text{HCl}$  0,1 N (WEAR e SOMMER, 1948; STEWART e BERGER, 1965; BROWN et alii, 1971; MARTENS et alii, 1966; KANEHIRO e SHERMAN 1967; DOLAR et alii, 1971). SORENSEN et alii (1971) relatam os efeitos da razão solo/solução de  $\text{HCl}$  0,1 N e tempo de extração na extratividade de zinco, ferro e manganês em 18 solos. Observaram que os efeitos variaram bastante com os solos para o zinco mas muito pouco para o ferro e o manganês.

Alguns autores consideram a importância da inclusão de certos parâmetros na utilização do  $\text{HCl}$  0,1 N. Assim NELSON et alii (1959) obtiveram melhor correlação do zinco extraído com esse extrator e a deficiência desse micronutriente observada na planta quando consideravam a alcalinidade titulável como uma estimativa para a fração não disponível do zinco, liberado por  $\text{HCl}$ . PEASLEE (1980), baseando nas análises

de solos e de plantas de milho provenientes de 54 localidades, elaborou uma equação na qual considera o zinco extraído com HCl 0,1 N pH em água e o teor de fósforo (método de Bray 1) para estimar o teor disponível do zinco no solo.

Para alguns pesquisadores, porém, o HCl não tem dado bons resultados (BROWN e McCORMICK, 1971), ou dependeu da cultura em questão. EVANS et alii (1974) obtiveram boa correlação para o milho, mas não para o sorgo.

Outro extrator ácido muito usado é a mistura HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N. COX (1968) calibrou o Mn extraível com essa solução, na proporção de 1:4 para solo: solução, com a resposta de soja a aplicação de manganês na North Carolina. O teste foi útil para a faixa de pH 5,2 a 7,1, e observaram que para solo com pH mais alto, o nível de manganês extraível necessário para o desenvolvimento normal de plantas, era maior.

WEAR e EVANS (1968) obtiveram em solo levemente ácido, melhores resultados com o extrator HCl 0,05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025N do que com HCl 0,1 N ou EDTA 0,25 M em sorgo e milho, para o zinco. EVANS et alii (1974) corroboram esse resultado trabalhando com o milho.

Além dos extratores ácidos acima mencionados, outros ácidos tem sido também utilizados. HAMMES e BERGER

(1960), relatam que o manganês extraível com  $H_3PO_4$  0,1 N correlacionou melhor com o manganês absorvido pela aveia cultivada em solos de Wisconsin do que aquele extraído com  $NH_4H_2PO_4$  1,5 M ou com EDTA. Esses autores observaram que a deficiência pode ser esperada quando os níveis desse elemento eram inferiores a 20 ppm, quando extraído com  $H_3PO_4$  ou  $NH_4H_2PO_4$ , a 65 ppm para hidroquinona e 50 ppm para EDTA. Constataram também que plantas jovens de aveia contendo menos de 30 ppm e nos grãos maduros menos que 12 ppm apresentavam sintomas de deficiência.

RASBERRY e LANCASTER (1977) compararam a solução extratora usada no estado de Mississippi, para análise de solos de diversos elementos e que consiste numa extração feita em duas etapas: a 1.<sup>a</sup> com HCl 0,05 N e a segunda com uma mistura de ácido acético, ácido málico, ácido malônico,  $AlF_3$  e ajustado a pH 4 com  $NH_4OH$ , com 4 outros extratores (HCl 0,05 N +  $H_2SO_4$  0,025 N,  $H_3PO_4$  0,1 N,  $NH_4OAc$  1 N e  $NH_4OAc$  1 N + hidroquinona 0,2%). Foi porém um estudo apenas comparativo de extratores para o manganês uma vez que não determinaram nenhuma correlação com o nutriente absorvido por plantas.

#### d) Agentes quelantes

Os agentes quelantes proporcionam um dos meios mais promissores de análise de solo para os micronutrientes ca

tiônicos. Esses agentes reagem com ions metálicos livres na solução, formando complexos solúveis.

O método da ditizona proposto por SHAW e DEAN (1952) mostra uma correlação razoável entre o zinco extraído e o removido pela cultura de milho (MARTENS et alii, 1966). Este método usa ditizona (difeniltiocarbazona) como agente que lante a pH 7,0 com NH<sub>4</sub>OAc a 1 N. BROWN e KRANTZ (1961), trabalhando com 55 solos da Califórnia, obtiveram sucessos na se paração de 82% dos solos em categoria deficiente e não deficiente em zinco. A maior objeção ao uso de ditizona para an lise de rotina é, porém, a demora do método e cuidado necess ário para a separação de fases e subsequente determinação.

Talvez o agente quelante mais utilizado como extrator tem sido o EDTA dissódico, embora em concentrações di ferentes: VIRO (1955a, 1955b), 0,05M; JENSEN e LAMM (1961), 0,02M; BROWN et alii (1971) e JACINTHO et alii (1971), 1%. BROWN et alii (1971) observaram, em 92 solos da Califórnia, que quando o teor de zinco solúvel em EDTA a 1% era inferior a 1,25 ppm, 71% deles respondiam à adubação com zinco e, quan do aquele teor era superior a 2,5 ppm não havia resposta. Pa ra o manganês, HAMMES e BERGER (1960) relatam que a deficiên-cia pode ser esperada em aveia quando o teor desse elemento ex traído com EDTA era menor que 50 ppm.

TUCKER e KURTZ (1955) fizeram extrações de zin

co em 14 solos ácidos e neutros e mostraram correlações altamente significativas entre vários extratores incluindo EDTA 0,001 M tamponado a pH 7 com  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N. ALLEY et alii (1972) comparando HCl 0,1 N, HCl 0,05 N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N, EDTA e DTPA, verificaram que o EDTA era melhor extrator para o zinco, estabelecendo o nível crítico de 0,8 ppm.

Para os solos calcários TRIERWELLER e LINDSAY (1969) recomendam o uso de extrator baseado em EDTA - carbonato de amonio.

Na última década tem havido um aumento no uso de agentes quelantes, principalmente do DTPA (ácido dietileno-triaminopentacético). O extrator, desenvolvido por LINDSAY e NORVELL (1969), consiste de DTPA 0,005 M e  $\text{CaCl}_2$  0,05 M tamponado a pH 7,3 com trietanolamina. Esses autores conseguiram separar com sucesso 77 solos do Colorado quanto a deficiência de zinco e ferro. Mais tarde, FOLLET e LINDSAY (1970), estimaram níveis deficientes e não deficientes de manganês e cobre.

BROWN et alii (1971) comparam diversos métodos de determinação de zinco. Os valores obtidos para DTPA, ditizona, HCl 0,1 N e EDTA foram respectivamente 83, 79, 73 e 72% dos valores esperados, para 92 solos.

JOHN (1972) usou diversos extratores, entre

eles o DTPA, e obteve boa correlação dos extratores com determinados tipos de solos.

LAUER (1971), citado por VIETS e LINDSAY (1973), marcou 30 solos com  $^{65}\text{Zn}$  e comparou o teor de zinco lábil determinado através do milho cultivado nesses solos com aquele dos solos, extraído com DTPA e  $\text{HCl}$  0,1 N e obteve o melhor resultado com DTPA.

SHUMAN e ANDERSON (1974) indicaram que as correlações entre os valores de análise de solo para o manganês e a resposta da cultura era afetada pelas espécies vegetais e pelo pH do solo. Para soja, o DTPA deu correlação mais alta em solo com pH 5,8 e 6,8, enquanto que para o trigo, o DTPA, assim como  $\text{NH}_4\text{OAc}$ , deram boa correlação numa faixa ampla de pH. Constataram ainda a superioridade do DTPA sobre  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ,  $\text{HCl}$  0,05 N +  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,025 N e EDDHA.

Mais recentemente, DUANGPATRA et alii (1979) compararam diversos extratores, incluindo DTPA, em fumo e arroz inundado, com e sem calagem. Para solos com calagem, nenhum dos extratores apresentou correlação com o manganês absorvido pelas plantas. Para o solo sem calagem, porém, DTPA,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  e água deram correlações significativas, tendo o DTPA apresentado o melhor resultado.

O método desenvolvido por LINDSAY e NORWELL

(1969) é utilizado na Seção de Pedologia do Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo na caracterização dos solos utilizados para pesquisas (CARMELLO, 1980).

Como pode se observar, embora exista um número elevado de trabalhos realizados estudando diferentes extratos, os resultados têm sido contraditórios.

### 2.1.2. Método Microbiológico

Este método se baseia na premissa de que os elementos nutritivos necessários às plantas superiores são também indispensáveis aos microrganismos. Consistem essencialmente em apreciar o desenvolvimento dos microrganismos quando cultivados num meio de cultura tal que um dado elemento seja fornecido apenas pela amostra do solo em exame (MALAVOLTA, 1967).

O método tem sido utilizado com *Aspergillus niger* tanto para o zinco (NICHOLAS, 1950; DONALD et alii, 1952; SWABY e PASSEY, 1953; TUCKER et alii, 1953, e MARTENS et alii, 1964 e 1966), como para o manganês (NICHOLAS, 1950; DONALD et alii, 1952; SWABY e PASSEY, 1953 e CASIDA, 1961).

MARTENS et alii (1966) constataram que o método dá valores superiores ao do HCl 0,1 N, da ditizona e do MgSO<sub>4</sub>, e que o mesmo correlacionava com o teor de zinco total

do solo. Afirmam que o fungo extrai também a porção fixada do zinco total do solo.

BRASIL SOBRINHO (1966) utilizou *A. niger* para levantamento de teor de zinco em alguns solos do município de Piracicaba (SP), concluindo que o método dá valores aproximadamente iguais ao da ditizona e do HCl.

Em comparação com os extratores químicos, porém, o uso do método microbiológico é bastante restrito e ultimamente tem sido raro.

### 2.1.3. Método da Diluição Isotópica

McAULIFFE et alii (1948) foram, provavelmente, os primeiros a utilizarem o princípio da diluição isotópica para estudar a disponibilidade de um nutriente do solo. Denominaram de "fósforo de superfície" aquela porção de fósforo do solo isotopicamente trocável com o  $^{32}\text{P}$  adicionado. Desde então uma centena, pelo menos, de trabalhos têm sido realizados, a maioria com  $^{32}\text{P}$ , baseando-se no conceito do valor E de RUSSEL et alii (1954) e valor L de LARSEN (1952).

A definição de cada um desses valores é, de acordo com os respectivos autores:

a) valor E de um nutriente é "a quantidade desse elemento na superfície do solo e na solução do solo que é trocável com o elemento quimicamente idêntico adicionado na solução".

b) valor L é "a quantidade desse elemento que é trocável com o elemento quimicamente idêntico adicionado no solo, medido por uma planta cultivada no sistema".

Para a determinação do valor E e L há necessidade de isótopo radioativo ou estável do elemento em estudo.

TILLER et alii (1972a e b) constataram que o valor E de zinco podia ser medido para a maioria dos solos ácidos estudados mas não para os solos calcários ou fixadores de zinco. Para os solos ácidos, o valor E correlacionou com o teor de zinco extraído com EDTA e com  $MgCl_2$ .

Na determinação do valor L é necessário considerar alguns parâmetros que no caso do valor E estão ausentes. Entre eles, a variação com as espécies vegetais e o efeito da quantidade do elemento na planta proveniente da semente na atividade específica, são de importância fundamental.

WALLACE et alii (1969) observaram que as atividades específicas de  $^{65}Zn$  foram razoavelmente uniformes entre as plantas de soja, milho, feijão e algodão. Houve diferença,

todavia, quando a temperatura do meio era mais baixa, indicando que diferentes fontes de zinco eram mais disponíveis para algumas espécies que para outras.

TILLER et alii (1972a e b) obtiveram boa correlação do valor L de zinco com o teor desse elemento extraído com  $MgCl_2$  e EDTA, mas não com o HCl.

TILLER e WASSERMANN (1972), constataram também que o valor L de zinco não era afetado pela espécie vegetal, mas ressaltam a necessidade de se evitar algumas culturas na determinação do valor L, devido a contribuição do zinco da semente, embora tenham usado apenas valores estimados do mesmo para os cálculos.

Não resta dúvida sobre a importância de considerar-se a quantidade do elemento na planta proveniente da semente, e sobre esse respeito, para o fósforo, existem bastante estudos como os do RUSSELL et alii (1954), NEPTUNE MENARD e CAMPANELLI (1961), VOLK e McLEAN (1963) e NEPTUNE (1964).

No caso do zinco e manganês, porém, não se conhece nenhum trabalho concreto a respeito, com exceção daquele realizado por SHAW e DEAN (1952). Esses autores constataram que 73,1% do zinco da planta de aveia, aos 17 dias, era proveniente da semente, para solo não adubado e 25,6%, no adubado e para o mesmo período, correspondendo em peso a 89,4  $\mu g$  e 62,9 $\mu g$ ,

respectivamente. Aos 44 dias, eram 100,8 µg e 102,9 µg, respectivamente, correspondendo a 15,7% no solo não adubado e 4,8% no adubado.

Do exposto pode-se concluir que, mesmo embora o valor L pareça independer da espécie vegetal utilizada, deixando de lado o fator fisiológico de cada espécie, dependendo da idade da planta, é muito importante o conhecimento da contribuição da semente no teor do elemento na planta.

Outro conceito introduzido recentemente para os micronutrientes é o do "pool lábil de nutriente" do solo, que nada mais é do que uma variação daquele do LARSEN (1952) e RUSSELL et alii (1954), isto é, valor L e E.

LOPEZ e GRAHAM (1970) definem o "pool lábil de nutriente do solo" como "a quantidade de um elemento (x) na solução do solo e fase sólida medida por equilíbrio químico ou absorvido pela planta, utilizando troca isotópica, o qual torna disponível as plantas durante o desenvolvimento das mesmas". A diferença é apenas no conceito, uma vez que matematicamente a determinação é similar a equação de LARSEN ou RUSSELL, usando porém, radioisótopos livres de carregador e, para o caso de medição por equilíbrio químico, o mesmo é realizado em solução de DTPA, a mesma preconizada por LINDSAY e NORVELL (1969), para extração de zinco, manganês, cobre e ferro.

LOPEZ e GRAHAM (1972) constataram que em um solo pobre os teores de manganês, zinco, ferro e cobre extraídos aproximavam-se do "pool lábil" dos respectivos elementos. Verificaram também que as concentrações de manganês, ferro, cobre e cobalto na solução do solo eram maiores com pH 5 do que a 6, 7 e 8, mas não notaram diferença para o zinco.

RULE e GRAHAM (1976) compararam os valores de "pool lábil" do solo de zinco, manganês e ferro, obtidos por equilíbrio químico em DTPA e aqueles determinados por duas espécies vegetais, *Trifolium repens* e *Festuca elatior*. Não observaram diferenças nos valores obtidos com *Trifolium* só para o manganês e para *Festuca*, os valores de "pool lábil" foram inferiores àqueles obtidos por equilíbrio químico.

#### 2.1.4. Zinco e Manganês Total

A análise dos teores totais dos elementos foi originalmente usado para rochas e minerais em trabalhos geológicos. Atualmente, o uso de tais análises nos estudos de solos permanece ligado a área de mineralogia, gênese e classificação de solos (HESSE, 1971).

Geralmente, dados de teor total de nutrientes nos solos têm sido de pouco valor para indicar a deficiência ou toxidez dos mesmos, embora esses valores dêem uma idéia

das reservas potenciais desses elementos nos solos.

A quantidade de métodos para a determinação de teores totais de micronutrientes em geral é bem inferior àqueles para teores disponíveis desses elementos às plantas. Mesmo assim, existem em um número razoável.

Embora quase sempre tais métodos tenham sido utilizados especificamente para um ou outro elemento, a maioria deles serve para a extração simultânea do manganês e do zinco. Todos os métodos consistem na digestão do solo com ácidos fortes ou fusão e subsequente digestão do fundido com ácido.

HIBBARD (1940) usou o método de fusão, com  $K_2S_2O_7$ , em solos da Califórnia para avaliar o teor de zinco total.

PAIVA NETO (1941) utilizou  $HNO_3$  0,2 N em solos do estado de São Paulo para o manganês total e JONES e LEEPER (1951) determinaram o manganês total do solo com sulfito de sódio e ácido sulfúrico.

CATANI e GALLO (1951) e FERNANDES (1973) extraíram o manganês de diversos solos do estado de São Paulo, digerindo-os com uma mistura 1 + 1 de  $H_2SO_4$  e  $HNO_3$  concentrado. Os primeiros autores consideraram o elemento extraído co

mo manganês de reserva e o último, manganês total.

VERDADE (1960) determinou o manganês total em solos do estado de São Paulo com  $\text{HNO}_3$  e HF, tratando o resíduo com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

HDROWITZ e DANTAS (1966) usaram  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para de terminação de manganês total nos solos de Pernambuco, mas, no decorrer do trabalho, constataram que o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  extraía cerca de até 10 vezes menos do que  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HF}$ .

BRASIL SOBRINHO (1966) extraiu o zinco total em alguns solos de São Paulo, digerindo-os com  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  e HF, segundo o método utilizado por MENZEL e JACKSON (1951).

JACINTHO et alii (1969) fizeram digestão do solo usando  $\text{HClO}_4$  e HF para a determinação do teor total de manganês.

Atualmente a maioria dos autores têm recomendado o método de fusão com carbonato de sódio (VIETS e BROWN, 1965; ADAMS, 1965; HESSE, 1971). A desvantagem do método é, porem a necessidade de uso de cadinho de platina, cujo preço, praticamente torna o método inacessível para a maioria dos laboratórios.

O método de digestão com HF, inicialmente empregando também o cadinho de platina por causa da solubilida-

de do vidro a HF, parece extrair totalmente o zinco e manganês do solo. NASSEEM (1980) constatou isso em solos do Egito, na determinação do zinco total. Hoje, o método é perfeitamente viável, substituindo o cadinho de platina com o de teflon, embora o tempo de digestão seja muito mais demorado em virtude da necessidade de se fazer a digestão a temperatura inferior a usada no cadinho de platina. VALADARES (1972) utilizou a digestão com HF em cadinho de teflon para avaliar os teores totais de zinco em solos do estado de São Paulo, concluindo que os mesmos variavam de 9 a 187 ppm, em média, chegando a até 260,8 ppm no Litossolo fase substrato basáltico.

## 2.2. Efeito do calcário na absorção do zinco e do manganês

Provavelmente, o mais importante fator que governa a disponibilidade do zinco e do manganês do solo para as plantas, nas condições normais, é a reação do solo. A absorção desses elementos decresce com a elevação do pH, formando hidróxidos e carbonatos de zinco e hidróxidos e óxidos de manganês de baixa solubilidade. As formas disponíveis desses elementos,  $Zn^{+2}$  e  $Mn^{+2}$ , decrescem cerca de 100 vezes para o aumento de uma unidade de pH, de acordo com LINDSAY (1972). Inúmeros trabalhos foram realizados confirmando esse fato.

Pode-se citar, entre outros, os de ROGERS e WU (1948), VIETS et alii (1954), WEAR (1956), LANGIN et alii (1962), MELTON et alii (1970), para o zinco, e os de PIPER (1931), FUJIMOTO e SHERMAN (1948), PAGE (1964), COLLINS e BUOL (1970), WHITE (1970), GOTOH e PATRICK (1972), para o manganês.

Isto mostra a importância da calagem, que no caso particular do Brasil, pode agravar a deficiência de zinco por um lado, e ser, por outro lado, o meio mais eficiente de controlar a toxidez de manganês, que no feijoeiro, além de afetar a planta em si, prejudica também a fixação do nitrogênio (VOSE e JONES, 1963, e DOBEREINHER, 1966). FREITAS e PRATT (1969) mostraram dados sugerindo que *Phaseolus* e *Stylosanthes* são altamente sensíveis à toxidez do manganês e que a mesma foi eliminada pela calagem. Da mesma forma, FRANCO e DOBEREINER (1971) e VIDOR e FREIRE (1972) conseguiram controlar o efeito tóxico do manganês na soja.

O efeito da calagem na absorção desses elementos, porém, parece não ser devido simplesmente a elevação do pH. Alguns autores tem atribuído também ao efeito direto do cálcio. CHAUDHRY e LONERAGAN (1972) mostraram que o fornecimento de cálcio em concentração crescente provocava grande diminuição na absorção do zinco por plantas de trigo e RASHID et alii (1976) confirmaram esse fato em plantas de arroz. Trabalhos de TAPER e LEACH (1957) com *Phaseolus vulgaris* (kidney

bean), QUELLETTE e DESSUREAUX (1958) com alfafa e VOSE e JONES (1963) com trevo, comprovaram o efeito negativo do cálcio na absorção do manganês.

Estudando o fenômeno com maior profundidade SUTTON e HALLSWORTH (1958), PAGE (1964) e SRIVASTAVA (1966) afirmaram que o efeito do cálcio na disponibilidade do manganês ocorre no solo, enquanto que outros, como EPSTEIN e STOUT (1951), BOWEN (1969) e ROBSON e LONERAGAN (1970) são unânimes em atribuir que o efeito ocorre na raiz da planta.

Convém ressaltar, porém, que existem também trabalhos provando o contrário. WEAR (1956) constatou que a redução na absorção do zinco pelo sorgo foi devido a um efeito direto do pH e não a presença de cálcio. MORRIS e PIERRE (1949) observaram um efeito estimulante do cálcio na absorção do manganês em várias leguminosas, o que foi confirmado por MAAS et alii (1968) em cevada.

#### 2.1.6. Efeito do Nitrogênio e do Potássio na Absorção do Zinco e do Manganês

Alguns pesquisadores têm observado que o nitrogênio reduz a absorção de zinco nas plantas. Várias explicações têm sido propostas para esse efeito antagônico. Entretanto, evidências mostrando o efeito sinérgico do nitrogênio na

absorção do zinco e também do manganês não são poucas.

REUTHER e SMITH (1950) atribuem ao efeito indireto de diluição, provocada pelo estímulo do nitrogênio ao crescimento. CHAUDHRY e LONERAGAN (1970), por sua vez, constataram o efeito depressivo do nitrato de amônio na absorção de zinco e cobre pelo trigo, sem alterar o pH do meio. Já VIETS et alii (1957) e BOAWN et alii (1960) consideram que o mesmo se deve ao aumento no pH provocado pelos fertilizantes nitrogenados fisiologicamente básicos. Esses dois últimos pesquisadores observaram também que o efeito variava com a cultura.

PARKER (1962), PUMPHREY et alii (1963) e GIOR DANO et alii (1966) constataram em milho o efeito sinérgico do nitrogênio na absorção de zinco. Os últimos autores observaram que o efeito era maior com o sulfato de amônio em relação a amônia e uréia, e atribuíram o fato ao efeito do fertilizante no pH do solo, explicação que também STANTON e BURGER (1970) deram quando a aplicação de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  aumentou significativamente a absorção de zinco pelo painço, uma vez que quando o pH foi controlado desapareceu o efeito.

OZANNE (1955), porém, atribui ao aumento na concentração de proteína nas raízes, que conduziria ao aumento na retenção de zinco formando complexo zinco-proteína, impedindo seus movimentos para a parte aérea. Ele se baseou na

tese de GILBERT (1951) que propôs mecanismo semelhante ao efeito de nitrogênio na absorção de cobre.

Provavelmente, TIMONIN (1950) foi um dos primeiros a constatar esse efeito positivo do nitrogênio na absorção do manganês.

LAMM e MAURY (1962) usando sulfato de manganês- $^{54}\text{Mn}$ , observaram que o manganês disponível às plantas de centeio aumentava com a aplicação de nitrogênio.

Para o feijoeiro, que é uma cultura altamente susceptível ao excesso de manganês (HEWITT, 1963), o nitrogênio deve acentuar a toxidez. O trabalho do SIMAN et alii (1971), na Inglaterra, mostrou aumento na toxidez de manganês em *Phaseolus vulgaris* (french bean) após constante aplicação de sulfato de amônio. PALANIYANDI e SMITH (1979), nos Estados Unidos, notaram que o sulfato de amônio e o nitrato de amônio aumentavam o teor de manganês em *Phaseolus vulgaris* (snap beans). No Brasil, o efeito sinérgico do nitrogênio na absorção do manganês tem sido constatado em cafeeiro por MORAES et alii (1976) e MORAES et alii (1979), fato esse que foi também atribuído ao efeito acidificante dos fertilizantes nitrogenados utilizados.

Com relação ao potássio, o efeito deste na absorção do manganês e do zinco parece ser de natureza sinérgi-

ca. JACKSON et alii (1966) verificaram que a aplicação do KCl aumentou o teor de manganês no milho e no feijão, mas que HAMILTON (1966) constatou também o mesmo efeito em aveia e, mais tarde, PALANYANDI e SMITH (1978) observaram esse fato em *Phaseolus vulgaris* (snap bean). Todos esses autores atribuem o efeito ao cloro do KCl.

WESTERMANN et alii (1971) observaram um aumento no teor de manganês "trocável" (extraído com  $Mg(NO_3)_2$  1 N) em solos incubados com diversos sais de potássio, tendo constatados os efeitos serem na seguinte ordem:  $KBr > KCl > KNO_3 > K_2SO_4$ . Relatam que o efeito era devido ao pH somente no caso de  $KNO_3$  e  $K_2SO_4$ . Baseando-se nos resultados e cálculos teóricos, apresentaram hipótese na qual os ânions bromo e cloro atuam na reação de oxi-redução do manganês do solo.

WEAR e PATTERSON (1965) atribuem a sinergia do potássio na absorção do zinco ao efeito indireto do mesmo na relação fósforo-zinco. STUKENHOLTZ et alii (1966) também consideram que o potássio exerce efeito depressivo na absorção do fósforo, beneficiando assim indiretamente os dois micronutrientes.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos do presente trabalho, foram realizados vários experimentos que se passa a descrever:

#### 3.1. Experimento I: Efeito do Zinco e do Manganês da Semente nos Teores desses Elementos da Planta.

Foram cultivados feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) cv. Carioca, soja (*Glycine max* (L.) Merrill) cv. Santa Rosa e trigo (*Triticum aestivum* L.) cv. Maringá IAC-5 em vasos de polietileno contendo 20 kg de solo marcado com Mn-54 ou Zn-65 com atividade de aproximadamente 5  $\mu$ Ci/kg de solo. Obteve-se assim sementes marcadas com esses radioisótopos as quais, após agrupadas em porções de 2 sementes de feijão, 5 de soja, e de 15 sementes para trigo, e determinadas as radioatividades, foram semeadas em vasos de polietileno contendo

do 2 kg de solo. As atividades de Zn-65 e Mn-54 foram determinadas no espectrômetro gama monocanal da Ortec com cristal cintilador de NaI (Tl) de 3 x 3", tipo poço.

Ao todo foram preparados 15 vasos para feijão, 10 para soja e 10 para o trigo. Quinze dias após a semeadura selecionou-se 5 vasos contendo 2 plantas de feijão em cada um, isto é, sem nenhuma falha, as quais foram colhidas e separadas em raízes, caules, folhas primárias, 1º trifólios, 2º trifólios e 3º trifólios. À seguir, foram secas em estufa a 70°C por 48 horas e após a pesagem, moídas e digeridas (digestão nítrico-perclórico) para o preparo de extratos, nos quais foram determinadas as atividades de Zn-65 e Mn-54, no espectrômetro descrito acima.

Aos 30 dias após a semeadura, colheu-se outra remessa de plantas de feijão, selecionando-se vasos sem folhas. As plantas foram separadas em raízes, folhas cotiledonares e partes aéreas.

As plantas de soja e de trigo foram colhidas com 30 dias após a semeadura, tendo-se o cuidado de selecionar apenas vasos sem folhas. As plantas de soja foram separadas em raízes, caules, folhas cotiledonares, 1º trifólio, 2º trifólio e folhas jovens e as de trigo em raízes, folhas cotiledonares, 1ª e 2ª folhas e colmo com demais folhas.

As análises dos diferentes órgãos foram feitas como anteriormente.

Com os dados obtidos, calculou-se as porcentagens de zinco e do manganês da semente que migraram para os diferentes órgãos das plantas, da seguinte forma:

$$\% \text{ Zn SP ou } \% \text{ Mn SP} = \frac{C_p}{C_s} \times 100$$

onde % Zn SP ou % Mn SP é a porcentagem do Zn ou do Mn da semente que migrou para uma determinada parte da planta.

$C_p$  = radioatividade do Zn (ou Mn) na parte da planta

$C_s$  = radioatividade do Zn (ou Mn) na semente

Para a transformação desses valores em pesos, isto é, em micrograma de Zn ou Mn que migrou para a planta, foram utilizados os pesos das sementes e os teores médios do Zn e do Mn determinados no experimento II, e da seguinte forma:

$$\mu\text{g Zn SP} = \frac{\% \text{ Zn SP} \times \text{Zn S} \times n}{100}$$

$$\mu\text{g Mn SP} = \frac{\% \text{ Mn SP} \times \text{Mn S} \times n}{100}$$

onde,

% Zn SP = porcentagem de Zn da semente que migrou para a planta;

% Mn SP = porcentagem de Mn da semente que migrou para a planta;

Zn S = quantidade total de Zn na semente, em  $\mu\text{g}$ ;

Mn S = quantidade total de Mn na semente, em  $\mu\text{g}$ ;

n = numero de sementes

Assim, por exemplo, para o feijoeiro aos 15 dias, o  $\mu\text{g}$  Zn SP da raiz ( $\mu\text{g}$  de Zn da semente que migrou para a planta, que no caso é a raiz) foi calculado como segue:

$$\% \text{ Zn SP} = 5,0; \quad \text{Zn S} = 9,97 \quad \text{e} \quad n = 2$$

$$\mu\text{g Zn SP} = \frac{5,0 \times 9,97 \times 2}{100} = 0,997$$

### 3.2. Experimento II: Efeito das espécies vegetais nas atividades específicas das plantas para $^{65}\text{Zn}$ e $^{54}\text{Mn}$

Em vasos de polietileno, contendo 2 kg de solo PV ou de TE, previamente marcados com Zn-65 e Mn-54, ativida-

des específicas de aproximadamente 5  $\mu\text{Ci}/\text{kg}$  de solo, foram semeadas soja (*Glycine max* (L.) Merril) cv. Santa Rosa, feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. carioca, arroz (*Oryza sativa* L.), cv. IAC 25, tomate (*Lycopersium esculentun* Mill) cv. IPA-2 e trigo (*Triticum aestivum* L.) cv. Maringã IAC-5, na casa de vegetação com três repetições. No 5º dia após a germinação procedeu-se ao desbaste, mantendo 4 plantas por vaso, de feijão, ou soja ou tomate, 6 de trigo e 8 de arroz. O solo PV havia sido marcado com os dois radioisótopos simultaneamente e o TE, separadamente.

Com trinta dias de idade, as plantas foram colhidas, separadas em partes aéreas e raízes, com exceção do feijoeiro, cujas folhas cotiledonares foram colhidas uma semana antes, quando estavam prestes a caírem.

Os extratos para análise e determinação dos teores de Zn e Mn foram feitos como no experimento anterior. As radioatividades de Zn-65 e Mn-54 dos extratos de plantas do solo TE foram detectadas separadamente, uma vez que a marcação no solo não foi simultânea. As amostras provenientes do solo PV, porém, por conterem mistura dos dois radioisótopos, foram contadas nos canais correspondentes aos fotopicos de Zn-65 e depois no do Mn-54, previamente estabelecidos com padrões desses radioisótopos. A atividade de cada radioisótopo foi determinada resolvendo-se um sistema de equações simultâneas, descrito por MONTANHEIRO (1975).

Com dados obtidos calculou-se as atividades específicas de Zn e de Mn (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

Amostras de sementes das culturas utilizadas foram analisadas quanto aos teores de Zn e de Mn, após digestão nítrico-perclórico para a estimativa da distribuição desses elementos da semente nas diferentes partes da planta e para o cálculo de atividades específicas reais.

### 3.3. Experimento III e IV: Avaliação da disponibilidade do zinco e do manganês do solo

#### 3.3.1. Experimento III: Disponibilidade do zinco e do manganês para o feijoeiro

Foram utilizados os seguintes solos: Podzólico Vermelho Amarelo, variação Laras, de Nova Odessa, SP (NO); Solo Podzólico de Lins e Marília, variação Marília, de Jaboticabal, SP (Ja); Latossol Roxo, de Jaboticabal, SP (LR); Terra Roxa Estruturada, de Piracicaba, SP (TE); Latossol Vermelho Escuro textura média, de Piracicaba, SP (LV) e Podzólico Vermelho Amarelo de Juparanã, RJ (Ri). (As letras entre parentesis representam os códigos de cada solo, que serão utilizados nos textos). O experimento foi feito com três repetições.

As características físicas e químicas dos solos encontram-se nas tabelas la, e lb. A análise física foi feita pelo método de pipeta (KILMER e ALEXANDER, 1949) e a análise química foi feita segundo CATANI e JACINTHO (1974).

Cada solo recebeu três tratamentos: a) sem calagem (s/c); b) calagem após a marcação com Zn-65; Mn-54 e Fe-59 (c<sub>1</sub>) e c) calagem antes da marcação (c<sub>2</sub>).

#### a) Tratamento sem calagem (s/c)

Porções de 2300 g de cada solo, passados em peneira de 1 mm, foram marcados com Zn-65, Mn-54 e Fe-59, simultaneamente, com a atividade específica de cerca de 5  $\mu$ Ci de <sup>54</sup>Mn/vaso, 5  $\mu$ Ci de <sup>65</sup>Zn/vaso e de 15  $\mu$ Ci de <sup>59</sup>Fe/vaso. Os radioisótopos, livres de carregador, sob forma de soluções de ZnCl<sub>2</sub>, MnCl<sub>2</sub> e FeCl<sub>3</sub>, foram uniformemente misturados com os solos e colocados nos respectivos vasos. Durante 20 dias foram alternadamente secos e, após uniformemente misturados, umedecidos a capacidade de campo, por três vezes. Essa operação visou uma melhor uniformização da marcação e também, em virtude da forma que se encontrava o Fe-59, Fe<sup>+3</sup>, proporcionar a redução desse elemento para ion Fe<sup>+2</sup>. A redução, porém, provavelmente não ocorreu, uma vez que as contagens obtidas de Fe-59 foram bastante baixas.

**b) Tratamento com calagem após a marcação (c<sub>1</sub>)**

Porções de 2300 g de cada solo, passado na peneira de malha 1mm, foram marcados com os três radioisótopos, como no tratamento s/c. Após a última secagem, cada porção foi misturada com 1,5 g de CaO p.a., e incubada em vaso de polietileno, por um período de 20 dias.

**c) Tratamento com calagem antes da marcação (c<sub>2</sub>)**

Porções de 2300 g de cada solo, foram misturadas cada uma com 1,5 g de CaO p.a., e incubadas em vasos de polietileno, por um período de 20 dias. Os solos, então, foram secos e marcados com os três radioisótopos, como nos outros tratamentos.

Os solos LV e Ja receberam também dois tratamentos adicionais cada um: a) + M s/c, que correspondeu ao tratamento LV s/c, isto é, sem calagem, porém com carregadores de Fe (0,25 µg/g solo), Mn (0,1 µg/g solo) e zinco (0,05 µg/g solo), na forma de cloreto dos respectivos ions, e b) + M c<sub>2</sub> que correspondeu ao tratamento c<sub>2</sub>, isto é, com calagem antes da marcação, porém, com carregador como no tratamento + M s/c.

Todas as porções de solos, após retirada de amostras para análises, foram recolocadas em seus respectivos vasos. Semeou-se feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Ca-

rioca (6 sementes por vaso). Três dias após a germinação foi feito o desbaste, mantendo-se 4 plantas por vaso. Durante o desenvolvimento da planta, na cada de vegetação, manteve-se a umidade do solo a aproximadamente 70% da capacidade de embebição. Com 30 dias de idade as plantas foram colhidas, e após a lavagem com água deionizada, secas em estufa a 70°C por 48 horas; preparou-se os extratos por digestão nítrico-perclórica. Utilizou-se 20 ml de cada extrato para contagem de Zn-65, Mn-54 e Fe-59, no espectrômetro gama monocanal descrito anteriormente. Nestas amostras, porém, como os três radioisótopos estavam presentes simultaneamente, as leituras foram realizadas em três canais distintos, estabelecidos previamente com os padrões desses radioisótopos, de tal maneira que no Canal A, somente o radioisótopo Fe-59 era detectado; no Canal B, Fe-59 e Zn-65 e no Canal C, os três.

Com base nas contagens com os padrões de Fe-59 Zn-65 e Mn-54 nos três canais, obteve-se as contribuições de Fe-59 na contagem de Zn-65, no canal B e as contribuições de Fe-59 e Zn-65 na contagem de Mn-54, no canal C. Resolvendo-se o sistema de equações simultâneas, obteve-se:

$$Fe = a - BG_1$$

$$Zn = b - (BG_2 + 2,0969 Fe)$$

$$Mn = c - (BG_3 + 0,2038 Zn + 0,7174 Fe)$$

onde, Fe, Zn e Mn são as contagens reais de Fe-59, Zn-65 e

Mn-54 de cada amostra respectivamente; a, b e c são as contagens totais no canais A, B e C de cada amostra, respectivamente e BG<sub>1</sub>, BG<sub>2</sub> e BG<sub>3</sub>, as contagens da radiação do fundo (BG) nos canais A, B e C, respectivamente.

Nos extratos foram também determinados os teores de Zn, Mn e Fe, no espectrofotometro de absorção atômica. Com os dados obtidos foram calculados quantidades (totais e reais) de Mn e Zn absorvidos, atividades específicas e valores L.

As quantidades reais de Mn e Zn foram obtidas descontando-se dos totais as quantidades desses elementos provenientes das sementes, determinadas no experimento I (tabela 2.2) pela fórmula:

$$M_{SP/vaso} = \frac{\% M_{SP} \times P_s \times M_s}{100}$$

onde, M SP/vaso é a quantidade, em micrograma, por vaso do elemento (Zn ou Mn) da semente que migrou para a parte aérea; % M SP = porcentagem do elemento (Zn ou Mn) da semente que migrou para a parte aérea (57% para o Zn e 28% para o Mn); P<sub>s</sub> = peso de 4 sementes (0,67 g) e M<sub>s</sub> = teor do elemento na semente (59 ppm para o Zn e 8 ppm para o Mn).

Obteve-se 22,5 micrograma e 5,36 micrograma, respectivamente para zinco e manganês na planta proveniente da

semente.

Para o cálculo das atividades específicas reais (B da tabela 9), foram utilizados os valores da quantidade total dos elementos por vaso descontados de 22,5 µg e 5,36 µg, respectivamente para o zinco e o manganês. As atividades específicas foram determinadas em cpm/µg.

Os valores L foram calculados pela fórmula:

$$L = \frac{\text{cpm total aplicado}}{\text{Atividade específica real na planta}},$$

nos tratamentos sem carregador

$$e \quad L = \frac{\text{Atividade específica de sol. aplicada}}{\text{Atividade específica real na planta}},$$

nos tratamentos com carregador

### 3.3.2. Experimento IV: Extratores

As amostras de solos retiradas antes da semeadura do feijão no 4.3.1. foram agrupadas por tratamento. Em cada extração foi utilizado 10 g de solo e 25 ml do extrator, agitados em Erlenmeyer de 125 ml no agitador de mesa e depois filtrado através de papel de filtro S&S faixa azul.

Uma aliquota de 10 ml de cada extrato foi utilizado para as contagens de Fe-59, Zn-65 e Mn-54, como descrito no 4.3.1. Foram determinados também os teores de Zn e Mn, como no experimento anterior.

Com os dados obtidos calculou-se os teores em ppm, de Zn e Mn no solo e as atividades específicas em contagem por minuto, de Zn-65 (ou Mn-54) por micrograma de Zn (ou Mn).

Foram utilizados os seguintes extratores:

A. Ácidos:

a.  $H_2SO_4$  0,05 N, com períodos de agitação de 15, 30, 60 e 120 minutos;

b. HCl 0,1 N, agitados por 15 e 120 minutos;

c. ácido cítrico 0,05 M, 60 minutos;

d. ácido cítrico 0,5 M, 60 minutos;

B. Sais (60 minutos de agitação):

a.  $MgCl_2$  0,5 N;

b.  $CaCl_2$  0,5 N;

- c.  $\text{CoSO}_4$  0,5 N;
- d. acetato de amônio 0,5 N;
- e. acetato de cálcio 0,5 N;
- f. metavanadato de amônio 0,5 N;
- g.  $\text{KNO}_3$  1 N;

C. Agentes quelantes:

C<sub>1</sub>. Ácido dietileno-triamino-pentacético (DTPA)

a. DTPA-A. É o extrator DTPA segundo LINDSAY e NORWELL (1969): DTPA 0,005 M +  $\text{CaCl}_2$  0,01 M, tamponado pH 7,3 com trietanolamina 0,1 M. Foram utilizados 3 períodos de agitação, 30, 60 e 120 minutos.

b. DTPA-B.  $\text{CaCl}_2$  do DTPA foi substituído por um mais concentrado, de 0,05 M. Agitou-se por 60 minutos.

c. DTPA-C. Neste foi utilizado  $\text{CaCl}_2$  0,1 M. Agitou-se por 60 minutos.

d. DTPA-D. Diferença com o DTPA-A apenas no pH da solução. Foi tamponado a pH 6,5. Agitou-se por 60 minutos.

e. DTPA-Ap. Diferença com o DTPA-A no pH, que neste foi corrigido de acordo com o pH de cada solo. Agitou-se por 60 minutos e 120 minutos.

f. DTPA-Bp. Diferença com o DTPA-B no pH, que neste foi corrigido de acordo com o pH de cada solo. Agitou-se por 60 e 120 minutos.

g. DTPA-Cp. Diferença com o DTPA-C no pH, que neste foi corrigido de acordo com o pH de cada solo. Agitou-se por 60 e 120 minutos.

## C<sub>2</sub>. EDTA (EDTA dissódico):

a. EDTA 0,005 M, 60 minutos de agitação.

b. EDTA + CaCl<sub>2</sub>: EDTA dissódico 0,005 M + CaCl<sub>2</sub> 0,01 M, pH corrigido de acordo com o pH do solo com trietanolamina 0,1 M. Foram utilizados períodos de agitação de 30, 60 e 120 minutos.

## D. H<sub>2</sub>O

Agitou-se o solo durante 30 horas, com água deionizada.

### E. Determinação do Mn e Zn total:

a. Fusão alcalina: 1g de solo foi fundido com 5g de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  em cadinho de platina a  $1200^\circ\text{C}$ . O material fundido foi dissolvido com uma solução de  $\text{HCl}$  10 N, completou-se o volume a 100 ml e filtrou-se (HESSE, 1971).

b. Digestão nítrico-perclórica (N + P): 250mg de solo foi levado a digestão com 5 ml de  $\text{HNO}_3$  concentrado por 2 horas, e 2 ml de ácido perclórico por mais 1 hora, em Erlenmeyer de 50 ml. Completou-se o volume com água a 50 ml, e filtrou-se.

#### c. Digestão nítrico-cloídrico-perclorica

$c_1$ .  $(\text{Cl} + \text{N} + \text{P})_1$ : A digestão de 250 mg de solo foi feita com 5 ml de uma mistura de  $\text{HCl}$  e  $\text{HNO}_3$  concentrado (1 + 1), por 3 horas e 2 ml de ácido perclórico por mais uma hora. Completou-se o volume com água deionizada a 50 ml e filtrou-se.

$c_2$ .  $(\text{Cl} + \text{N} + \text{P})_2$ : Utilizou-se 1 g de solo que foi agitado com 10 ml de uma mistura de  $\text{HCl}$  e  $\text{HNO}_3$  concentrado (1 + 1) por 6 horas e depois levado a digestão, durante 3 horas, colocou-se a seguir 2 ml de ácido perclórico continuando-se a digestão por mais 2 horas. Completou-se o volume com água deionizada a 50 ml e filtrou-se.

d. Digestão com HF (PRATT, 1965)

d<sub>1</sub>. (HF)<sub>a</sub>: 250 mg de solo foi levado a digestão com 5 ml de HF em cadinho de platina por 3 horas e depois por mais 1 hora, com 1 ml de ácido perclórico. Completou-se o volume a 50 ml e filtrou-se.

d<sub>2</sub>. (HF)<sub>b</sub>: Utilizou-se 1 g de solo ao invés de 250 mg e 10 ml de HF. O HF eliminado com 2 ml de ácido perclórico.

3.4. Experimento V: Efeitos do calcário, nitrogênio e POtássio na absorção do zinco e do manganês

Marcou-se uniformemente um solo TE (Terra Roxa Estruturada), cuja características físicas e químicas estão na Tabela 1, com <sup>65</sup>Zn e <sup>54</sup>Mn, atividade específica de 1 µCi/kg de solo. O solo foi então alternadamente seco e umedecido a cerca de 70% de capacidade de campo por um período de cerca de dois meses.

O experimento fatorial, usando este solo marcacado com três repetições, constou de seguintes tratamentos:

O = testemunha	OC = test. c/ calagem
N = Nitrogênio	NC = N + calagem
K = Potássio	KC = K + calagem
NK = Nitrogênio+Potássio	NKC = N + K + calagem

O nitrogênio foi aplicado na forma de uréia, na dosagem equivalente a 200 kg N/ha (considerando 2500t de solo/ha); potássio na forma de KCl, 200 kg K<sub>2</sub>O/ha e calcário, na forma de CaO p.a., na dosagem de 2t de CaO/ha.

O CaO foi uniformemente misturado no solo, umedecido e mantido a 70% da capacidade de campo, por um período de 20 dias. Após esse período, o nitrogênio e o potássio foram aplicados em forma de solução, e outra vez, o solo foi uniformemente misturado após uma semana. Logo depois, semeou-se feijão cultivar 'Carioca' (2 sementes/vaso). Fêz-se desbaste 3 dias após a emergência mantendo-se uma planta por vaso.

As plantas foram colhidas com 35 dias de idade e separadas em parte aérea e raízes. Foram analisadas e determinadas nas radioatividades como no experimento 1. Os dados encontram-se nas Tabelas 42 e 43.

Amostras de solos foram retiradas antes da semeadura, as quais foram agrupadas por tratamento, para análises de zinco e do manganês. Foram usados extratores DTPA (LINDSAY e NORVELL, 1969) e EDTA + CaCl<sub>2</sub> com pH corrigido para cada tratamento (desenvolvido no presente trabalho) para o zinco; e DTPA (LINDSAY e NORVELL, 1969) e CaCl<sub>2</sub> 0,5 M (desenvolvido no presente trabalho) para o manganês. As determinações de <sup>65</sup>Zn e <sup>54</sup>Mn, e Zn e Mn totais nos extratos foram feitas como no experimento anterior.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento 1: Efeito do zinco e do manganês da se mente nos teores desses elementos da planta

Os resultados deste experimento encontram-se, nas tabelas 2.a, 2.b, 2.c e 2.d, os quais serão discutidos por cultura.

#### 4.1.1. Feijão

Aos 15 dias (veja tabela 2.a), 27,5% do zinco radioativo da semente havia migrado para as folhas primárias, enquanto que para as raízes, caule, primeiro, segundo e terceiro trifólios, migraram-se respectivamente 5,0, 4,5, 14,0, 8,5 e 5,0%, totalizando 64,5%, dos quais 59,5% para a parte aérea. Os 35,5% restantes, provavelmente eram as quantidades localizadas na casca e nos cotilédones. Por outro lado, esses valores representam, em relação às quantidades totais de

zinco nesses órgãos, 1% nas raízes; 3,9% no caule; 22,9% nas folhas primárias; 7,2% no primeiro trifólio; 5,4% no segundo trifólio e 5,8% no terceiro trifólio. As porcentagens do zinco na planta proveniente da semente correspondem a 5,5% e 8,9%, respectivamente para a planta toda e à parte aérea.

Com 30 dias (Tabela 2.b), embora não se possa comparar com os dados dos trifólios colhidos aos 15 dias (Tabela 2.a), uma vez que foram todos agrupados numa só amostra, os dados são semelhantes no total: 64,0% de zinco migraram para a planta. Nota-se porém, uma queda no valor das folhas primárias, indicando provavelmente que houve uma redistribuição para as partes novas. Sendo as plantas maiores, era de se esperar que a porcentagem do zinco proveniente da semente, em relação ao total do zinco de cada órgão, diminuísse. De fato, essa porcentagem é de apenas 0,35% nas raízes; 16,8% nas folhas primárias; apenas 2,7% na parte aérea; 1,83% na planta toda e 3,91% na parte aérea total.

Com relação ao manganês deve-se ressaltar a baixa concentração (de apenas 8 ppm) do manganês na semente, se se considerar que normalmente na planta de feijão essa concentração é da ordem de pelo menos 50 ppm, nas condições normais (veja-se tabela 8). Aliás, PIPER e WALKLEY (1943) e WOOD e WOMERSLEY (1946), pesquisadores citados por WILLIAMS (1955), haviam observado que no caso do manganês na aveia, este micronutriente concentrava principalmente nas folhas e

translocava pouco a partir destas; no caso do zinco, foram encontrados que cerca de 34% deste micronutriente era translocado das folhas para os grãos, concentrando nestes. De fato, o teor de zinco determinado na semente é da mesma ordem daquele encontrado na planta.

A migração do manganês na semente de feijão para a planta parece ser muito pequena, sendo de apenas 30% e 34%, respectivamente para a parte aérea total e planta toda, aos 15 dias. Em termo de quantidade, isso representa apenas 0,59% e 0,44% do total desse elemento na parte aérea e na planta toda, respectivamente.

Ainda aos 15 dias, embora as folhas primárias contivessem a maior quantidade do manganês da semente, ou seja 12% do total de 34,0% da planta toda, isso corresponde a apenas 1% em relação ao total deste elemento nas folhas primárias. Em contraste com o zinco, isso representa muito pouco.

Aos 30 dias, os dados da tabela 2.b mostram que as percentagens do manganês da semente que migraram para os ôrgãos da planta e as percentagens do manganês na planta proveniente da semente seguiram as mesmas tendências dos respectivos dados das plantas colhidas aos 15 dias. Apenas 28% do total do manganês da semente migraram para a planta toda.

#### 4.1.2. Soja (Tabela 2.c)

Encontrou-se a maior parte do zinco radioativo da semente nas folhas primárias e no primeiro trifólio da planta de soja, correspondendo a 15,0% e 14,0%, respectivamente. Para o caule, o segundo trifólio, as folhas novas e as raízes, migraram-se 9,0%, 8%, 5% e 4,5% respectivamente. No total, 55,5% do zinco radioativo da semente migrou-se para a planta, e o restante, 44,5%, provavelmente ficaram na casca e cotilédones.

Em relação a quantidade total de zinco de cada órgão, as quantidades deste nutriente proveniente da semente são 2,09% nas raízes, 2,45% no caule, 15,0% nas folhas primárias, 11,97% no primeiro trifólio, 2,4% no segundo trifólio e 1,86% nas folhas novas.

Com relação ao manganês, a maior parte deste elemento concentrou-se em partes iguais no caule e nas folhas primárias (10%). Para as raízes, o primeiro trifólio, o segundo trifólio e as folhas novas, migraram 2,5%, 5,0%, 3,0% e 3,0%, respectivamente. No total, apenas 33,5% do manganês da semente distribuíram-se na planta. Em termos de quantidade, esses valores correspondem, em relação ao total desse elemento em cada órgão, a 0,21% nas raízes, 2,19% no caule, 3,0% nas folhas cotiledonares, 1,47% no primeiro trifólio, 0,59% no segundo trifólio e 0,27% nas folhas novas.

As percentagens de manganês na planta proveniente da semente correspondem a 1,13% e 0,86%, respectivamente para a parte aérea e a planta toda.

#### 4.1.3. Trigo (Tabela 2.d)

Na planta de trigo, a percentagem maior de zinco que migrou para as raízes é de 31%. Porém, em virtude do teor elevado de zinco total nas raízes (350 ppm), o zinco oriundo da semente representa em termo de quantidade, apenas 2,48% do total nas raízes. Para a folha primária, a primeira e segunda folhas e as partes restantes da planta, migraram respectivamente 8,0%, 11,0% e 19,0% do zinco da semente, as quais, em relação a quantidade total de zinco desses órgãos correspondem a 12,44%, 0,96% e 1,73%. As quantidades do zinco proveniente da semente em relação às quantidades de zinco na parte aérea e na planta toda são de 2,75% na parte aérea e 1,86% na planta toda respectivamente.

A semente de trigo, ao contrário das sementes de feijão e de soja, parece conter manganês em teor comparável a da planta (Tabela 3 e 4). As sementes analisadas continham 76 ppm de Mn, próximo às das plantas analisadas, o que sugere que no caso da planta de trigo o mecanismo de redistribuição do manganês seja diferente daquele das plantas de soja e feijão.

O manganês da semente, como no caso do zinco, migrou em maior porcentagem para as raízes (11,5%); mas no total, apenas 36,5% do manganês da semente migrou para a planta, valores próximos às das demais espécies. Para a folha primária, a primeira e a segunda folha juntas e nas demais folhas, migraram 12,0%, 8,5% e 4,5%, respectivamente. Em relação a quantidade total de manganês, considerando que o teor de cálcio existente no solo TE pode de certo modo facilitar a absorção de manganês deste solo.

As quantidades do manganês oriundo da semente, em relação ao total de cada órgão, são de 4,11% nas raízes, 43,83% na folha primária, 9,32% nas primeiras e segunda folhas e 2,56% nas demais folhas. A porcentagem de manganês proveniente da semente é de 9,21% na parte aérea e 6,61% na planta toda.

#### 4.2. Experimento II: Efeito de espécies vegetais na atividade específica de zinco e manganês.

Os resultados deste experimento encontram-se, nas tabelas 4, 5, 6 e 7.

#### 4.2.1. Atividade específica de zinco

Nota-se que, ao contrário do que foi observado por WALLACE et alii (1969), há uma nítida diferença nas atividades específicas do zinco entre as diversas espécies. No solo PV, a atividade específica nas plantas de arroz, que foi a maior, não diferiu estatisticamente apenas daquela das plantas de soja. No solo TE também, as plantas de arroz apresentaram maior atividade específica, porém, diferente daquela da soja. Em ambos os solos os valores das atividades específicas nas plantas de feijão e de trigo são semelhantes.

A baixa atividade específica do zinco nas folhas primárias do feijoeiro, as quais foram coletadas antes da abscisão, deve-se ao zinco oriundo da semente. Sobre isso, <sup>1</sup> havia-se notado no Experimento I que 16,8% do zinco nessas folhas eram proveniente da semente.

As atividades específicas do zinco nas raízes são, de maneira geral, próximas às das plantas.

Analisando-se os dados de teores de zinco, observa-se que as raízes refletem melhor a disponibilidade desse elemento no solo, pois embora em ambos os solos os teores de zinco da parte aérea sejam aproximadamente iguais, no solo TE, que contém maior concentração de zinco, as raízes apresentam teores bem superiores desse micronutriente. <sup>2</sup>

#### 4.2.2. Atividade específica do manganês nas diferentes espécies vegetais utilizadas.

Se bem que o teor do zinco é elevado nos dois solos, o solo PV acusa um teor mais alto de manganês do que o solo TE (Tabela 1). A atividade específica nas plantas de arroz difere estatisticamente das demais espécies. O trigo, a soja, o tomate e o feijão, apresentam valor semelhante, porém, o primeiro mostra valores ligeiramente superior às das outras tres: soja, tomate e feijão.

As atividades específicas nas raízes no solo PV são da mesma ordem de grandeza às das partes aéreas, mas em valores ligeiramente superiores. Não encontramos uma explicação para a baixa atividade específica nas raízes de soja no solo TE.

#### 4.3. Experimento III e IV: Avaliação da disponibilidade do zinco e do manganês para o feijoeiro utilizando diferentes extratores.

Os resultados desta avaliação encontram-se nas Tabela 8 a 41.

Para a avaliação dos extratores, os seguintes parâmetros foram considerados:

- a) Teor de manganês ou de zinco extraído;
- b) Quantidade desses dois micronutrientes absorvidos;
- c) razões entre as atividades específicas do zinco e do manganês na planta e no extrator;
- d) Valor L

Cada extrator ou grupo de extratores, valor L e os totais dos elementos serão discutidos separadamente.

Foram calculados os coeficientes de correlação linear entre teores extraídos e quantidades absorvidas pelas plantas, para todos os tratamentos e em separado para os solos sem calagem. Esses coeficientes de correlação serão designados, daqui em diante, coeficientes de correlação planta/extrator.

#### Extratores:

$H_2SO_4$  0,05 N: O ácido sulfúrico 0,05 N foi o primeiro extrator testado, por diversos motivos: é o extrator comumente utilizado para o fósforo; simples no preparo e é de baixo custo.

Para o zinco (Tabela 10 e 24), esse extrator com diferentes períodos de agitação é o que melhor correlacio

nou com a absorção pela planta (Tabela 8), porém, esse extrator não foi capaz de distinguir o comportamento do zinco nos solos com e sem a calagem, o que é comprovado pelo aumento considerável no coeficiente de correlação quando somente os solos sem calagem são considerados. O zinco extraído com o período de agitação de 15 minutos, na maioria dos solos não diferiu daqueles com maior tempo de extração.

Para o manganês (Tabelas 25 e 41), o coeficiente de correlação planta/extrator foi significativo apenas quando o período de extração foi de 15 minutos. Nota-se que também para esse elemento o extrator não foi capaz de distinguir o comportamento do mesmo nos solos com e sem a calagem. A capacidade de extração aumenta em todos os solos com o aumento no período de agitação, mesmo com 120 minutos.

**HCl 0,1 N:** Como foi visto na revisão de literatura, o ácido clorídrico 0,1 N é o extrator mais utilizado. O seu preparo é também simples e é também de baixo custo.

Foram utilizados dois períodos de agitação: 15 e 120 minutos.

Para o zinco (Tabela 10 e 24), os coeficientes de correlação planta/extrator foi significativo, porém, inferior a do ácido sulfúrico. A extratividade aumentou com o aumento no período de agitação na maioria dos solos, ao contrário

da extração com ácido sulfúrico. Também não houve o efeito da calagem.

Para o manganês (Tabelas 25 e 41), o coeficiente de correlação planta/extrator não foi significativo.

**Ácido cítrico:** O ácido cítrico foi escolhido por ser um ácido orgânico, inicialmente utilizado na determinação do fósforo no solo e posteriormente na análise de fosfatos naturais; é um ácido comumente utilizado nos laboratórios e facilmente encontrado no mercado. Foi usado em duas concentrações, 0,05 M e 0,5 M. Os resultados estão na Tabela 11 e 24. Para o zinco, o coeficiente de correlação foi também significativo em ambas as concentrações, sendo inferior na de 0,5 M. Porém, como os outros dois extratores ácidos testados, não houve diferença na capacidade de extração entre os solos que receberam e não receberam calcário.

Para o manganês (Tabelas 21 e 41), o coeficiente de correlação planta/extrator não foi significativo.

**MgCl<sub>2</sub> 0,5 M:** STEWART e BERGER (1965) justificaram o uso do cloreto de magnésio por ser um sal neutro, o que não alteraria o pH do solo do valor original durante o processo de extração. Outro motivo é que o íon Mg, tendo a mesma carga e o raio iônico próximo ao do íon Zn, deslocaria rapidamente o zinco disponível do solo. Esses pesquisadores

usaram  $MgCl_2$  2 N, porém, escolheu-se uma menor concentração, pois o cloreto de magnésio a 2 N é demasiadamente concentrado (203,33g de  $MgCl_2 \cdot 6H_2O/1$ ).

Préviamente se testou concentrações menores (0,005 M, 0,05 M, 0,01 M e 0,1 M), porém a capacidade de extração diminuía muito, e a extração com 0,5 M, para o zinco nos solos que receberam calagem, valores muitíssimos baixos, na ordem de 0,01 a 0,05 ppm. O pH da solução 0,5 M é de 6,85.

Para o manganês (Tabelas 27 e 41), mostrou uma ótima correlação planta/extrator. Há, porém, um grande inconveniente com esse sal, que é a sua grande higroscopicidade, o que dificultaria enormemente o preparo de concentração com exatidão. Para se ter uma idéia do problema, nenhum dos quatro laboratórios do CENA dispunha desse sal sem estar afetado por umidade. Outro inconveniente, talvez mais grave, é que o zinco e o manganês são impurezas normais do cloreto de magnésio, e se encontram em teores relativamente altos se se considerar para fins de análise de solo. O processo de purificação com tetracloreto de carbono e ditizona mostrou ser bastante tedioso e demorado, pois com três purificações consecutivas ainda não havia sido possível a completa eliminação do zinco e do manganês como impurezas.

Acetato de cálcio 0,5 M e Acetato de amônio 0,5 M: São dois extratores distintos. O pH do primeiro é de 7,95 e do segundo 6,95. O acetato de cálcio a 1 N foi usado por TUCKER e KURTZ (1955) e em combinação com a ditizona por diversos pesquisadores, entre eles SHAW e DEAN (1952) e BROWN e KRANTZ (1961). Não se conhece na literatura o uso de acetato de cálcio, provavelmente devido à natureza básica deste sal, que mesmo a uma concentração 0,05 M, acusa o valor pH de 7,45.

Ambos os extratores foram testados previamente a concentrações mais baixas, de 0,005 M, 0,05 M, 0,01 M e 0,1 M, porém como no caso do cloreto de magnésio, mesmo a 0,5 M, a extratabilidade para o zinco foi bastante baixo.

Para o manganês (Tabelas 27, 31 e 41), os coeficientes de correlação planta/extrator são os mais altos, porém as relações das atividades específicas são mais baixas. O inconveniente destes extratores é também a sua grande higroscopicidade.

$\text{CoSO}_4$  0,5 M: O raio atômico do cobalto tem valor mais próximo dos valores de raio atômico do zinco e do manganês, do que do magnésio. São respectivamente, para Co, Zn, Mn e Mg, de 1,25, 1,35, 1,25 e 1,60 Å<sup>0</sup> (ANDREWS e KOKES, 1965). Essa foi a razão da escolha deste sal de cobalto, que na forma de cloreto se apresenta mais higroscópico, baseando-

-se na mesma premissa da escolha de cloreto de magnésio citado por STEWART e BERGER (1965).

Para o zinco, houve uma boa correlação planta/ extrator, porém, a capacidade extratora foi bastante baixa. As relações de atividades específicas foram também bastante baixas e não significativas. Para o manganês o extrator não foi eficiente.

$\text{KNO}_3$  1 N: O nitrato de potássio foi utilizado por CATANI e GALLO (1951) e FERNANDES (1973) para a extração de manganês, porém esses autores não consideraram a extração pela planta.

A capacidade extratora para o zinco foi muito baixa ou nula, por isso não foram consideradas. Para o manganês, também a extratibilidade foi baixa, e os coeficientes de correlação planta/extrator foram significativos, porém, as relações entre as atividades específicas não foram significativas (Veja-se Tabelas 27 e 41).

$\text{CaCl}_2$  0,5 M: HOYT e NYBORG (1971) usaram o cloreto de cálcio 0,01 M. Uma das vantagens na sua utilização é não ser higroscópico. Testou-se previamente a concentração usada por esses pesquisadores, e outras concentrações menor e maior (0,005 M, 0,05 M e 0,1 M) porém, observou-se que todas apresentavam baixa capacidade de extração. Escolheu-se o

$\text{CaCl}_2$  na concentração de 0,5 M para não ter extrator concentrado demais e evitar a presença de maiores impurezas de zinco e manganês. Para o zinco, notou-se que a presença deste elemento como impureza neste extrator, interferia na determinação do mesmo. O manganês estava presente também como impureza, porém, relativamente em baixa concentração.

Na determinação do zinco a quantidade de zinco encontrado na solução foi descontada dos valores obtidos. Os coeficientes de correlação foram baixos, embora significativos quando foram considerados todos os tratamentos (Tabelas 11 e 24).

As razões entre as atividades específicas eram relativamente altas (Tabela 31).

Para o manganês, porém, este extrator, embora não tenha sido o melhor, parece ser o mais adequado, por uma série de razões: apresenta coeficientes de correlação relativamente altos; acusa a diminuição na disponibilidade devido a calagem e as razões entre as atividades específicas são altas e significativas.

#### DTPA (Ácido dietileno-triamino-pentacético):

Maior ênfase foi dada para esse extrator, uma vez que é um dos mais utilizados atualmente. De acordo com o método original (LINDSAY e NORVELL, 1969), este extrator tem a seguinte compoo

sição: solução de DTPA a 0,005 M +  $\text{CaCl}_2$  0,01 M, tamponado a pH 7,3 com trietanolamina 0,1 M. O período de agitação é de 120 minutos. Desconhece-se a razão da escolha do pH 7,3, pois o trabalho foi publicado somente em forma resumida, no qual os autores não entram em detalhes a respeito do fundamento do método. Observou-se, porém que, com exceção dos solos com valor pH superior a 7,0, nos quais foi feita a calagem, todos apresentavam no final do período de extração de 60 minutos, um pH próximo a neutralidade, o que talvez seja a razão do uso do extrator tamponado a valor pH 7,3.

Foram considerados três parâmetros: período de extração, concentração de cloreto de cálcio e o pH da solução extratora.

1) Período de extração - Além do original, de 120 minutos, foram utilizados períodos de 60 e 30 minutos (Tabelas 12 e 28).

O efeito maior foi para o manganês, embora na maioria dos solos, a capacidade de extração do zinco tenha aumentado também.

Para o manganês (Tabela 41), o coeficiente de correlação planta/extrator foi baixo e não significativo quando se considerou apenas os solos sem calagem.

Se se basear nesse extrator, os solos com maiores teores de manganês seriam o LR (Latosol Roxo) e o TE (Terra roxa estruturada), o que não corresponde a realidade, se se considerar as quantidades absorvidas pelas plantas (Tabela 8), onde demonstra claramente que é o solo Ja (Podzólico de Lins e Marília, variação Marília). Caso o extrator tenha retirado realmente o manganês disponível do solo, a absorção menor desse elemento nos solos TE e LR pode ter sido provocada indiretamente pelo alto teor de cálcio nos mesmos (4,94 e 6,64 emg Ca/100g de solo, respectivamente para LR e TE). Se isso for verdade, o DTPA não poderia representar adequadamente a capacidade extratora do feijoeiro.

Para o zinco (Tabela 24), porém, os coeficientes de correlação foram bastante altos nos três casos, sem apresentar muita diferença entre os períodos de agitação.

2) Concentração do  $\text{CaCl}_2$  - Foram testados o DTPA com concentrações maiores de cloreto de cálcio, 0,05 M e 0,1 M, respectivamente denominados DTPA-B e DTPA-C, com período de agitação de 60 minutos.

Notou-se, tanto para o manganês como para o zinco, que a capacidade de extração diminuiu com o aumento da concentração do cloreto de cálcio.

Para o manganês, o coeficiente de correlação

planta/extrator aumentou um pouco no DTPA-B, porém se se considerar somente os solos sem calagem, o mesmo não é significativo. No caso do zinco, o DTPA-B não mostrou tanto o efeito da calagem, o que se pode observar nos resultados da Tabela 12 e na maior diferença entre o coeficiente de correlação planta/extrator de todos os tratamentos e os dos solos sem calagem.

O DTPA-C não mostrou vantagens sobre os demais, além de dar extratos turvos em um dos solos (LR).

3) pH da solução extratora de DTPA - Supõe-se que o extrator DTPA foi elaborado para as condições dos solos dos U.S.A., provavelmente diferentes dos nossos e com pH maior. Procurou-se então, inicialmente utilizar o extrator com o pH mais baixo, 6,5, o qual foi denominado de DTPA-D. A escolha desse valor deveu-se ao fato de que normalmente é o pH ideal para a maioria das espécies, inclusive o feijão, e raramente os nossos solos ultrapassam esse pH.

3.1) DTPA-D (pH 6,5) - Foi utilizado o período de agitação de 60 minutos.

Para o manganês (Tabelas 28 e 41) o coeficiente de correlação planta/extrator diminuiu mais ainda, isto talvez porque, no caso dos solos LR e TE, a quantidade de manganês extraído foi bem maior. Para o zinco também este extrator não se mostrou vantajoso em relação aos extratores DTPA

3.2) DTPA-Ap; DTPA-Bp; e DTPA-Cp - COX (1968), HAQ e MILLER (1971) e VIETS e LINDSAY (1973) ressaltaram a importância do efeito do pH da solução extratora de zinco e do manganês, muito embora poucos pesquisadores tenham levado em conta esse fator.

Baseando-se nessa premissa, preparou-se os extratores DTPA-A, DTPA-B e DTPA-C, isto é, DTPA com concentrações de cloreto de cálcio de 0,01 M, 0,05 M e 0,1 M, respectivamente, porém, tamponados de acordo com o pH de cada solo, com trietanolamina 0,1 M, os quais foram denominados DTPA-Ap, DTPA-Bp e DTPA-Cp, respectivamente. Assim, foram preparados, cada um deles, com os seguintes pH: 5,35, 6,60 e 6,40, para o solo ND; 5,50, 7,55 e 7,35 para o solo Ja; 6,10, 6,70 e 6,60 para o solo LR; 5,85, 6,10 e 6,20 para o solo TE; 5,70, 6,75 e 6,65 para o solo Ri; 5,40 e 6,70 para o solo LV; 5,40 e 6,75 para o solo LV + M e 5,80 e 7,70 para o solo Ja + M. Foram agitados por 60 e 120 minutos.

Observou-se que para os solos sem calcário, em virtude dos valores pH das soluções serem mais baixos, foram extraídas maiores quantidades do zinco e manganês. A mesma tendência foi observada nos solos os quais foi aplicado calcário, e que tinham pH inferior a 7,3 (pH do DTPA original), porém, as quantidades do zinco e manganês extraídos eram bem menores. De uma maneira geral, houve maiores contrastes entre os solos com e sem a calagem, mostrando maior absorção do zin

co pela planta. Baseando-se nos coeficientes de correlação e planta/extrator e relações de atividade específica, nota-se que o DTPA-Ap apresentou o melhor resultado. Para o manganês entretanto, as correlações planta/extrator pioraram, pois justamente nos solos LR e TE aumentou mais ainda a extratabilidade deste micronutriente. O problema da turvação no extrato agravou-se no caso do DTPA-Cp em relação ao DTP-C.

**EDTA dissódico 0,005 M:** Como foi visto na revisão de literatura, o EDTA é outro extrator complexante bastante utilizado para o zinco e o manganês, embora em diferentes concentrações. No presente experimento foi utilizado EDTA dissódico a 0,005 M, com 60 minutos de agitação.

Como o pH desta solução era extremamente baixo (3,65), de início tentou-se usar o mesmo extrator tamponado a pH 7,0 com trietanolamina. Isto, porém, tornou a solução muito dispersante, produzindo extratos bastante turvos na maioria dos solos. Resolveu-se portanto, usar o EDTA sem corrigir o pH. Nota-se que, o mesmo não acusou as diferenças na disponibilidade do zinco e do manganês entre os solos com e sem calcário, embora o coeficiente de correlação planta/extrator tenha sido relativamente alto para o zinco. Para o manganês, porém, a correlação foi baixa.

**EDTA dissódico + CaCl<sub>2</sub>:** O objetivo principal da escolha deste extrator foi obter uma solução que tivesse

propriedades similares a do DTPA. Isto se deve ao fato de que o DTPA ainda é um complexante pouco conhecido no Brasil e também não se encontra no comércio nacional.

Baseando-se na mesma premissa de que o pH da solução é um parâmetro muito importante a ser considerado na extração, o que foi verificado na utilização do DTPA, resolveu-se preparar o extrator (EDTA dissódico 0,005 M +  $\text{CaCl}_2$  0,01M) com o pH corrigido de acordo com o solo utilizado (como no item 5), com trietanolamina 0,1 M. Uma série de testes preliminares demonstrou que essa concentração de cloreto de cálcio era a mais adequada.

Testou-se 3 períodos de extração: 30, 60 e 120 minutos.

Observou-se que a capacidade de extração aumenta com o período de extração, para ambos os micronutrientes.

Não houve boa correlação entre o manganês extraído por este extrator e aquele absorvido pela planta, como no caso do DTPA. Isto, como foi ressaltado, pode ter sido em virtude do efeito antagônico entre o cálcio principalmente nos solos LR e TE e o manganês. Nesse caso, tanto o DTPA como o EDTA +  $\text{CaCl}_2$  podem estar extraíndo exatamente a quantidade disponível do manganês. Haveria, portanto, necessidade de se fazer um estudo no qual se consideraria o efeito do cálcio dis-

ponível do solo.

Para o zinco, entretanto, este extrator poderá perfeitamente substituir o DTPA, no caso o DTPA-Ap, uma vez que, correlacionou bem com a quantidade extraída pelo feijoeiro. Considerando-se o coeficiente de correlação planta/extrator e as relações entre as atividades específicas. Observa-se que o período de extração de 60 minutos apresentou o melhor resultado. Comparando-se os dados do extrator DTPA-Ap e do EDTA + CaCl<sub>2</sub>, período de agitação de 60 minutos, ambos extraíram quantidades quase iguais.

Para o manganês o EDTA + CaCl<sub>2</sub> apresentou maior capacidade de extração que o DTPA-Ap.

### Valor L

Não houve correlação significativa entre os valores L e as quantidades de manganês absorvidas (Tabelas 24 e 41).

Observa-se que os valores L, para o manganês, correlacionaram melhor com as quantidades deste elemento extraídas com as soluções de maior capacidade de extração, isto é, os ácidos clorídrico, sulfúrico, DTPA, EDTA e EDTA + CaCl<sub>2</sub> (com 120 minutos de agitação) e ácido cítrico com a maior correlação planta/extrator. Comparando-se as quantidades extraí

das com ácido cítrico e os valores L (Tabela 9 e 26), nota-se que os valores L equivalem a 0,79 e 0,80% dos teores obtidos com o ácido cítrico a 0,05 M (tabela 42, coluna  $f_1$  e  $f_L$  s/c). Os valores L correlacionaram-se também com os teores de mang<sub>u</sub>nês total dos solos utilizados.

Para o zinco, como aconteceu para o mang<sub>u</sub>nês, os valores L não correlacionaram com as quantidades de zinco absorvido pelas plantas, porém eles correlacionaram com quase todos os extratores, exceção apenas do  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ , DTPA-Cp e, naturalmente, do  $CaOAc$ , do  $NH_4OAc$  e do  $KNO_3$ , os quais foram considerados inadequados. O coeficiente de correlação entre os valores L e as quantidades de zinco total não foi também significativo.

Está claro, pelo resultado, que o valor L não corresponde a quantidade do nutriente, no caso Zn ou Mn, que a planta realmente extraiu. Na realidade, parece que o valor L dá uma idéia da reserva do elemento existente no solo ("pool lábil"), não disponível de imediato às plantas, mas que eventualmente poderá vir a sê-lo, durante o desenvolvimento da planta (LOPEZ e GRAHAM, 1970). Tudo isto é válido, se se pressupor que o equilíbrio isotópico tenha ocorrido normalmente sem contudo ter havido reações secundárias indesejáveis, tais como reações de fixação.

Teoricamente as atividades específicas nos tra

tamentos s/c (solos sem a calagem) e  $c_1$  (calagem depois da marcação) deveriam ser iguais e inferiores a do  $c_2$  (calagem antes de marcação), porém tal não aconteceu. Isto demonstra que nos casos do  $c_1$ , provavelmente quando foi feita a aplicação do calcário o equilíbrio isotópico ainda não havia sido atingido, muito embora LAMM (1960) observara que o equilíbrio isotópico de manganês havia ocorrido aos 20 dias. Por outro lado, nos casos do  $c_2$ , quando se fez a marcação, talvez o efeito do calcário não havia cessado ainda. É de se supor, portanto, que nos solos que receberam a calagem, os valores  $L$  não corresponderam aos valores reais. Nessas condições, haveria necessidade de completo equilíbrio isotópico e também fazer a marcação com o radioisótopo somente após o efeito da calagem estiver completo, o que é difícil prever.

WALLACE e MUELLER (1968) relataram que a atividade específica do manganês nas plantas de feijão era aproximadamente igual a do extrato do solo obtido com hidroquinona 0,1 N em acetato de amônio a pH 7,0 e a do DTPA, porém a atividade específica do manganês nas plantas de milho equivalia a do acetato de amônio. No presente experimento, analisando-se as relações de atividades específicas planta/extrator, observa-se que a maioria dos extratores apresentam valores próximos as das plantas, isto é, eles têm as mesmas atividades específicas. Acredita-se que as extrações pelos diferentes extratores ocorrem do mesmo "pool", uma vez que, as atividades

específicas são semelhantes.

### Zinco e Manganês totais e solúveis em água

Os resultados estão nas tabelas 11, 24, 26, 40 e 41.

A fusão alcalina extraiu maior quantidade do zinco e do manganês, vindo em segundo lugar a digestão com ácido fluorídrico. A eficiência da extração com ácido nítrico e perclórico foi a mais baixa. NASSEEM (1980) obteve resultados semelhantes para o cobre e o zinco total.

Embora a fusão alcalina e digestão com HF sejam os melhores, o grande inconveniente é o custo elevado do cadinho de platina. A fusão alcalina apresentou também a desvantagem da enorme dificuldade na dissolução do material fundido que, conforme o solo, leva de 3 a 4 horas para a completa dissolução.

Não houve correlação (Tabelas 24 e 41) entre o manganês e o zinco totais dos solos e respectivas quantidades desses elementos absorvidos pelas plantas. Para o caso do zinco, os teores totais não correlacionaram com as quantidades extraídas de nenhum extrator, mas para o manganês, houve correlação entre as quantidades totais e os extraídos pelo HCl, ácido cítrico e o valor L.

Dos solos estudados, o LR é o que contém maior teor total, tanto do zinco como do manganês, respectivamente 230 e 730 ppm.

Embora PAGE et alii (1962) afirmem que o teor de manganês solúvel a água é proporcional ao total, não houve essa correlação no presente trabalho; concorda porém, com o trabalho do ADAMS e WEAR (1957), que observaram que a toxicidade de manganês em algodão estava relacionada com o nível deste elemento solúvel em água, pois o solo de maior teor solúvel em água é justamente o Ja, que apresentou sintoma de toxicidade do manganês. Alguns solos contêm teores de manganês solúvel em água abaixo da detectabilidade do aparelho, o que aconteceu também com a maioria dos solos usados, para o zinco, na presença do calcário.

#### 4.4. Experimento V: Efeitos de N, K e Calcário na absorção do zinco e manganês pelo feijoeiro no solo TE.

Os resultados deste experimento encontram-se nas tabelas 42, 43 e 44.

Como era de se esperar, o efeito da calagem na absorção do zinco e do manganês foi marcante, diminuindo em quase cinco vezes o teor de manganês e 50% o teor do zinco.

Observou-se também, aumentos significativos nos

teores de manganês na planta com a aplicação do nitrogênio, triplicando esses valores com relação a testemunha. Provavelmente, esta seja a causa da diminuição do peso nas plantas no tratamento com nitrogênio (sem a calagem), que foi significativamente inferior aos demais tratamentos. O potássio também aumentou significativamente a absorção de manganês, mas em menor proporção.

Por outro lado, o efeito do nitrogênio na absorção do zinco, também foi positivo, havendo um aumento de aproximadamente 2,5 vezes em relação a testemunha. Não se notou, porém, o efeito do potássio.

Na presença de calcário, os efeitos do nitrogênio e do potássio na absorção do manganês desaparecem. No caso do zinco, porém, o efeito continua, embora com menor intensidade.

Analisando-se as atividades específicas, observa-se que para o manganês há um aumento considerável das mesmas na presença do nitrogênio e potássio, o que demonstra que as quantidades extras absorvidas devem ter ocorrido do "pool desse elemento facilmente disponível", isto é, os fertilizantes aplicados não devem ter influenciado na solubilidade do manganês menos disponível. Os resultados da análise do solo corroboram este fato, uma vez que, não se notou efeitos do nitrogênio e do potássio no pH, a qual era de "per si" bastante bai-

xo no solo utilizado e nem na extratabilidade desses dois elementos. As atividades específicas nos extratos dos solos são bastante próximas às das plantas, o que confirma a semelhança entre a extração pelos extratores usados ( $\text{CaCl}_2$  0,5 M para o Mn e EDTA +  $\text{CaCl}_2$  para o Zn) e a capacidade sorvente das raízes do feijoeiro.

Os efeitos do nitrogênio e potássio no presente trabalho, portanto, devem ser de natureza sinérgica, em parte, contrariando os trabalhos de alguns pesquisadores. Recorde-se que WEAR e PATTERSON (1965) e STUKENHOLTZ et alii (1966) consideram que o aumento na absorção do zinco se deve ao efeito indireto do potássio na relação zinco-fósforo. Cabe ressaltar que, o efeito pode não ter sido do potássio e, sim do íon acompanhante  $\text{Cl}^-$ , como é atribuído por HAMILTON (1966), JACKSON et alii (1966) e PALANYIANDI e SMITH (1978).

Os resultados da análise dos solos permitem algumas observações interessantes. A calagem, de fato diminuiu a disponibilidade dos micronutrientes zinco e manganês, como foi observado por SUTTON e HALLSWORTH (1958), PAGE (1964) e SRIVASTAVA (1966), porém, não a tal ponto de provocar reduções drásticas na absorção desses elementos como aconteceu no presente experimento. Provavelmente, esta redução ocorreu também em virtude do efeito antagônico cálcio-zinco e cálcio-manganês na planta.

## 5. CONCLUSÕES

a) Do total do zinco da semente de feijão, 59,5% do Zn migraram para a parte aérea da planta e 5,0% para as raízes, indo a maior parte (27,5%) para as folhas primárias. A porcentagem deste elemento na parte aérea proveniente do fertilizante, em relação ao total, é de apenas 3,91%.

b) Do total do manganês da semente de feijão, apenas 30% vão para a planta toda, dos quais apenas 4% para as raízes e 12% para as folhas primárias.

c) Na planta de soja, 55,5% do zinco da semente migraram para a planta, dos quais 4,5% para as raízes e apenas 33,5% do manganês migraram para a planta.

d) Na planta de trigo, 31% do zinco da semente migraram para as raízes e 38% para a parte aérea e apenas 38,5% do manganês da semente migraram para a planta toda, dos

quais 11,5% para as raízes.

e) As atividades específicas, tanto do zinco como do manganês variaram com as espécies vegetais estudadas, indicando que deve existir para cada espécie um extrator específico.

f) Dos extratores testados, o DTPA-Ap (DTPA tamponado de acordo com o pH do solo) e o EDTA + CaCl<sub>2</sub> (tamponado de acordo com o pH do solo) são os melhores para a avaliação da disponibilidade do zinco do solo, para o feijoeiro.

g) Dos extratores testados, o CaCl<sub>2</sub> 0,5 M é o melhor para a avaliação da disponibilidade do manganês do solo, para o feijoeiro, porém, o DTPA de LINDSAY e NORVELL não deu resultado satisfatório nos solos utilizados.

h) A maioria dos extratores, com exceção dos acima mencionados, não distinguem, ou distinguem pouco, o comportamento do zinco e do manganês nos solos com e sem calagem.

i) A extração do manganês e do zinco pelos extratores estudados devem ocorrer de um mesmo "pool" destes nutrientes no solo.

j) A fusão alcalina é o melhor método para a

avaliação de zinco e do manganês total, porém, o teor total de zinco e manganês não correlacionaram com as quantidades dos respectivos elementos absorvidos pelo feijoeiro.

k) O valor L de zinco e de manganês não corresponde ao teor de zinco e do manganês do solo disponível de imediato.

l) O nitrogênio aumenta a absorção do manganês e zinco pelo feijoeiro, enquanto que o potássio aumenta só do manganês.

## 6. LITERATURA CITADA

ADAMS, F., 1965. Manganese. In: BLACK, C.A.; D.D. EVANS; J.L. WHITE; L.E. ENSMINGER e F.E. CLARK, Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisc., Agronomy, 9: 1011-1018.

ADAMS, F. e J.J. WEAR, 1957. Manganese toxicity and soil acidity in relation to crinkle leaf of cotton. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21: 305-308.

ALLEY, M.M.; D.C. MARTENS; M.G. SCHNAPPINGER, JR. e G.H. HAWKINS, 1972. Field calibration of soil test for available zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 36: 621-624.

ANDREWS, D.H. e R.J. KDKES, 1965. Quimica Geral. Trad. de SANTOS, O.F.; C.E.M. NEVES e J.L.S. TRAVASSO. Ao Livro Técnico S.A. e Editora da USP. Rio de Janeiro e São Paulo. 931 p.

BOAWN, L.C.; F.G. VIETS, JR.; C.L. CRAWFORD e J.L. NELSON, 1960. Effect of nitrogen carrier, nitrogen rate, zinc rate, and soil pH on zinc uptake by sorghum, potatoes, and sugar beets. Soil Sci., Baltimore, 90: 329-337.

- BOWEN, J.E., 1969. Absorption of copper, zinc and manganese by sugar cane leaf tissues. Plant Physiol., Lancaster, 44: 255-261.
- BRADFORD, G.F.; F.L. BAIR e V. HUNSAKER, 1971. Trace and major element contents of soil saturation extracts. Soil Sci., Baltimore, 112: 225-230.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do B., 1966. Levantamento do teor de zinco em alguns solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP. 96p. (Tese de Cátedra).
- BROWN, A.L. e B.A. KRANTZ, 1961. Zinc deficiency diagnosis through soil analysis. Calif. Agr., 15: 15.
- BROWN, A.L.; B.A. KRANTZ e P.E. MARTIN, 1962. Plant uptake and fate of soil applied zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 26: 167-170.
- BROWN, A.L.; B.A. KRANTZ e P.E. MARTIN, 1964. The residual effect of zinc applied to soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 28: 236-238.
- BROWN, A.L.; J. QUIRK e J.L. EDDINGS, 1971. A comparison of analytical methods for soil zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 35: 105-107.

- BROWN, J.R. e R.W. McCORMICK, 1971. The influence of soil treatments on elemental composition of corn and on zinc soil tests on two Missouri soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., Nova York, 2: 207-217.
- CATANI, R.A. e J.R. GALLO, 1951. A extração do manganês e suas formas de ocorrência em alguns solos do estado de São Paulo. Bragantia, Campinas, 11: 255-266.
- CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Análise química para avaliar a fertilidade do solo. Piracicaba, ESALQ/USP- 57p. (Boletim Técnico Científico nº 37).
- CARMELLO, Q.A. de C., 1980. Comunicação particular.
- CASIDA, JR. L.E. e T. SANTORÓ, 1961. Growth response of some soil microorganisms to manganese. Soil Sci., Baltimore, 92: 287-297.
- CHAUDHRY, F.M. e J.F. LONERAGAN, 1970. Effects of nitrogen, copper, and zinc fertilizers on the copper and zinc nutrition of wheat plants. Aust. J. Agr. Res., Melbourne, 21: 865-879.
- CHARUDHRY, F.M. e J.F. LONERAGAN, 1972. Zinc absorption by wheat seedlings and the nature of its inhibition by alkaline earth cations. J. Exp. Bot., Oxford, 23: 552-560.

- COLLINS, J.F. e S.W. BUOL., 1970. Effect of fluctuations in the Eh-pH environment on iron and/or manganese equilibrium. Soil Sci., Baltimore, 110: 111-118.
- CDX, F.R., 1968. Development of a yield response prediction and manganese soil test interpretation for soybeans. Agron. J., Madison, 60: 521-524.
- DOBBEREINHER, J., 1966. Manganese toxicity effects in modulation and nitrogen fixation of beans (*Phaseolus vulgaris*, L.) in acid soils. Plant and Soil, The Hague, 24: 153-166.
- DOLAR, S.G.; D.R. KEENEY e L.M. WALSH, 1971. Availability of copper, zinc and manganese in soils. III. Predictability of plant uptake. J. Sci. Food. Agr., Washington, 22: 282-288.
- DONALD, C.; B.J. PASSEY e R.J. SWABY, 1952. Bioassay of available trace metals from Australian soils. Austr. J. Agr. Res., Melbourne, 3: 305-325.
- DUANGPATRA, P.; J.L. SIMS e J.H. ELLIS, 1979. Estimating plant available manganese in selected Kentucky soils. Soil Sci., Baltimore, 127: 35-40.

- EPSTEIN, E. e P.R. STOUT, 1951. The micronutrient cations iron, manganese, zinc, and copper: Their uptake by plants from the adsorbed state. Soil Sci., Baltimore, 72: 47-65.
- EVANS, C.E.; J.I. WEAR; B.F. HAJEK e J.T. COPE JR., 1974. The relationship of soil zinc removed by three extractants to zinc uptake by corn and sorghum in medium - to fine textured soils. Comm. Soil Sci. Plant Anal., New York., 5: 105-113.
- FERNANDES, V.L. B., 1973. Avaliação dos teores de manganês total e trocável em alguns solos do Estado de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP, 87p. (Dissertação de Mestrado).
- FOLLETT, R.H. e W.L. LINDSAY, 1970. Profile distribution of zinc, iron, manganese and copper in Colorado soils. Colorado Exp. Sta. Tech. Bull., Fort Collins, 110. 79p.
- FRANCO, A.A. e J. DOBEREINER, 1971. Toxidez de manganês de um solo ácido na simbiose soja-*Rhizobium*. Pesq. Agr. Bras. Rio de Janeiro, 6: 57-66.
- FREITAS, L.M.M. e P.F. PRATT, 1969. Respostas a três leguminosas a calcário em diversos solos ácidos de São Paulo. Pesq. Agropec. Bras., Rio de Janeiro, 4: 89-95.

- FUJIMOTO, C.K. e G.D. SHERMAN, 1948. Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle. Soil Sci., Baltimore, 66: 131-145.
- GILBERT, G.S., 1951. A biochemical bases for copper-nitrogen balances in tung. Plant Physiol., Lancaster, 26: 398-407.
- GIORDANO, P.M.; J.J. MORTVEDT e R.J. PAPENDICK, 1966. Responses of corn (*Zea mays* L.) to zinc, as affected by placement and nitrogen source. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 30: 767-778.
- GOTOH, S. e W.H. PATRICK JR., 1972. Transformation of manganese in a waterlogged soil as affected by redox potential and pH. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 36: 738-741.
- HAMILTON, H.A., 1966. Effect of nitrogenous and potassic salts with phosphates on the yield and phosphorus, nitrogen, and manganese contents of oats (*Avena sativa* L.). Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 30: 239-242.
- HAMMES, J.K. e K.C. BERGER, 1960. Manganese deficiency in oats and correlation of plant manganese with various soil tests. Soil Sci., Baltimore, 90: 239-244.
- HAQ, A.V. e M.H. MILLER, 1971. Prediction of available soil zinc, copper, and manganese using chemical extractants.

- Agron. J., Madison, 64: 779-782.
- HESSE, P.R., 1971. A Textbook of Soil Chemical Analysis. London, John Muray (Publishers) Ltd. 520p.
- HEWITT, E.J., 1963. The essential nutrient elements: Requirements and interactions. In: STEWARD, F.C. Ed., Plant Physiology, Vol. II. Academic Press, New York.
- HIBBARD, P.L., 1940. The chemical status of zinc in the soil with methods of analysis. Hilgardia, Berkeley, 13: 1-29.
- HOROWITZ, A. e H. da S. DANTAS, 1966. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. I. Mn na zona da Mata e do Sertão. Pesq. Agrop. Bras., Rio de Janeiro, 1: 383-390.
- HOYT, P.B. e M. NYBORG, 1971. Toxic metals in acid soils. II. Estimation of plant-available manganese. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 35: 241-244.
- JACINTHO, A.O.; R.A. CATANI e A. PIZZINATTO, 1969. A determinação do teor total de cobre, ferro, alumínio, manganês e fósforo do solo. Anais da Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 26: 157-172.
- JACINTHO, A.O.; R.A. CATANI e A. PIZZINATTO, 1971. Extração e determinação do teor solúvel de zinco do solo. Anais

Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 28: 275-285.

JACKSON, T.L.; D.T. WESTERMAN e D.P. MOORE, 1966. The effect of chloride and lime on the manganese uptake by bush beans and sweet corn. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 30: 70-73.

JENSEN, H.L., e C.G. LAMM, 1961. On zinc content of Danish soils. Acta. Agr. Scand., Stockholm, 11: 63-81.

JOHN, M.K., 1972. Influence of soil properties and extractable zinc on zinc availability. Soil Sci., Baltimore, 113: 222-227.

JONES, L.P. e G.W. LEEPER, 1951. Analysis for "available" manganese in soils. Soil Sci., Baltimore, 82: 154-159.

KANEHIRD, Y. e G.D. SHERMAN, 1967. Distribution of total and 0,1 N hydrochloric acid-extractable zinc in Hawaiian soil profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 31:394-399.

KILMER, V.J. e L.T. ALEXANDER, 1949. Methods of making mechanical analysis of soils. Soil Sci., Baltimore, 68: 15-26.

LAMM, C.G., 1960. Some investigations of the chemistry and plant uptake of manganese in soils by use of radioactive manganese. In: 7th Int. Cong. of Soil Science, Madison,

Wisc. U.S.A., 223-229.

LAMM, C.G. e M. MAURY, 1962. The influence of the rate of plant growth on the uptake of manganese from soil and fertilizer. Acta Agr. Scand., Stockholm, 12: 9-15.

LANGIN, E.J.; R.C. WARD; R.A. OLSON e H.F. ROADES, 1962. Factors responsible for poor responses of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization. II. Lime and phosphorus placement effects of phosphorus-zinc relations. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 29: 411-413.

LARSEN, S., 1952. The use of  $^{32}\text{P}$  in studies on the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil, The Hague, 4: 1-10.

LINDSAY, W.L., 1972. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J., P.M. GIORDANO e W.L. LINDSAY, ed. Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, USA. p. 41-57.

LINDSAY, W.L. e W.A. NDRVELL, 1969. Development of a DTPA micronutrient soil test. Agron. Abstr., Madison, p. 84.

LOPEZ, P.L. e E.R. GRAHAM, 1970. Isotopic exchange studies of micronutrients in soils. Soil Sci., Baltimore, 110: 24-30.

LOPEZ, P.L. e E.R. GRAHAM, 1972. Labile pool and plant uptake of micronutrients. I. Determination of labile pool

- of manganese, iron, zinc, cobalt, and copper in deficient soil by isotope exchange. Soil Sci., Baltimore, 114: 295-299.
- MAAS, E.V.; D.P. MOORE e B.J. MASON, 1968. Manganese absorption by excised barley roots. Plant Physiol., Lancaster, 43: 527-530.
- MALAVOLTA, E., 1967. Manual de Química Agrícola - Adubos e Adubação. 2.<sup>a</sup> ed. São Paulo. Editora Agronomica "Ceres". 606p.
- MALAVOLTA, E.; J.R. SARRUGE e V.C. BITTENCOURT, 1977. Toxicidade de alumínio e de manganês. In: FERRI, M.C., Coord. - 1977. IV Simpósio sobre o cerrado. Bases para utilização agropecuária. São Paulo, Editora da USP e Belo Horizonte, Livraria Itatiaia Editora Ltda. p. 275-301.
- MARTENS, D.C., 1968. Plant availability of extractable boron, copper, and zinc as related to selected soil properties. Soil Sci., Baltimore, 106: 23-28.
- MARTENS, D.C.; G. CHESTERS e J.T. MURDOCK, 1964. Available zinc status of Wisconsin soils as determined by *Aspergillus niger*. Agron. J., Madison, 56: 262-265.
- MARTENS, D.C.; G. CHESTERS e L.A. PETERSON, 1966. Factors controlling the extractability of soil Zn. Soil Sci. Soc.

- Amer. Proc., Madison, 30: 67-69.
- McAULIFFE, C.D.; N.S. HALL; L.A. DEAN e S.B. HENDRICKS, 1948. Exchange reactions between phosphates and soils: Hydroxylic surface of soil minerals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 12: 119-123.
- MELTON, J.K.; B.G. ELLIS e E.C. DOLL, 1970. Zinc, phosphorus and lime interactions with yield and zinc uptake of *Phaseolus vulgaris*. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 34: 91-93.
- MENZEL, R.G. e M.L. JACKSON, 1951. Determination of copper and zinc in soils or plants. Anal. Chem., Washington, 12: 1861-1863.
- MONTANHEIRO, M.N.S., 1975. Espectrometria gama monocanal para detecção conjunta de  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{59}\text{Fe}$  em soluções e tecido vegetal. Piracicaba, ESALQ/USP, 74p. (Dissertação de Mestrado).
- MORAES, F.R.P.; W. LAZZARINI; G. CERVELLINI; S.V. TOLEDO e M. FUJINARA, 1976. Fontes e doses de nitrogênio na adubação química do cafeeiro. Bragantia, Campinas, 35, 63-77.
- MORAES, F.R.P.; J.R. GALLO; T. IGUE e J.J. FIGUEIREDO, 1979. Efeito de três fertilizantes acidificantes sobre a concentração de alumínio e de manganês em folhas e raízes de ca

- feeiro. Bragantia, Campinas, 38: 7-17.
- MORRIS, H.P. e W.H. PIERRE, 1949. Minimum concentrations of manganese necessary for injury to various legumes in culture solutions. Agron. J., Madison, 41: 107-112.
- NASSEN, M.G., 1980. Determination of total copper and zinc content of egyption soils using three different methods. Plant and Soil, The Hague, 55: 327-331.
- NELSON, J.L.; L.C. BOAWN, e F.G. VIETS JR., 1959. A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and "titratable alkalinity" values. Soil Sci., Baltimore, 88: 275-283.
- NEPTUNE, A.M.L., 1964. A técnica do valor A na determinação do fósforo disponível do solo e do fertilizante, utilizando o arroz (*Oryza sativa*, L.). Piracicaba, ESALQ/USP. 75p. (Tese de Livre-Docência).
- NEPTUNE MENARD, L. e A. CAMPANELLI, 1961. Determinação e comparação dos valores Mi, A, Y e S, em dois tipos de solos do Estado de São Paulo. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 18: 349-359.
- NICHOLAS, D.J.D., 1950. Use of *Aspergillus niger* for determining magnesium, copper, zinc and molibidenium in soils. J. Sci. Food and Agr., Washington, 1: 339-344.

OUELLETTE, G.J. e L. DESSUREAU, 1958. Chemical composition of alfalfa as related to degree of tolerance to manganese and aluminium. Can. J. Plant Sci., Ottawa, 38: 206-214.

OZANNE, P.G., 1955. The effect of nitrogen on zinc deficiency in subterranean clover. Aust. J. Biol. Sci., Melbourne, 8: 47-55.

PAGE, E.R., 1964. The extractable manganese of soil. J. Soil Sci., Oxford, 15: 93-102.

PAGE, E.R.; E.K. SCHOFIELD-PALMER e A.J. MCGREGOR, 1962. Studies in soil and plant manganese. I. Manganese in soil and its uptake by oats. Plant and Soil, The Hague, 16: 238-246.

PAIVA NETTO, J.E. de, 1941. O manganês e os solos do Estado de São Paulo. Rev. Agr., Piracicaba, 16: 515-583.

PALANIYANDI, R. e C.B. SMITH, 1978. Growth and nutrient interrelationships in snap beans as affected by several sources of potassium and magnesium. J. Amer. Soc. Hort. Sci., Mount Vernon, 103: 109-113.

PALANIYANDI, R. e C.B. SMITH, 1979. Effects of nitrogen sources on growth responses and magnesium and manganese leaf concentrations of snap beans. Comm. Soil Sci. Plant Anal., New York, 10: 869-881.

- PARKER, D.T., 1962. Influence of mulching on the manganese content of corn plant tissue. Agron. J., Madison, 54: 303-305.
- PEASLEE, D.E., 1980. Effect of extractable zinc, phosphorus, and soil pH on zinc concentrations in leaves of field-grown corn. Comm. Soil Sci. Plant Anal., New York, 11: 417-425.
- PIPER, C.S., 1931. The availability of manganese in the soil. J. Agric. Sci., London, 21: 762-779.
- PRATT, P.F., 1965. Digestion with hydrofluoric and perchloric acids for total potassium and sodium. In: C.A. BLACK; D.D. EVANS; J.L. WHITE; L.E. ENSMINGER e F.E. CLARK, Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Amer. Soc. Agron., Madison, Wis., Agronomy, 9: 1019-1021.
- PUMPHREY, F.V., F.E. KUHLE; R.R. ALLMARAS e S. ROBERTS, 1963. Method and rate of applying zinc sulphate for corn on zinc deficient soil in Western Nebraska. Agron. J. Madison, 55: 235-238.
- RASBERRY, F.P. e J.D. LANCASTER, 1977. A comparative evaluation of the Mississippi soil test method for determining available manganese, magnesium and calcium. Comm. Soil Sci. Plant Anal., New York, 8: 327-339.

- RASHID, A.; F.M. CHAUDHRY e M. SHARIF, 1976. Micronutrient availability to cereals from calcareous soils. III. Zinc absorption by rice and its inhibition by important ions of submerged soils. Plant and Soil, The Hague, 45:613-623.
- REUTHER, R. e P.E. SMITH, 1950. A preliminary report on the relation of nitrogen, phosphorus, and magnesium fertilization to yield, leaf composition and incidence of zinc deficiency in oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Beltsville, 56: 27-33.
- ROBSON, A.D. e J.F. LONERAGAN, 1970. Sensitivity of annual Medicago species to manganese toxicity as affected by calcium and pH. Austr. J. Agr. Res., Melbourne, 21:223-232.
- ROGERS, L.H. e CHIK-HWA WU, 1948. Zinc uptake by oats as influenced by application of lime and phosphorus. Agron. J. Madison, 40: 563-566.
- RULE, J.H. e E.R. GRAHAN, 1976. Soil labile pools of manganese iron and zinc as measured by plant uptake and DTPA equilibrium. Soil Sci. Soc. Amer. J., Madison, 40:853-857.
- RUSSELL, R.S.; J.B. ERICKSON e S.N. ADAMS, 1954. Isotopic equilibria between phosphates in soil and their significance in the assessment of fertility by tracer methods. J. Soil Sci., Oxford, 5: 85-105.

- SHAW, E. e L.A. DEAN, 1952. Use of dithizone as an extractant to estimate the zinc nutrient status of soils. Soil Sci., Baltimore, 73: 341-347.
- SHUMAN, L.M. e O.E. ANDERSON, 1974. Evaluation of six extractants for their ability to predict concentrations in wheat and soybeans. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 38: 788-790.
- SIMAN, A.; F.W. CRADDOCK; P.J. NICHOLLS e H.C. KIRTON, 1971. Effects of calcium carbonate and ammonium sulphate on manganese toxicity in acid soil. Austr. J. Agric. Res. Melbourne, 22: 201-214.
- SORENSEN, R.C.; D.O. DELSLIGLE e D. KNUDSEN, 1971. Extraction of Zn, Fe, and Mn from soils with 0,1 N hydrochloric acid as affected by soil properties, solution: soil ratio, and length of extraction period. Soil Sci., Baltimore, 111: 352-359.
- SRIVASTAVA, S.C.; M.P. AGARWAZ e S.M. JOFRI, 1966. Iron manganese relationship of chlorotic sugarcane plants grown on a high-lime soil. Soil Sci., Baltimore, 102: 208-211.
- STANTON, D.A. e R. DU T. BURGER, 1970. Studies on zinc in selected orange free state soils. IV. Factors affecting the availability of zinc. Agrochemophysica, Pretoria, 2: 33-40.

- STEWART, J.A. e K.C. BERGER, 1965. Estimation of available soil zinc using magnesium chloride as extractant. Soil Sci., Baltimore, 100: 244-250.
- STEWART, J.W.B. e A.M.L. NEPTUNE, 1975. Micronutrient problems in Brazilian soils with special emphasis on zinc. In: A Technical Document Issued by the IAEA, VIENNA. Boletim IAEA-172, p. 89-102.
- STUKENHOLTZ, O.D.; R.J. OLSEN; G. GOGAN e R.A. OLSON, 1966. On the mechanism of P-Zn interaction in corn nutrition. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 30: 759-763.
- SUTTON, C.D. e E.C. HALLSWORTH, 1958. Studies on the nutrition of forage legumes. I. The toxicity of low pH and high manganese supply to lucerne as affected by climatic factors and calcium supply. Plant and Soil, The Hague, 9: 305-317.
- SWABY, R.J. e B.J. PASSEY, 1953. Availability of trace elements from rock and minerals (by *Aspergillus niger*). Austr. J. Agric. Res., Melbourne, 4: 292-304.
- TAPER, C.D. e W. LEACH, 1957. The effect of calcium concentration in culture solutions upon the absorption of iron and manganese by dwarf kidney beans. Can. J. Bot., Ottawa, 35: 773-777.

- TILLER, K.G. e P. WASSERMANN, 1972. Radioisotopic techniques and zinc availability in soil. In: Isotope and Radiation in Soil Plant Relationship including Forestry. (Proc. Symp. Vienna, 1971) IAEA, Vienna, p. 517-529.
- TILLER, K.G.; J.L. HONEYSETT e M.P.C. DEVRIES, 1972a. Soil zinc and its uptake by plants. I. Isotopic exchange equilibria and the application of tracer techniques. Austr. J. Soil Res., Melbourne, 10: 151-164.
- TILLER, K.G.; J.L. HONEYSETT e M.P.C. DEVRIES, 1972b. Soil zinc and its uptake by plants. II. Soil chemistry in relation to prediction of availability. Austr. J. Soil Res., Melbourne, 10: 165-182.
- TIMONIN, M.I., 1950. Soil microflora and manganese deficiency. Trans: Int. Cong. Soil Sci. 4th Congr. Amsterdam, Vol. III: 97-99.
- TRIERWELLER, J.F. e W.L. LINDSAY, 1969. EDTA-ammonium carbonate soil test for zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 33: 49-54.
- TUCKER, T.C.; L.T. KURTZ e D.L. LYNCH, 1953. Zinc status of some Illinois soils as estimated by an *Aspergillus niger* method. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 17: 111-114.

- TUCKER, T.C. e L.T. KURTZ, 1955. A comparison of several chemical methods with the bioassay procedures for extracting zinc from soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 19: 477-481.
- VALADARES, J.M.A.S., 1972. O zinco em solos de São Paulo. Piracicaba, ESALQ/USP. 72p. (Tese de Doutorado)
- VERDADE, F.C., 1960. Composição química de alguns solos do Estado de São Paulo. II. Fósforo e manganês. Bragantia, Campinas, 19: 567-577.
- VIDOR, C. e J.R.J. FREIRE, 1972. Controle de toxidez do alumínio e manganês em *Glycine max* (L.) Merril pela calagem e adubação fosfatada. Agron. Sulriogr., Porto Alegre, 8: 73-87.
- VIETS, F.G. JR., e L.C. BOAWN, 1965. Zinc. In: C.A. BLACK; D.D. EVANS; J.L. WHITE; L.E. ENMINGER e F.E. CLARK, Ed., Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Amer. Soc. Agron., Madison, Wis., Agronomy, 9: 1090-1101.
- VIETS, F.G.; L.C. BOAWN e C.L. CRAWFORD, 1954. Zinc content of bean plants in relation to zinc deficiency and yield. Plant Physiol., Lancaster, 29: 76-79.

VIETS, F.G. JR.; L.C. BOAWN e C.L. CRAWFORD, 1957. The effect of nitrogen and type of nitrogen carrier in plant uptake of indigenous and applied zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 21: 197-201.

VIETS, F.G. JR., e W.L. LINDSAY, 1973. Testing soil for zinc, copper, manganese, and iron. In: WALSH, L.M. e J.D. BEATON. Ed., Soil Testing and Plant Analysis. Soil Sci. Soc. of America. Inc. Madison, Wisc. U.S.A. p. 153-172.

VIRO, P.J., 1955a. Use of ethylenediaminetetracetic acid in soil analysis: I. Experimental. Soil Sci., Baltimore, 79: 459-465.

VIRO, P.J., 1955b. Use of ethylenediaminetetracetic acid in soil analysis. II. Determination of soil fertility. Soil Sci., Baltimore, 80: 69-74.

VOLK, V.V. e E.O. McLEAN, 1963. The fate of applied phosphorus in four Ohio soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Madison, 27: 53-58.

VOSE, P.B. e D.G. JONES, 1963. The interaction of manganese and calcium on nodulation and growth in varieties of *Trifolium repens*. Plant and Soil, The Hague, 18: 372-385.

- WALLACE, A. e R.T. MUELLER, 1968. Effect of chelating agents on the availability of  $^{54}\text{Mn}$  following its addition as carrier-free  $^{54}\text{Mn}$  to three different soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32: 828-830.
- WALLACE, A.; E.M. ROMNEY; V.Q. HALE e R.M. HOOVER, 1969. Effect of soil temperature and zinc application on yields and micronutrient content of four crop sciences grown together in a glasshouse. Agron. J., Madison, 61: 567-568.
- WEAR, J.J., 1956. Effect of soil pH and calcium uptake of zinc by plants. Soil Sci., Baltimore, 81: 311-315.
- WEAR, J.I. e C.E. EVANS, 1968. Relationship of zinc uptake by corn and sorghum to soil zinc measured by three extractants. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 32: 543-546.
- WEAR, J.I. e R.M. PATTERSON, 1965. Potassium and phosphorus zinc relationships. Crops and Soils, Madison, 18: 11.
- WEAR, J.I. e A.L. SOMMER, 1948. Acid extractable zinc of soils in relation to the occurrence of zinc deficiency symptoms of corn: A method of analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 12: 143-144.
- WESTERMANN, D.T.; T.L. JACKSON e D.P. MOORE, 1971. Effect of potassium salts on extractable soil manganese. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 35: 43-46.

WHITE, R.P., 1970. Effects of lime upon soil and plant manganese levels in an acid soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Madison, 34: 625-629.

WILLIAMS, RR.F., 1955. Redistribution of mineral elements during development. Ann. Rev. Plant Physiol., Palo Alto, 6: 25-42.

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos solos estudados.

## a) Análise física

Solos	Areia % (2-0,05)mm	Limo % (0,05-0,002)mm	Argila %	
			< 0,002mm	disp. em agua
NO	64,6	25,9	9,5	4,8
Ja	80,3	9,5	10,2	6,4
LR	40,5	18,0	41,5	14,0
TE	42,8	27,8	29,4	16,0
Ri	55,1	15,7	29,2	18,7
LV	70,5	8,3	21,2	12,6
PV	65,7	3,6	30,7	21,8
TE <sub>1</sub>	76,8	3,3	19,9	9,4

## b) Análise química

Solo*	pH em H <sub>2</sub> O	C (%)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> emg/100g solo	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Mn** ppm	Zn***
NO*	5,35	0,60	0,88	3,44	0,52	0,10	0,11	0,05	-	-
Ja	5,50	0,71	0,19	0,19	1,11	0,21	0,17	0,10	-	-
LR	6,10	1,10	0,18	0,20	5,05	1,03	0,46	0,11	-	-
TE	5,85	0,93	0,17	0,18	6,40	1,22	0,41	0,12	-	-
Ri	5,70	1,20	0,25	0,25	1,61	1,01	0,17	0,07	-	-
LV	5,40	0,90	0,23	0,42	0,89	0,35	0,65	0,10	-	-
PV	5,50	0,85	0,21	0,38	0,95	0,93	0,17	0,09	14,63	2,8
TE <sub>1</sub>	4,70	1,10	0,19	0,20	6,32	1,11	0,40	0,11	7,23	4,6

\* NO = PV1s; Ja = P1m; LR = LR; TE = TE; LV = LE; Ri = PV; PV = PV; TE = TE.

\*\* Mn extraído com CaCl<sub>2</sub> 0,05 M

\*\*\* Zn extraído com EDTA + CaCl<sub>2</sub>, pH corrigido.

**Tabela 2.a - Distribuição do Zn e Mn da semente nos diferentes órgãos da planta, pesos de matéria seca (em g), teores (em ppm e µg) e porcentagem de Zn e Mn nesses órgãos provenientes das sementes. (Médias de 5 repetições). Feijoeiro aos 15 dias.**

	Raízes	Caules	Folhas Primárias	1º trifol.	2º trifol.	3º trifol.	Parte aérea	Total planta	Rest.
Peso M.S. (g)	1,172	0,415	0,528	0,760	0,470	0,226	2,399	3,571	
ppm Zn	85	55	46	52	65	76			
µg Zn	100	23	24	39	31	17	134	234	
% Zn SP*	5,0	4,5	27,5	14,0	8,5	5,0	59,5	64,5	35,5
µg Zn SP	1,0	0,9	15,5	2,8	1,7	1,0	11,9	12,9	7,1
% Zn PPS**	1,0	3,9	22,9	7,2	5,4	5,8	8,9	5,5	
ppm Mn	61	31	63	66	68	40			
µg Mn	71	13	33	50	32	9	137	208	
% Mn SP*	4	6	12	6	4	2	30	34	56
µg Mn SP	0,11	0,16	0,32	0,76	0,11	0,06	0,81	0,92	
% Mn PPS**	0,16	1,23	1,00	0,32	0,35	0,61	0,59	0,44	

\* Zn SP ou Mn SP = Zn ou Mn da semente que migrou para a planta

\*\* Zn PPS ou Mn PPS = Zn ou Mn na planta proveniente da semente.

**Tabela 2.b.b.** Distribuição do Zn e Mn da semente nos diferentes órgãos da planta, pesos de matéria seca (em g), teores (em ppm e µg) e porcentagens de Zn e Mn nesses órgãos provenientes das sementes. (Médias de 5 repetições). Feijoeiro aos 30 dias

	Raízes	Folhas Primárias	Parte aérea - Folhas prim.	Parte aérea	Total planta	Rest.
Peso M.S. (g)	5,103	0,443	6,170	6,613	11,716	36,0
ppm Zn	80	57	43			
µg Zn	408	25	265	290	698	
% Zn SP*	7,0	21,0	36,0	57,0	64,0	36,0
µg Zn SP	1,4	4,2	7,2	11,4	12,7	7,2
% Zn PPS**	0,35	16,8	2,7	3,91	1,83	
ppm Mn	43	74	66			
µg Mn	219	33	407	440	659	
% Mn SP*	3,0	8,0	17,0	25,0	28,0	22,0
µg Mn SP	0,08	0,22	0,46	0,67	0,75	1,95
% Mn PPS**	0,04	0,29	0,12	0,15	0,11	

\* Zn SP ou Mn SP = Zn ou Mn da semente que migrou para a planta

\*\* Zn PPS ou Mn PPS = Zn ou Mn na planta proveniente de semente.

Tabela 2c - Soja.

	Raízes	Caule	Folhas primárias	1º Trifol.	2º Trifol.	Folhas jovens	Total p. aerea	Total planta	Resto
Peso M.S. (g)	0,733	1,60	0,180	0,310	0,440	1,170			
ppm Zn	150	120	290	196	175	120			
µg Zn	110	192	52	61	77	140	522	632	
% Zn SP	4,5	9,0	15,0	14,0	8,0	5,0	51,0	55,5	44,5
µg Zn SP	2,3	4,7	7,8	7,3	4,2	2,6	26,6	25,0	23,2
% Zn PPS	2,09	2,45	15,00	11,97	2,40	1,86	5,10	4,59	
ppm Mn	90	16	106	61	66	54			
µg Mn	66	26	19	18	29	63	156	222	
% Mn SP	2,5	10,0	10,0	5,0	3,0	3,0	31,0	33,5	66,5
µg Mn SP	0,14	0,57	0,57	0,28	0,17	0,17	1,77	1,91	3,79
% Mn PPS	0,21	2,19	3,00	1,47	0,59	0,27	1,13	0,86	

Tabela 2d - Trigo.

	Raízes	Folhas primárias	1.ª e 2.ª folhas	Colmo com demais folhas	Total p. aérea	Total planta	Resto
Peso M.S. (g)	1,87	0,135	0,76	3,080	3,975	5,845	
ppm Zn	350	135	81	100			
µg Zn	654	18	62	308	388	1042	
% Zn SP	31,0	8,0	11,0	19,0	38,0	69,0	31,0
µg Zn SP	8,69	2,24	3,08	5,33	10,66	19,35	8,69
% Zn PPS	2,48	12,44	4,96	1,73	2,75	1,86	
ppm Mn	66	89	40	25			
µg Mn	123	12	30	77	119	242	
% Mn SP	11,5	12,0	8,5	4,5	25,0	36,5	63,5
µg Mn SP	5,04	5,26	3,73	1,97	10,96	16,00	
% Mn PPS	4,11	43,83	9,32	2,56	9,21	6,61	

Tabela 3 - Peso (em mg) da semente de feijão, tomate, trigo, arroz e soja e respectivos teores em zinco e manganês (em ppm e mg/semente)

Semente (espécie)	Peso unitário (mg)	Teor do elemento			
		Zn		Mn	
		ppm	µg/semente	ppm	µg/semente
Feijão	169	59	9,97	8	1,35
Tomate	2	62	0,12	9	0,02
Trigo	36	52	1,87	76	2,74
Arroz	30	32	0,96	65	1,95
Soja	190	55	10.45	6	1,14

Tabela 4 - Pesos de matéria seca (emg), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas das plantas (em cpm/ g) para  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$  de diferentes espécies vegetais, cultivadas em solo PV. I. Parte aérea (médias de 3 repetições)

Espécie Vegetal	M.S. (g)	Zn		Mn	
		ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu\text{g}$ Zn)	ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu\text{g}$ Mn)
Soja	5,38	95	29,2 <sup>de*</sup>	56	45,0 <sup>a</sup>
Tomate	2,06	132	27,0 <sup>cd</sup>	121	46,1 <sup>a</sup>
Feijão	4,68	62	24,2 <sup>bc</sup>	76	40,3 <sup>a</sup>
Feijão (FP)**	0,63	112	18,3 <sup>a</sup>	348	41,2 <sup>a</sup>
Arroz	1,93	422	30,4 <sup>e</sup>	368	61,0 <sup>b</sup>
Trigo	1,80	78	23,1 <sup>b</sup>	86	44,4 <sup>a</sup>
C.V.%			7,5		8,0

\* Os valores seguidos de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5%.

\*\* FP = folhas primárias

Tabela 5 - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas (em cpm/ $\mu\text{g}$ ) para  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$  de diferentes espécies vegetais, cultivadas em solo PV. II. Raiz (Médias de 3 repetições)

Espécie Vegetal	M.S. (g)	Zn		Mn	
		ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu\text{g}$ Zn)	ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu\text{g}$ Mn)
Soja	2,15	112	25,6 <sup>bc*</sup>	40	55,0 <sup>a</sup>
Tomate	0,68	147	25,0 <sup>bc</sup>	56	60,2 <sup>a</sup>
Feijão	4,14	116	24,2 <sup>bc</sup>	50	56,9 <sup>a</sup>
Arroz	2,72	224	28,0 <sup>c</sup>	60	71,8 <sup>b</sup>
Trigo	1,94	174	19,3 <sup>a</sup>	61	63,3 <sup>a</sup>
C.V. %			12,0		13,0

\* Os valores seguidos de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5%.

**Tabela 6** - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas (em cpm/ $\mu$ g) para o  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$ , de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo TE. I. Parte aérea. (Médias de 3 repetições)

Espécie Vegetal	M.S. (g)	Zn		M.S. (g)	Mn	
		ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu$ g Zn)		ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu$ g Mn)
Soja	5,31	124	18,5 <sup>b*</sup>	6,24	56	70,0 <sup>a</sup>
Tomate	1,69	132	23,0 <sup>c</sup>	1,19	212	74,9 <sup>a</sup>
Feijão	5,07	75	18,1 <sup>b</sup>	4,62	60	72,0 <sup>a</sup>
Feijão (FP)**	0,83	129	12,7 <sup>a</sup>	0,60	287	71,3 <sup>a</sup>
Arroz	1,66	500	24,5 <sup>c</sup>	1,90	433	109,4 <sup>b</sup>
Trigo	1,74	71	18,1 <sup>b</sup>	2,30	66	80,8 <sup>a</sup>
C.V. %			10,1			11,4

\* Os valores seguidos de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5%.

\*\* FP = folhas primárias

**Tabela 7** - Pesos de matéria seca (em g), teores de Zn e de Mn (em ppm) e atividades específicas (em cpm/ $\mu$ g) para o  $^{65}\text{Zn}$  e  $^{54}\text{Mn}$ , de diferentes espécies vegetais cultivadas em solo TE. II. Raízes (Médias de 3 repetições).

Espécie Vegetal	M.S. (g)	Zn		M.S. (g)	Mn	
		ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu$ g Zn)		ppm	At. esp. (Cpm/ $\mu$ g Mn)
Soja	1,40	188	19,9 <sup>ab*</sup>	1,71	47	48,9 <sup>a</sup>
Tomate	0,46	323	22,2 <sup>bc</sup>	0,26	144	65,9 <sup>b</sup>
Feijão	2,47	330	18,2 <sup>a</sup>	1,93	68	83,2 <sup>c</sup>
Arroz	0,99	620	24,5 <sup>c</sup>	1,25	98	99,6 <sup>c</sup>
Trigo	1,13	334	21,3 <sup>abc</sup>	1,03	87	95,7 <sup>c</sup>
C.V. %			9,5			14,5

\* Os valores seguidos de mesma letra, dentro de cada coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey 5%.

Tabela 8 - Efeitos da calagem nos pH de diversos solos, nos pesos de matéria seca e nos teores de Mn, Zn (ppm e µg/vaso) Ca (%) das plantas cultivadas nestes solos.

S o l o			Teor do elemento na planta							
Tratamento	pH	Peso M.S. (g)	Mn			Zn			Ca	
			ppm	µg/vaso total	µg/vaso líquido*	ppm	µg/vaso total	µg/vaso líquido*	%	
NO s/c	5,35	2,044	120 <sup>a</sup>	245 <sup>a</sup>	243 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	131 <sup>a</sup>	108 <sup>a</sup>	0,47 <sup>a</sup>	
NO c <sub>1</sub>	6,60	2,101	32 <sup>b</sup>	67 <sup>b</sup>	65 <sup>b</sup>	42 <sup>b</sup>	87 <sup>b</sup>	64 <sup>b</sup>	1,76 <sup>b</sup>	
NO c <sub>2</sub>	6,40	2,140	35 <sup>b</sup>	64 <sup>b</sup>	61 <sup>b</sup>	37 <sup>b</sup>	69 <sup>b</sup>	46 <sup>c</sup>	2,12 <sup>b</sup>	
Ja s/c	5,50	2,893 <sup>a</sup>	245 <sup>a</sup>	706 <sup>a</sup>	704 <sup>a</sup>	53 <sup>a</sup>	153 <sup>a</sup>	131 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	
Ja c <sub>1</sub>	7,55	2,834 <sup>a</sup>	115 <sup>b</sup>	324 <sup>b</sup>	323 <sup>b</sup>	32 <sup>b</sup>	91 <sup>b</sup>	68 <sup>b</sup>	2,13 <sup>b</sup>	
Ja c <sub>2</sub>	7,35	3,396 <sup>b</sup>	57 <sup>c</sup>	195 <sup>c</sup>	193 <sup>c</sup>	30 <sup>b</sup>	102 <sup>b</sup>	79 <sup>b</sup>	1,77 <sup>b</sup>	
LR s/c	6,10	2,736	62	168 <sup>ab</sup>	166 <sup>ab</sup>	49	132	109	1,88	
LR c <sub>1</sub>	6,70	2,782	56	155 <sup>a</sup>	153 <sup>a</sup>	43	119	97	2,16	
LR c <sub>2</sub>	6,60	2,733	69	187 <sup>b</sup>	186 <sup>b</sup>	48	129	107	2,15	
TE s/c	5,85	2,615	63 <sup>a</sup>	164 <sup>a</sup>	162 <sup>a</sup>	83 <sup>a</sup>	217 <sup>a</sup>	194	2,57 <sup>a</sup>	
TE c <sub>1</sub>	6,10	2,893	43 <sup>b</sup>	125 <sup>b</sup>	124 <sup>b</sup>	62 <sup>b</sup>	177 <sup>b</sup>	155 <sup>b</sup>	2,77 <sup>a</sup>	
TE c <sub>2</sub>	6,20	2,548	45 <sup>b</sup>	114 <sup>b</sup>	112 <sup>b</sup>	73 <sup>b</sup>	187 <sup>b</sup>	164 <sup>b</sup>	3,09 <sup>b</sup>	
Ri s/c	5,70	2,548	79 <sup>b</sup>	200 <sup>b</sup>	198 <sup>b</sup>	71 <sup>b</sup>	181 <sup>b</sup>	158 <sup>ab</sup>	0,62 <sup>a</sup>	
Ri c <sub>1</sub>	6,75	2,454	51 <sup>b</sup>	124 <sup>a</sup>	122 <sup>a</sup>	64 <sup>a</sup>	157 <sup>a</sup>	134 <sup>a</sup>	1,46 <sup>b</sup>	
Ri c <sub>2</sub>	6,65	2,496	130 <sup>a</sup>	277 <sup>c</sup>	275 <sup>c</sup>	86 <sup>c</sup>	196 <sup>b</sup>	173 <sup>b</sup>	2,00 <sup>c</sup>	
LV s/c	5,40	2,794	61 <sup>a</sup>	169 <sup>a</sup>	167 <sup>a</sup>	43 <sup>a</sup>	120 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	1,40 <sup>a</sup>	
LV c <sub>1</sub>	6,70	2,761	28 <sup>b</sup>	77 <sup>b</sup>	76 <sup>b</sup>	32 <sup>b</sup>	97 <sup>b</sup>	75 <sup>ab</sup>	2,14 <sup>b</sup>	
LV c <sub>2</sub>	6,70	2,868	26 <sup>b</sup>	74 <sup>b</sup>	72 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>	86 <sup>b</sup>	63 <sup>b</sup>	1,93 <sup>b</sup>	
LV + M s/c	5,40	2,790	53 <sup>a</sup>	152 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	141 <sup>a</sup>	118 <sup>a</sup>	1,39 <sup>a</sup>	
LV + M c <sub>2</sub>	6,75	2,703	25 <sup>b</sup>	68 <sup>b</sup>	66 <sup>b</sup>	34 <sup>b</sup>	93 <sup>b</sup>	70 <sup>b</sup>	1,97 <sup>b</sup>	
Ja + M s/c	5,80	3,059	405 <sup>a</sup>	1238 <sup>a</sup>	1236 <sup>a</sup>	59 <sup>a</sup>	181 <sup>a</sup>	158 <sup>a</sup>	0,76 <sup>a</sup>	
Ja + M c <sub>2</sub>	7,70	2,954	212 <sup>b</sup>	624 <sup>b</sup>	622 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>	119 <sup>b</sup>	96 <sup>b</sup>	2,20 <sup>b</sup>	

Obs.: 1) \*descontando Mn (ou Zn) proveniente da semente.

2) Os valores seguidos de mesma letra, em cada solo, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5%.

Tabela 9 - Atividades específicas de Mn e Zn das plantas cultivadas em diferentes solos com e sem calagem e os valores L, expressos respectivamente em cpm/ $\mu$ g de Mn ou Zn e  $\mu$ g/g de Mn ou Zn.

Solo	Atividade específica (cpm/ $\mu$ g)				Valor L ( $\mu$ g/g solo)	
	Mn		Zn		Mn	Zn
	(A)*	(B)**	(A)*	(B)**		
NO s/c	1132	1142	113	137	2,98	1,78
NO c <sub>1</sub>	773	797	69	94	4,33	2,86
NO c <sub>2</sub>	659	692	71	105	5,31	2,56
Ja s/c	78	78	81	95	39,85	2,30
Ja c <sub>1</sub>	58	58	61	82	49,68	2,41
Ja c <sub>2</sub>	47	48	69	88	63,11	2,37
LR s/c	27	27	34	41	136,68	6,76
LR c <sub>1</sub>	23	23	32	38	154,58	6,71
LR c <sub>2</sub>	30	30	34	41	121,03	6,55
TE s/c	27	27	21	23	131,61	10,72
TE c <sub>1</sub>	23	23	20	23	151,05	11,69
TE c <sub>2</sub>	30	30	21	25	108,08	10,00
Ri s/c	101	102	39	45	33,85	5,53
Ri c <sub>1</sub>	79	80	40	47	45,09	4,99
Ri c <sub>2</sub>	136	137	56	63	27,11	4,28
LV s/c	201	203	114	140	16,86	1,72
LV c <sub>1</sub>	178	180	62	81	19,37	3,16
LV c <sub>2</sub>	253	260	87	119	13,77	2,14
LV + M s/c	198	201	90	110	16,73	2,27
LV + M c <sub>2</sub>	198	204	59	77	17,52	3,15
Ja + M s/c	77	77	74	85	39,62	2,22
Ja + M c <sub>2</sub>	64	64	41	51	43,98	4,12

\* (A) = Atividade específica sem descontar o Mn (ou Zn) proveniente da semente

\*\* (B) = Atividade específica descontando o Mn (ou Zn) proveniente da semente.

Tabela 10 - Teores de zinco dos solos, extraído com soluções de  $H_2SO_4$  0,05 N e de HCl 0,1 N, em diferentes períodos de agitação expressos em ppm.

Solo	Zn (ppm)					
	$H_2SO_4$ 0,05 N				HCl 0,1 N	
	15 min	30 min	60 min	120 min	15 min	120 min
NO s/c	1,20	1,20	1,50	2,00	1,50	2,00
NO c <sub>1</sub>	1,20	1,20	1,50	1,80	1,50	1,80
NO c <sub>2</sub>	1,05	1,10	1,50	1,50	1,35	1,50
Ja s/c	1,60	1,80	1,80	2,00	2,10	2,50
Ja c <sub>1</sub>	1,20	1,50	1,50	1,50	1,50	1,65
Ja c <sub>2</sub>	1,20	1,20	1,50	1,50	1,50	1,80
LR s/c	1,65	1,65	1,65	1,60	3,90	4,25
LR c <sub>1</sub>	1,50	1,50	1,50	1,50	3,90	6,55
LR c <sub>2</sub>	1,50	1,50	1,50	1,50	3,55	4,25
TE s/c	4,65	5,00	5,00	5,00	6,15	7,50
TE c <sub>1</sub>	4,65	5,00	5,00	5,10	6,55	7,95
TE c <sub>2</sub>	4,45	4,65	5,00	5,00	5,74	7,00
Ri s/c	3,00	3,55	3,50	3,55	3,90	4,25
Ri c <sub>1</sub>	2,85	3,55	3,55	3,55	3,20	4,10
Ri c <sub>2</sub>	3,00	3,50	3,55	3,55	3,20	4,25
LV s/c	1,05	1,20	1,20	1,50	1,50	1,50
LV c <sub>1</sub>	0,90	1,20	1,20	1,50	1,50	1,65
LV c <sub>2</sub>	0,90	1,05	1,05	1,50	1,35	1,35
LV + M s/c	1,45	1,50	1,55	1,50	1,75	2,15
LV + M c <sub>2</sub>	1,50	1,50	1,50	1,50	1,80	2,30
Ja + M s/c	1,45	1,45	1,65	1,80	1,80	2,00
Ja + M c <sub>2</sub>	1,45	1,50	1,65	1,80	1,80	2,00

Tabela 11 - Teores de Zn dos solos, extraído com H<sub>2</sub>O, MgCl<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, ácido cítrico 0,05 M e ácido cítrico 0,5 M, expresso em ppm.

Solo	Zn (ppm)					
	H <sub>2</sub> O	MgCl <sub>2</sub>	CaSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	Ácido Cítrico	
					0,05 M	0,5 M
NO s/c	0,25	0,12	0,75	0,90	0,90	1,05
NO c <sub>1</sub>	0,25	---	0,75	0,15	0,73	1,05
NO c <sub>2</sub>	0,25	---	0,45	0,30	0,55	0,90
Ja s/c	---	0,60	1,25	1,40	1,20	1,70
Ja c <sub>1</sub>	---	---	0,75	0,30	1,20	1,50
Ja c <sub>2</sub>	---	---	0,75	0,15	1,50	1,50
LR s/c	0,25	0,40	1,75	0,30	1,20	3,20
LR c <sub>1</sub>	---	---	1,40	0,15	1,50	3,20
LR c <sub>2</sub>	---	---	1,55	0,15	1,20	3,00
TE s/c	---	0,48	3,50	1,40	2,90	5,00
TE c <sub>1</sub>	---	---	3,50	0,75	3,20	5,00
TE c <sub>2</sub>	---	---	3,15	0,45	2,90	5,00
Ri s/c	0,25	1,20	2,45	1,90	1,70	2,90
Ri c <sub>1</sub>	---	---	2,10	0,30	1,80	2,90
Ri c <sub>2</sub>	---	---	1,90	0,45	1,70	2,70
LV s/c	0,12	0,20	0,75	0,75	0,90	0,90
LV c <sub>1</sub>	---	---	0,75	0,15	0,90	1,05
LV c <sub>2</sub>	---	---	0,45	0,15	0,55	0,90
LV + M s/c	0,12	0,20	1,30	1,75	0,90	1,20
LV + M c <sub>2</sub>	---	---	0,75	0,15	0,90	1,20
Ja + M s/c	0,12	0,63	1,05	0,90	1,20	1,50
Ja + M c <sub>2</sub>	---	---	0,75	0,75	1,20	1,50

Tabela 12 - Teores de Zn dos solos, extraído com DTPA A, DTPA B, DTPA C, e DTPA D, em diferentes períodos de agitação, expressos em ppm

Solo	Zn. (ppm)					
	DTPA-A			DTPA-B	DTPA-C	DTPA-D
	30 min	60 min	120 min	60 min	60 min	60 min
NO s/c	0,60	0,60	0,78	0,30	0,28	0,65
NO c <sub>1</sub>	0,43	0,43	0,30	0,30	0,28	0,55
NO c <sub>2</sub>	0,30	0,30	0,60	0,30	0,25	0,55
Ja s/c	1,10	1,20	1,30	0,95	0,90	1,20
Ja c <sub>1</sub>	0,78	0,78	0,78	0,65	0,43	1,10
Ja c <sub>2</sub>	0,60	0,78	0,78	0,48	0,58	1,10
LR s/c	1,40	1,70	1,70	1,30	1,40	1,80
LR c <sub>1</sub>	1,40	1,70	1,70	1,30	1,40	1,80
LR c <sub>2</sub>	1,40	1,50	1,50	1,30	1,40	1,80
TE s/c	3,40	3,40	3,80	3,20	3,10	3,90
TE c <sub>1</sub>	3,80	3,80	3,80	3,30	3,20	3,90
TE c <sub>2</sub>	3,10	3,10	3,40	3,00	2,90	3,75
Ri s/c	2,40	2,40	2,40	2,10	1,50	2,20
Ri c <sub>1</sub>	2,03	1,90	2,03	1,80	1,40	1,80
Ri c <sub>2</sub>	1,70	1,90	1,90	1,40	1,20	1,90
LV s/c	0,43	0,60	0,60	0,48	0,28	2,15
LV c <sub>1</sub>	0,43	0,43	0,60	0,65	0,28	0,90
LV c <sub>2</sub>	0,43	0,43	0,60	0,48	0,28	0,90
LV + M s/c	0,60	0,60	0,93	0,65	0,43	0,90
LV + M c <sub>2</sub>	0,43	0,40	0,43	0,65	0,28	0,90
Ja + M s/c	0,78	0,78	0,93	0,80	0,73	1,05
Ja + M c <sub>2</sub>	0,78	0,78	0,78	0,80	0,58	1,20

Tabela 13 - Teores de Zn dos solos, extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp, expressos em ppm.

Solo		Zn (ppm)					
		DTPA Ap		DTPA Bp		DTPA Cp	
		60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min
NO	s/c	0,55	0,55	0,48	0,48	0,30	0,48
NO	c <sub>1</sub>	0,43	0,55	0,30	0,48	0,13	0,13
NO	c <sub>2</sub>	0,43	0,43	0,30	0,40	0,13	0,13
Ja	s/c	1,40	1,40	1,10	1,30	0,93	1,07
Ja	c <sub>1</sub>	0,55	0,55	0,48	0,48	0,48	0,63
Ja	c <sub>2</sub>	0,73	0,73	0,65	0,60	0,48	0,48
LR	s/c	1,80	2,00	1,40	1,60	1,20	1,58
LR	c <sub>1</sub>	1,80	2,20	1,60	1,60	1,10	1,58
LR	c <sub>2</sub>	1,70	1,80	1,30	1,40	1,08	1,40
TE	s/c	4,30	4,70	3,50	3,70	3,48	3,60
TE	c <sub>1</sub>	4,30	4,30	3,70	3,70	3,48	3,48
TE	c <sub>2</sub>	3,90	4,30	3,30	3,70	3,33	3,33
Ri	s/c	2,50	2,70	2,10	2,30	2,08	2,23
Ri	c <sub>1</sub>	1,80	2,50	1,90	2,30	1,58	2,08
Ri	c <sub>2</sub>	1,80	2,20	1,60	1,90	1,58	1,58
LV	s/c	0,73	0,72	0,48	0,65	0,63	0,78
LV	c <sub>1</sub>	0,55	0,55	0,30	0,65	0,48	0,48
LV	c <sub>2</sub>	0,55	0,55	0,30	0,48	0,30	0,48
LV + M	s/c	0,90	1,20	0,65	0,65	0,63	0,63
LV + M	c <sub>2</sub>	0,55	0,73	0,48	0,65	0,48	0,48
Ja + M	s/c	0,90	0,90	0,80	0,95	0,78	0,78
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,70	0,73	0,65	0,65	0,48	0,48

Tabela 14 - Teores de Zn dos solos, extraído com EDTA e EDTA + Ca, em diferentes períodos de agitação, expressos em ppm.

Solo	Zn (ppm)			
	EDTA 0,005 M	EDTA + Ca		
		30 min	60 min	120 min
NO s/c	0,90	0,55	0,62	0,72
NO c <sub>1</sub>	1,20	0,42	0,55	0,55
NO c <sub>2</sub>	0,55	0,55	0,55	0,55
Ja s/c	1,80	1,20	1,35	1,65
Ja c <sub>1</sub>	1,35	0,55	0,55	1,05
Ja c <sub>2</sub>	1,20	0,72	0,72	0,72
LR s/c	2,15	1,50	1,65	2,00
LR c <sub>1</sub>	2,50	1,35	1,65	2,00
LR c <sub>2</sub>	2,15	1,35	1,65	1,80
TE s/c	5,0	3,55	3,90	3,90
TE c <sub>1</sub>	5,0	3,75	4,20	4,10
TE c <sub>2</sub>	4,65	3,20	3,75	3,75
Ri s/c	3,55	2,00	2,50	2,50
Ri c <sub>1</sub>	3,00	1,80	2,15	2,30
Ri c <sub>2</sub>	2,60	1,65	2,15	2,10
LV s/c	1,50	0,55	0,90	1,05
LV c <sub>1</sub>	0,90	0,55	0,90	0,72
LV c <sub>2</sub>	0,90	0,42	0,55	0,55
LV + M s/c	1,50	0,55	1,05	1,05
LV + M c <sub>2</sub>	1,20	0,55	0,90	1,20
Ja + M s/c	1,50	0,90	1,20	1,50
Ja + M c <sub>2</sub>	1,50	0,55	0,90	0,90

Tabela 15 - Razões entre as atividades específicas do Zn dos solos extraído com  $H_2SO_4$  e com  $HCl$ , e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas.

Solo		AZn solo / AZn planta					
		$H_2SO_4$ 0,05 N				$HCl$ 0,1 M	
		15 min	30 min	60 min	120 min	15 min	120 min
NO	s/c	0,85	0,92	0,79	0,72	0,70	0,59
NO	c <sub>1</sub>	0,78	0,78	0,94	0,97	0,82	0,92
NO	c <sub>2</sub>	0,83	0,75	0,88	0,81	0,99	0,82
Ja	s/c	0,83	0,99	0,99	0,96	0,79	0,76
Ja	c <sub>1</sub>	0,80	0,82	0,80	0,78	0,80	0,71
Ja	c <sub>2</sub>	0,91	0,64	0,86	0,85	0,94	0,98
LR	s/c	0,95	0,74	0,82	0,74	0,85	0,93
LR	c <sub>1</sub>	0,97	0,88	1,00	0,92	0,76	0,71
LR	c <sub>2</sub>	0,85	0,93	0,93	0,87	0,98	0,95
TE	s/c	0,96	0,92	0,88	0,92	0,88	1,00
TE	c <sub>1</sub>	0,96	1,00	0,96	0,92	1,00	0,36
TE	c <sub>2</sub>	0,73	0,89	0,96	0,96	0,96	0,93
Ri	s/c	0,96	0,85	0,85	0,87	0,82	0,94
Ri	c <sub>1</sub>	0,98	0,82	0,95	0,71	0,90	0,75
Ri	c <sub>2</sub>	0,92	0,75	0,84	0,81	0,86	0,60
LV	s/c	0,75	0,96	0,98	0,88	0,84	0,98
LV	c <sub>1</sub>	0,60	0,64	0,51	0,81	0,86	0,85
LV	c <sub>2</sub>	0,77	0,78	0,73	0,99	0,94	0,93
LV + M	s/c	0,75	0,94	0,86	0,85	0,82	0,78
LV + M	c <sub>2</sub>	0,83	0,70	0,79	0,74	0,91	0,89
Ja + M	s/c	0,94	0,98	0,97	0,93	0,85	0,95
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,59	0,63	0,57	0,59	0,62	0,71
Média Geral		0,84	0,83	0,85	0,84	0,86	0,85
Média s/c		0,87	0,91	0,89	0,86	0,82	0,87

Tabela 16 - Razões entre as atividades específicas do Zn dos solos extraídos com ácido cítrico, EDTA e EDTA + CaCl<sub>2</sub> e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas

Solo		AZn solo / AZn planta					
		Acido Cítrico		EDTA 0,05 M	EDTA + CaCl <sub>2</sub>		
		0,05 M	0,5 M		30 min	60 min	120 min
NO	s/c	0,69	0,36	0,35	0,82	0,86	0,94
NO	c <sub>1</sub>	0,98	0,92	0,60	0,62	0,67	0,70
NO	c <sub>2</sub>	0,58	0,82	0,68	0,68	0,87	0,97
Ja	s/c	0,92	0,76	0,78	0,78	0,93	0,80
Ja	c <sub>1</sub>	0,78	0,71	0,84	0,80	0,99	0,72
Ja	c <sub>2</sub>	0,93	0,98	0,78	0,82	1,00	0,66
LR	s/c	0,67	0,93	0,91	0,84	0,82	0,79
LR	c <sub>1</sub>	0,74	0,71	0,56	0,90	0,90	0,89
LR	c <sub>2</sub>	0,62	0,95	0,54	0,77	0,77	0,80
TE	s/c	0,82	1,00	0,88	0,96	0,85	0,77
TE	c <sub>1</sub>	1,00	0,95	0,87	0,96	1,50	0,85
TE	c <sub>2</sub>	0,75	0,93	0,71	0,81	0,92	0,74
Ri	s/c	0,84	0,98	0,83	0,96	0,96	0,80
Ri	c <sub>1</sub>	0,92	0,72	0,87	0,68	0,98	0,98
Ri	c <sub>2</sub>	0,79	0,60	0,78	0,76	0,95	0,86
LV	s/c	0,75	0,86	0,61	0,75	0,82	0,78
LV	c <sub>1</sub>	0,92	0,85	0,62	0,64	0,87	0,93
LV	c <sub>2</sub>	0,63	0,93	0,78	0,60	0,67	0,74
LV + M	s/c	0,77	0,78	0,66	0,62	0,98	0,81
LV + M	c <sub>2</sub>	0,99	0,91	0,81	0,72	0,92	0,86
Ja + M	s/c	0,95	0,86	0,75	0,89	0,86	0,80
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,54	0,69	0,60	0,72	0,96	0,81
Média Geral		0,80	0,83	0,72	0,78	0,89	0,82
Média s/c		0,80	0,82	0,72	0,83	0,89	0,81

Tabela 17 - Razões entre as atividades específicas do Zn dos solos, extraído com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D, e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas.

Solo		AZn solo / AZn planta					
		DTPA A			DTPA B	DTPA C	DTPA D
		30 min	60 min	120 min			
NO	s/c	0,88	0,93	0,96	0,70	0,57	0,74
NO	c <sub>1</sub>	0,65	0,98	0,70	0,89	0,62	0,74
NO	c <sub>2</sub>	0,63	0,62	0,62	0,79	0,73	0,62
Ja	s/c	0,82	0,86	0,78	0,74	0,70	0,96
Ja	c <sub>1</sub>	0,86	0,67	0,83	0,68	0,63	0,71
Ja	c <sub>2</sub>	0,53	0,58	0,61	0,46	0,62	0,65
LR	s/c	0,59	0,66	0,80	0,80	0,82	0,95
LR	c <sub>1</sub>	0,61	0,83	0,63	0,62	0,84	0,86
LR	c <sub>2</sub>	0,47	0,56	0,52	0,59	0,58	0,95
TE	s/c	0,79	0,68	0,62	0,57	0,59	0,96
TE	c <sub>1</sub>	0,96	0,88	0,74	0,88	0,41	0,85
TE	c <sub>2</sub>	0,71	0,68	0,68	0,81	0,43	0,89
Ri	s/c	0,90	0,89	0,73	0,85	0,72	0,90
Ri	c <sub>1</sub>	0,80	0,75	0,70	0,72	0,71	0,69
Ri	c <sub>2</sub>	0,79	0,74	0,79	0,64	0,90	0,92
LV	s/c	0,53	0,57	0,62	0,65	0,58	0,64
LV	c <sub>1</sub>	0,40	0,41	0,51	0,69	0,51	0,96
LV	c <sub>2</sub>	0,58	0,52	0,53	0,60	0,59	0,71
LV + M	s/c	0,58	0,52	0,70	0,67	0,61	0,73
LV + M	c <sub>2</sub>	0,48	0,61	0,66	0,67	0,54	0,56
Ja + M	s/c	0,64	0,56	0,80	0,74	0,86	0,84
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,67	0,44	0,45	0,65	0,86	0,52
Média Geral		0,68	0,68	0,68	0,70	0,65	0,79
Média s/c		0,72	0,71	0,75	0,72	0,68	0,84

Tabela 18 - Razões entre as atividades específicas do Zn dos solos, extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp, e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas.

Solo	AZn solo / AZn planta					
	DTPA Ap		DTPA Bp		DTPA Cp	
	60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min
NO s/c	0,88	0,77	0,94	0,52	0,52	0,76
NO c <sub>1</sub>	0,97	0,72	0,91	0,99	0,50	0,33
NO c <sub>2</sub>	0,87	0,70	0,69	0,31	0,35	0,27
Ja s/c	0,91	0,87	0,97	0,94	0,77	0,54
Ja c <sub>1</sub>	0,93	0,83	0,68	0,45	0,59	0,67
Ja c <sub>2</sub>	0,85	0,76	0,81	0,24	0,45	0,50
LR s/c	0,91	0,98	0,64	0,59	0,59	0,80
LR c <sub>1</sub>	0,84	0,93	0,80	0,67	0,76	0,76
LR c <sub>2</sub>	0,87	0,69	0,54	0,58	0,44	0,68
TE s/c	0,92	0,79	0,72	0,70	0,82	0,72
TE c <sub>1</sub>	0,88	0,79	0,85	0,85	0,85	0,88
TE c <sub>2</sub>	0,89	0,93	0,78	0,71	0,73	0,67
Ri s/c	0,84	0,96	0,96	0,87	0,92	0,87
Ri c <sub>1</sub>	0,88	0,94	0,96	0,91	0,94	0,90
Ri c <sub>2</sub>	0,98	0,95	0,83	0,65	0,70	0,94
LV s/c	0,93	0,80	0,64	0,82	0,67	0,92
LV c <sub>1</sub>	0,79	0,65	0,64	0,52	0,69	0,44
LV c <sub>2</sub>	0,85	0,85	0,51	0,59	0,51	0,52
LV + M s/c	0,98	0,87	0,66	0,65	0,57	0,48
LV + M c <sub>2</sub>	0,89	0,87	0,58	0,63	0,48	0,40
Ja + M s/c	0,82	0,73	0,63	0,72	0,61	0,53
Ja + M c <sub>2</sub>	0,68	0,54	0,46	0,45	0,51	0,39
Média Geral	0,88	0,81	0,74	0,65	0,63	0,63
Média s/c	0,90	0,85	0,77	0,73	0,68	0,70

**Tabela 19** - Razões entre as atividades específicas do Zn dos solos extraído com  $\text{CaCl}_2$  e com  $\text{CoSO}_4$  e as respectivas atividades específicas do Zn das plantas e relações entre o Zn dos solos extraído com  $\text{CaCl}_2$  e com  $\text{CoSO}_4$  e os respectivos valores L.

Solo	AZn solo/AZn planta		Zn solo/valor L	
	$\text{CaCl}_2$	$\text{CoSO}_4$	$\text{CaCl}_2$	$\text{CoSO}_4$
NO s/c	0,49	0,79	0,42	0,50
NO c <sub>1</sub>	0,05	0,96	0,26	0,05
NO c <sub>2</sub>	0,10	0,51	0,17	0,12
Ja s/c	0,56	0,99	0,54	0,61
Ja c <sub>1</sub>	0,12	0,62	0,31	0,12
Ja c <sub>2</sub>	0,23	0,58	0,32	0,06
LR s/c	0,51	0,68	0,26	0,04
LR c <sub>1</sub>	0,52	0,76	0,21	0,02
LR c <sub>2</sub>	0,39	0,59	0,24	0,02
TE s/c	0,55	0,83	0,33	0,13
TE c <sub>1</sub>	0,61	0,79	0,30	0,06
TE c <sub>2</sub>	0,28	0,63	0,31	0,04
Ri s/c	0,85	0,73	0,44	0,34
Ri c <sub>1</sub>	0,57	0,96	0,42	0,06
Ri c <sub>2</sub>	0,44	0,81	0,44	0,10
LV s/c	0,61	0,48	0,44	0,44
LV c <sub>1</sub>	0,22	0,67	0,24	0,05
LV c <sub>2</sub>	0,20	0,47	0,35	0,07
LV + M s/c	0,48	0,71	0,33	0,77
LV + M c <sub>2</sub>	0,27	0,67	0,24	0,05
Ja + M s/c	0,82	0,83	0,47	0,40
Ja + M c <sub>2</sub>	0,20	0,47	0,18	0,18
Média Geral	0,41	0,71	0,33	0,19
Média s/c	0,61	0,76	0,40	0,40

Tabela 20 - Razões entre os teores de Zn extraído com  $H_2SO_4$  0,05N (15, 30, 60 e 120 minutos de agitação) e com HCl 0,1 N (15 e 120 minutos de agitação) e os valores L.

Solo	Zn solo / valor L					
	$H_2SO_4$ 0,05 N				HCl 0,1 N	
	15 min	30 min	60 min	120 min	15 min	120 min
NO s/c	0,67	0,67	0,84	0,89	0,84	0,89
NO c <sub>1</sub>	0,42	0,42	0,52	0,63	0,52	0,63
NO c <sub>2</sub>	0,37	0,38	0,52	0,52	0,47	0,52
Ja s/c	0,70	0,78	0,78	0,87	0,91	0,92
Ja c <sub>1</sub>	0,50	0,62	0,62	0,62	0,62	0,68
Ja c <sub>2</sub>	0,51	0,51	0,63	0,63	0,63	0,76
LR s/c	0,24	0,24	0,24	0,24	0,58	0,63
LR c <sub>1</sub>	0,22	0,22	0,24	0,22	0,58	0,98
LR c <sub>2</sub>	0,23	0,23	0,23	0,23	0,54	0,65
TE s/c	0,43	0,47	0,47	0,47	0,57	0,70
TE c <sub>1</sub>	0,40	0,43	0,43	0,44	0,56	0,68
TE c <sub>2</sub>	0,44	0,46	0,50	0,50	0,57	0,70
Ri s/c	0,54	0,64	0,63	0,64	0,70	0,77
Ri c <sub>1</sub>	0,57	0,71	0,71	0,71	0,64	0,82
Ri c <sub>2</sub>	0,70	0,82	0,82	0,83	0,77	0,99
LV s/c	0,61	0,70	0,70	0,87	0,87	0,87
LV c <sub>1</sub>	0,28	0,38	0,38	0,47	0,47	0,52
LV c <sub>2</sub>	0,42	0,49	0,49	0,70	0,63	0,63
LV + M s/c	0,64	0,66	0,68	0,66	0,77	0,95
LV + M c <sub>2</sub>	0,48	0,48	0,48	0,48	0,57	0,73
Ja + M s/c	0,65	0,65	0,74	0,81	0,81	0,90
Ja + M c <sub>2</sub>	0,35	0,36	0,40	0,43	0,44	0,48
Média Geral	0,47	0,51	0,55	0,59	0,64	0,74
Média s/c	0,52	0,60	0,65	0,69	0,76	0,83

Tabela 21 - Razões entre os teores de zinco extraído com ácido cítrico 0,05 M, ácido cítrico 0,5 M, EDTA 0,05 M (60 minutos de agitação) e EDTA + Ca (30, 60 e 120 minutos de agitação) e os valores L.

Solo	Zn solo / valor L					
	Ác. Cítrico	Ác. Cítrico	EDTA	EDTA + Ca		
	0,05 M	0,5 M	0,05 M	30 min	60 min	120 min
NO s/c	0,50	0,59	0,51	0,31	0,35	0,40
NO c <sub>1</sub>	0,25	0,37	0,42	0,15	0,19	0,19
NO c <sub>2</sub>	0,21	0,35	0,21	0,21	0,21	0,21
Ja s/c	0,52	0,74	0,78	0,52	0,59	0,72
Ja c <sub>1</sub>	0,50	0,62	0,56	0,23	0,23	0,44
Ja c <sub>2</sub>	0,63	0,63	0,51	0,30	0,30	0,30
LR s/c	0,18	0,47	0,32	0,22	0,24	0,30
LR c <sub>1</sub>	0,22	0,48	0,37	0,20	0,25	0,30
LR c <sub>2</sub>	0,18	0,46	0,33	0,21	0,25	0,27
TE s/c	0,27	0,47	0,47	0,33	0,36	0,36
TE c <sub>1</sub>	0,27	0,43	0,43	0,32	0,36	0,35
TE c <sub>2</sub>	0,29	0,50	0,46	0,32	0,37	0,37
Ri s/c	0,31	0,52	0,64	0,36	0,45	0,45
Ri c <sub>1</sub>	0,36	0,58	0,60	0,36	0,43	0,46
Ri c <sub>2</sub>	0,40	0,63	0,61	0,38	0,50	0,49
LV s/c	0,52	0,52	0,87	0,32	0,52	0,61
LV c <sub>1</sub>	0,28	0,32	0,28	0,17	0,28	0,23
LV c <sub>2</sub>	0,26	0,42	0,42	0,20	0,26	0,26
LV + M s/c	0,40	0,53	0,66	0,24	0,46	0,46
LV + M c <sub>2</sub>	0,29	0,38	0,38	0,17	0,29	0,38
Ja + M s/c	0,54	0,68	0,68	0,40	0,54	0,68
Ja + M c <sub>2</sub>	0,29	0,36	0,36	0,13	0,22	0,22
Média Geral	0,35	0,50	0,49	0,27	0,35	0,38
Média s/c	0,40	0,56	0,62	0,34	0,44	0,50

Tabela 22 - Razões entre os teores de zinco extraído com DTPA A (30, 60 e 120 minutos de agitação), DTPA B, DTPA C e DTPA D (60 minutos de agitação) e os valores L.

Solo	Zn solo / valor L					
	DTPA-A			DTPA-B	DTPA-C	DTPA-D
	30 min	60 min	120 min	60 min	60 min	60 min
NO s/c	0,34	0,34	0,44	0,17	0,16	0,36
NO c <sub>1</sub>	0,19	0,15	0,10	0,10	0,10	0,19
NO c <sub>2</sub>	0,12	0,12	0,23	0,12	0,10	0,21
Ja s/c	0,48	0,52	0,56	0,41	0,39	0,52
Ja c <sub>1</sub>	0,32	0,32	0,32	0,27	0,18	0,46
Ja c <sub>2</sub>	0,25	0,33	0,33	0,20	0,24	0,46
LR s/c	0,21	0,25	0,25	0,19	0,21	0,27
LR c <sub>1</sub>	0,21	0,25	0,25	0,19	0,21	0,27
LR c <sub>2</sub>	0,21	0,23	0,23	0,20	0,21	0,27
TE s/c	0,32	0,32	0,35	0,30	0,29	0,36
TE c <sub>1</sub>	0,32	0,32	0,32	0,28	0,27	0,33
TE c <sub>2</sub>	0,31	0,31	0,34	0,30	0,29	0,37
Ri s/c	0,43	0,43	0,43	0,38	0,27	0,40
Ri c <sub>1</sub>	0,41	0,38	0,41	0,36	0,28	0,36
Ri c <sub>2</sub>	0,40	0,44	0,44	0,33	0,28	0,44
LV s/c	0,25	0,35	0,35	0,28	0,16	0,80
LV c <sub>1</sub>	0,14	0,14	0,19	0,21	0,09	0,28
LV c <sub>2</sub>	0,20	0,20	0,28	0,22	0,13	0,42
LV + M s/c	0,26	0,26	0,41	0,29	0,19	0,40
LV + M c <sub>2</sub>	0,14	0,13	0,14	0,21	0,09	0,29
Ja + M s/c	0,35	0,35	0,42	0,36	0,33	0,47
Ja + M c <sub>2</sub>	0,19	0,19	0,19	0,19	0,14	0,29
Média Geral	0,27	0,29	0,32	0,25	0,21	0,38
Média s/c	0,33	0,35	0,40	0,30	0,25	0,50

Tabela 23 - Razões entre os teores de zinco extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp (60 minutos e 120 minutos de agitação) e os valores L.

Solo	Zn solo / valor L					
	DTPA Ap		DTPA Bp		DTPA Cp	
	60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min
NO s/c	0,31	0,31	0,27	0,27	0,17	0,27
NO c <sub>1</sub>	0,15	0,19	0,10	0,17	0,04	0,04
NO c <sub>2</sub>	0,17	0,17	0,12	0,16	0,05	0,05
Ja s/c	0,61	0,61	0,48	0,56	0,40	0,46
Ja c <sub>1</sub>	0,23	0,23	0,20	0,20	0,20	0,26
Ja c <sub>2</sub>	0,31	0,31	0,27	0,25	0,20	0,20
LR s/c	0,27	0,30	0,21	0,24	0,18	0,23
LR c <sub>1</sub>	0,27	0,33	0,24	0,24	0,16	0,23
LR c <sub>2</sub>	0,26	0,27	0,20	0,21	0,16	0,21
TE s/c	0,40	0,44	0,33	0,34	0,32	0,34
TE c <sub>1</sub>	0,37	0,37	0,32	0,32	0,30	0,30
TE c <sub>2</sub>	0,39	0,43	0,33	0,37	0,33	0,33
Ri s/c	0,45	0,49	0,38	0,42	0,38	0,40
Ri c <sub>1</sub>	0,36	0,50	0,38	0,46	0,32	0,42
Ri c <sub>2</sub>	0,42	0,51	0,37	0,44	0,37	0,37
LV s/c	0,42	0,42	0,30	0,38	0,37	0,45
LV c <sub>1</sub>	0,17	0,17	0,09	0,21	0,15	0,15
LV c <sub>2</sub>	0,26	0,26	0,14	0,22	0,14	0,22
LV + M s/c	0,40	0,53	0,29	0,29	0,28	0,28
LV + M c <sub>2</sub>	0,17	0,23	0,15	0,21	0,15	0,16
Ja + M s/c	0,40	0,40	0,36	0,43	0,35	0,39
Ja + M c <sub>2</sub>	0,17	0,18	0,16	0,16	0,12	0,12
Média Geral	0,30	0,35	0,25	0,30	0,23	0,27
Média s/c	0,41	0,44	0,33	0,37	0,31	0,35

Tabela 24 - Quadro geral dos coeficientes de correlação e das razões entre atividades específicas (Zn).

Extrator	$r_p$	$r_{p-s/c}$	$r_L$	$r_{L-s/c}$	$f_A$	$f_{A-s/c}$	$f_L$	$f_{L-s/c}$	$r_T$
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	0,81**	0,86**	0,87**	0,89**	0,84**	0,87**	0,47*	0,52	0,20
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	0,81**	0,85**	0,83**	0,87**	0,83**	0,91**	0,51*	0,60	0,16
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60'	0,80**	0,87**	0,82**	0,86**	0,85**	0,89**	0,55**	0,65	0,13
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 120'	0,80**	0,85**	0,80**	0,82*	0,84**	0,86**	0,59**	0,63	0,02
HCl 15'	0,72**	0,71*	0,98**	0,99**	0,86**	0,82*	0,64**	0,76*	0,55
HCl 120'	0,69**	0,73*	0,96**	0,99**	0,85**	0,87**	0,74**	0,83**	
A. Citr. 0,05M	0,76**	0,88**	0,88**	0,90**	0,80**	0,80*	0,35	0,40	0,22
A. Citr. 0,5M	0,73**	0,72*	0,97**	0,99**	0,83**	0,82*	0,50*	0,56	0,59
MgCl <sub>2</sub>	-	0,55	-	0,25	-	-	-	-	0,09
CaOAc	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> OAc	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CoSO <sub>4</sub>	0,82**	0,81*	0,92**	0,95**	0,41	0,61	0,33	0,40	0,39
CaCl <sub>2</sub>	0,58**	0,47	0,08	0,07	0,71**	0,76*	0,19	0,40	-0,42
KNO <sub>3</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DTPA A 30'	0,79**	0,82*	0,92**	0,92**	0,68**	0,72*	0,27	0,33	0,33
DTPA A 60'	0,79**	0,78*	0,93**	0,95**	0,68**	0,71*	0,29	0,35	0,41
DTPA A 120'	0,80**	0,85**	0,92**	0,95**	0,68*	0,75*	0,32	0,40	0,36
DTPA-B	0,80**	0,84**	0,94**	0,93**	0,70**	0,72*	0,25	0,30	0,36
DTPA-C	0,76**	0,81*	0,96**	0,97**	0,65**	0,68	0,21	0,2	0,23
DTPA-D	0,73**	0,72*	0,90**	0,86**	0,79**	0,84**	0,38	0,50	0,27
DTPA-Ap 60'	0,78**	0,80*	0,94**	0,95**	0,88**	0,90**	0,30	0,41	0,37
DTPA-Ap 120'	0,80**	0,79*	0,93**	0,96**	0,81**	0,85**	0,35	0,44	0,39
DTPA-B <sub>p</sub> 60'	0,76**	0,83**	0,93**	0,94**	0,74**	0,77*	0,25	0,32	0,35
DTPA-B <sub>p</sub> 120'	0,80**	0,82*	0,92**	0,94**	0,65**	0,73*	0,30	0,37	0,37
DTPA-C <sub>p</sub> 60'	0,81**	0,83**	0,91**	0,61	0,63**	0,68	0,23	0,27	0,30
DTPA-C <sub>p</sub> 120'	0,80**	0,78*	0,92**	0,52	0,63**	0,70	0,31	0,35	0,37
EDTA	0,80**	0,81*	0,92**	0,91*	0,72**	0,72*	0,49	0,62	0,29
EDTA + Ca 30'	0,78**	0,82*	0,93**	0,95**	0,78**	0,83**	0,27	0,34	0,37
EDTA + Ca 60'	0,81**	0,84**	0,92**	0,93**	0,89**	0,89**	0,35	0,44	0,33
EDTA + Ca 120'	0,81**	0,84**	0,93**	0,94**	0,82**	0,81*	0,38	0,50	0,42
Valor L	0,53	0,57	-	-	-	-	-	-	0,60
Zn absorvido	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08

**Obs.:**

$r_p$  = Coef. de correl. entre as quantidades de Zn das plantas e os teores de Zn extraído (todos os tratamentos);

$r_{p-s/c}$  = idem (somente trat. sem calagem);

$r_L$  = Coef. de correl. entre os valores  $L_{Zn}$  e os teores de Zn extraído (todos os tratamentos);

$r_{L-s/c}$  = idem (somente trat. sem calagem);

$f_A$  = relações entre as at. específicas do Zn das plantas e as at. específicas dos teores do Zn extraído (todos os tratamentos);

$f_{A-s/c}$  = idem (somente tratamentos sem calagem);

$f_L$  = razões entre os valores  $L_{Zn}$  e os teores de Zn extraído (todos os tratamentos);

$f_{L-s/c}$  = idem (somente tratamentos sem calagem);

$r_T$  = Coef. de correl. entre os teores de Zn total e os teores de Zn extraído, quantidade absorvida e valores  $L_{Zn}$ ;

\* = Teste t signif. ao nível de 5% e \*\* = ao nível de 1%.

Tabela 25 - Teores de Mn dos solos, extraído com soluções de  $H_2SO_4$  0,05 N e de HCl 0,1 N, em diferentes períodos de agitação, expressos em ppm.

Solo	Mn (ppm)					
	$H_2SO_4$ 0,05 N				HCl 0,1 N	
	15 min.	30 min	60 min	120 min	15 min	120 min
NO s/c	3,6	3,9	5,3	6,3	3,9	6,0
NO c <sub>1</sub>	4,3	5,0	6,6	7,9	3,9	5,6
NO c <sub>2</sub>	5,0	5,6	6,6	8,2	4,6	6,3
Ja s/c	25,0	26,5	30,0	35,0	31,5	43,0
Ja c <sub>1</sub>	33,0	33,0	38,0	44,5	35,0	56,5
Ja c <sub>2</sub>	25,0	26,5	33,0	43,0	28,0	50,0
LR s/c	19,4	28,0	31,5	38,0	48,0	68,5
LR c <sub>1</sub>	26,5	30,0	35,0	39,5	51,5	77,0
LR c <sub>2</sub>	35,0	36,5	41,0	48,0	55,0	89,0
TE s/c	18,3	26,5	33,0	39,5	38,0	64,5
TE c <sub>1</sub>	18,3	26,5	31,5	39,5	38,0	62,5
TE c <sub>2</sub>	18,3	25,0	31,5	36,5	36,5	60,5
Ri s/c	17,3	22,5	26,5	30,0	23,0	35,0
Ri c <sub>1</sub>	16,9	21,7	26,5	33,0	25,0	40,0
Ri c <sub>2</sub>	20,5	23,6	30,0	35,0	25,0	41,5
LV s/c	8,6	11,0	12,9	13,7	9,6	15,0
LV c <sub>1</sub>	8,2	10,6	12,9	13,7	8,6	15,9
LV c <sub>2</sub>	8,6	11,0	12,5	15,0	8,9	15,0
LV + M s/c	8,2	10,3	12,9	13,7	9,6	15,9
LV + M c <sub>2</sub>	8,6	10,6	12,5	13,7	9,3	14,5
Ja + M s/c	33,0	35,0	38,0	43,0	38,0	48,0
Ja + M c <sub>2</sub>	28,9	31,3	43,0	50,0	43,0	53,0

Tabela 26 - Teores de Mn dos solos, extraído com EDTA + CaCl<sub>2</sub> (30, 60 e 120 minutos de agitação), água, EDTA 0,05 M, ácido cítrico 0,05 M e ácido cítrico 0,5 M, expressos em ppm

Solo		Mn (ppm)						
		H <sub>2</sub> O	EDTA 0,005 M	EDTA + CaCl <sub>2</sub>			Ác. cítrico	
				30 min	60 min	120 min	0,05 M	0,5 M
NO	s/c	0,1	4,1	2,1	2,3	2,6	2,9	4,3
NO	c <sub>1</sub>	0,1	1,6	0,6	0,9	0,9	3,3	4,6
NO	c <sub>2</sub>	0,1	3,9	0,9	1,1	1,1	3,6	5,0
Ja	s/c	1,3	62,5	26,5	26,5	31,5	55,0	70,5
Ja	c <sub>1</sub>	0,3	55,0	14,1	14,5	17,8	62,5	81,0
Ja	c <sub>2</sub>	0,4	53,0	6,6	7,5	8,3	68,5	81,0
LR	s/c	-	97,0	21,5	28,0	37,5	125,0	192,5
LR	c <sub>1</sub>	-	64,5	16,2	19,2	23,0	121,0	192,5
LR	c <sub>2</sub>	-	68,5	23,0	26,5	30,0	125,0	192,5
TE	s/c	0,1	108,5	30,0	35,0	43,0	94,0	125,0
TE	c <sub>1</sub>	0,1	97,0	22,9	26,5	33,0	91,5	129,0
TE	c <sub>2</sub>	0,1	84,5	19,2	23,0	25,0	91,5	129,0
Ri	s/c	0,2	35,0	19,2	23,0	25,0	25,0	36,5
Ri	c <sub>1</sub>	0,1	38,0	10,0	10,0	13,7	30,0	41,5
Ri	c <sub>2</sub>	0,1	36,5	12,9	15,0	18,8	30,0	40,0
LV	s/c	0,3	7,3	8,0	9,3	10,3	10,6	17,8
LV	c <sub>1</sub>	-	10,6	2,9	3,3	4,0	11,7	17,3
LV	c <sub>2</sub>	-	13,7	3,6	4,3	4,6	10,6	17,3
LV + M	s/c	0,3	4,6	8,0	9,3	9,6	11,0	17,8
LV + M	c <sub>2</sub>	-	11,3	2,9	3,6	4,1	10,6	18,3
Ja + M	s/c	1,6	56,5	33,0	35,0	36,5	56,5	75,0
Ja + M	c <sub>2</sub>	1,1	58,5	19,9	23,6	24,0	60,5	77,0

Tabela 27 - Teores de Mn dos solos, extraído com  $MgCl_2$ ,  $CaOAc$ ,  $CoSO_4$ ,  $NH_4OAc$ ,  $CaCl_2$  e  $KNO_3$ , expressos em ppm.

Solo	Mn (ppm)					
	$MgCl_2$	$CaOAc$	$CoSO_4$	$NH_4OAc$	$CaCl_2$	$KNO_3$
NO s/c	3,2	2,3	1,2	0,9	2,5	1,9
NO c <sub>1</sub>	1,5	0,9	0,5	0,1	1,2	0,3
NO c <sub>2</sub>	1,8	0,9	0,5	0,3	1,2	0,4
Ja s/c	20,4	11,3	9,9	11,7	15,5	11,7
Ja c <sub>1</sub>	14,9	8,3	9,9	7,5	9,9	1,6
Ja c <sub>2</sub>	7,2	3,9	6,2	2,9	4,9	1,2
LR s/c	9,9	5,0	9,9	3,3	9,2	2,9
LR c <sub>1</sub>	10,2	5,3	10,9	3,3	8,9	1,6
LR c <sub>2</sub>	17,2	8,9	14,0	5,3	14,6	3,3
TE s/c	14,0	7,9	10,2	5,0	12,9	4,6
TE c <sub>1</sub>	12,0	7,0	9,5	4,3	10,6	3,3
TE c <sub>2</sub>	9,5	5,3	8,8	3,3	8,5	2,3
Ri s/c	15,6	8,9	8,8	8,9	13,7	8,9
Ri c <sub>1</sub>	8,5	5,0	5,9	3,3	7,2	2,3
Ri c <sub>2</sub>	11,6	6,6	7,4	4,6	8,9	3,3
LV s/c	6,9	3,6	3,2	2,3	5,6	3,3
LV c <sub>1</sub>	3,5	1,9	1,8	0,6	2,5	0,3
LV c <sub>2</sub>	4,2	2,6	2,2	0,9	2,9	0,6
LV + M s/c	7,2	3,9	3,2	2,3	5,6	3,6
LV + M c <sub>2</sub>	3,5	2,0	1,8	0,6	2,5	0,4
Ja + M s/c	32,5	18,3	13,2	20,5	22,5	18,3
Ja + M c <sub>2</sub>	21,6	12,5	12,4	11,0	15,0	2,6

Tabela 28 - Teores de Mn dos solos, extraído com DTPA A (em 30, 60 e 120 minutos de agitação), DTPA B, DTPA C e DTPA D, expressos em ppm.

Solo	Mn (ppm)					
	DTPA A			DTPA B	DTPA C	DTPA D
	30 min	60 min	120min			
NO s/c	2,6	2,6	2,9	2,2	1,6	2,3
NO c <sub>1</sub>	0,9	0,9	1,3	0,8	0,6	0,9
NO c <sub>2</sub>	0,9	1,3	1,3	1,0	0,6	0,9
Ja s/c	25,0	23,0	25,0	20,4	15,9	23,0
Ja c <sub>1</sub>	19,2	22,3	22,3	17,7	12,6	18,8
Ja c <sub>2</sub>	10,0	11,3	12,1	7,9	6,0	11,0
LR s/c	26,5	28,0	36,5	20,4	17,5	37,5
LR c <sub>1</sub>	23,0	25,0	26,5	17,2	15,6	25,0
LR c <sub>2</sub>	28,0	30,0	31,5	24,5	24,7	31,5
TE s/c	28,0	33,0	35,0	22,8	21,4	41,5
TE c <sub>1</sub>	26,5	26,5	30,0	21,6	19,6	31,5
TE c <sub>2</sub>	23,0	23,0	28,0	18,2	15,9	28,0
Ri s/c	18,3	19,9	19,9	15,8	12,2	15,9
Ri c <sub>1</sub>	11,3	12,1	13,0	9,5	8,0	9,6
Ri c <sub>2</sub>	14,1	16,9	17,3	13,2	10,3	13,3
LV s/c	6,0	6,6	8,0	5,2	4,3	6,3
LV c <sub>1</sub>	3,6	4,0	4,6	3,2	2,6	3,3
LV c <sub>2</sub>	4,3	4,3	5,0	3,9	3,0	3,8
LV + M s/c	6,6	7,0	8,6	5,5	4,7	7,0
LV + M c <sub>2</sub>	3,6	4,0	5,0	3,2	2,3	3,6
Ja + M s/c	33,0	35,0	35,0	29,5	23,5	30,0
Ja + M c <sub>2</sub>	26,5	28,0	30,0	24,5	20,2	23,0

Tabela 29 - Teores de Mn dos solos, extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp (60 e 120 minutos de agitação), expressos em ppm.

Solo	Mn (ppm)					
	DTPA Ap		DTPA Bp		DTPA Cp	
	60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min
NO s/c	2,9	4,0	2,9	3,3	2,8	3,3
NO c <sub>1</sub>	1,3	1,6	1,1	1,6	1,1	1,3
NO c <sub>2</sub>	1,3	1,9	1,3	1,7	1,3	1,4
Ja s/c	50,0	56,5	43,0	53,0	40,0	43,0
Ja c <sub>1</sub>	18,3	20,5	16,2	21,0	17,0	16,6
Ja c <sub>2</sub>	10,0	12,1	8,0	10,0	7,7	8,6
LR s/c	58,5	79,5	23,0	62,8	45,0	55,0
LR c <sub>1</sub>	33,0	43,0	22,9	31,5	28,5	31,5
LR c <sub>2</sub>	41,5	46,5	43,0	41,5	33,5	36,0
TE s/c	77,0	102,5	37,5	72,5	51,5	67,0
TE c <sub>1</sub>	56,5	66,5	33,0	50,0	40,0	50,0
TE c <sub>2</sub>	60,5	56,5	56,5	46,5	33,5	40,0
Ri s/c	26,5	31,5	33,0	31,5	25,0	26,5
Ri c <sub>1</sub>	11,0	14,1	10,6	18,3	9,7	15,6
Ri c <sub>2</sub>	15,4	18,1	15,0	13,7	14,7	12,6
LV s/c	11,3	13,3	9,6	11,7	9,7	10,7
LV c <sub>1</sub>	4,3	5,3	4,0	4,6	3,7	4,0
LV c <sub>2</sub>	5,3	5,3	4,3	5,3	4,3	4,7
LV + M s/c	11,3	13,7	10,0	11,7	10,0	11,0
LV + M c <sub>2</sub>	4,3	5,3	4,0	4,6	3,7	4,3
Ja + M s/c	51,5	55,0	25,0	50,0	23,5	45,0
Ja + M c <sub>2</sub>	26,5	26,5	25,0	28,0	25,0	25,0

Tabela 30 - Razões entre as atividades específicas do Mn dos solos extraídos com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 N e HCl 0,1 M e as respectivas atividades específicas do Mn das plantas

		AMn solo/A Mn planta					
		H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,05 N				HCl 0,1 M	
Solo		15 min	30 min	60 min	120 min	15 min	120 min
NO	s/c	0,68	0,68	0,54	0,51	0,68	0,47
NO	c <sub>1</sub>	0,70	0,70	0,62	0,54	0,83	0,75
NO	c <sub>2</sub>	0,89	0,84	0,74	0,61	0,97	0,81
Ja	s/c	0,69	0,70	0,72	0,70	0,68	0,59
Ja	c <sub>1</sub>	0,83	0,89	0,84	0,83	0,77	0,65
Ja	c <sub>2</sub>	0,80	0,90	0,98	0,83	0,96	0,85
LR	s/c	0,75	0,89	0,96	0,85	0,88	0,85
LR	c <sub>1</sub>	0,77	0,82	0,88	0,92	0,88	0,96
LR	c <sub>2</sub>	0,77	0,79	0,94	1,00	0,94	0,83
TE	s/c	0,60	0,71	0,71	0,82	0,87	0,89
TE	c <sub>1</sub>	0,56	0,59	0,62	0,72	0,74	0,82
TE	c <sub>2</sub>	0,37	0,67	0,94	0,97	0,92	0,92
Ri	s/c	0,99	0,91	0,83	0,79	0,80	0,80
Ri	c <sub>1</sub>	0,47	0,78	0,88	0,96	0,95	0,92
Ri	c <sub>2</sub>	0,63	0,71	0,64	0,56	0,79	0,50
LV	s/c	0,97	0,89	0,87	0,88	0,67	0,89
LV	c <sub>1</sub>	0,85	0,91	0,99	0,99	0,89	0,96
LV	c <sub>2</sub>	0,99	0,93	0,85	0,77	0,89	0,89
LV + M	s/c	0,95	0,94	0,89	0,90	0,97	0,88
LV + M	c <sub>1</sub>	0,99	0,87	0,92	0,93	0,95	0,86
Ja + M	s/c	0,60	0,65	0,54	0,58	0,49	0,54
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,64	0,73	0,70	0,62	0,62	0,58
Média Geral		0,75	0,79	0,80	0,78	0,82	0,78
Média s/c		0,78	0,80	0,76	0,75	0,76	0,74

Tabela 31 - Razões entre as atividades específicas do Mn dos solos obtido com diversos extratores e as respectivas atividades específicas do Mn das plantas

		AMn solo/AMn planta					
		Ác. cítrico		EDTA	EDTA + CaCl <sub>2</sub>		
Solo		0,005 M	0,5 M	0,05 M	30 min	60 min	120 min
NO	s/c	0,67	0,57	0,61	0,76	0,85	0,81
NO	c <sub>1</sub>	0,92	0,75	0,39	0,92	0,97	0,83
NO	c <sub>2</sub>	0,93	0,87	0,85	0,70	0,84	0,62
Ja	s/c	0,59	0,54	0,59	0,77	0,78	0,82
Ja	c <sub>1</sub>	0,67	0,52	0,72	0,71	0,88	0,88
Ja	c <sub>2</sub>	0,75	0,75	0,98	0,70	0,72	0,67
LR	s/c	0,67	0,59	0,96	0,69	0,73	0,79
LR	c <sub>1</sub>	0,83	0,60	0,82	0,68	0,72	0,68
LR	c <sub>2</sub>	0,60	0,53	0,90	0,71	0,75	0,75
TE	s/c	0,78	0,81	0,96	0,73	0,63	0,63
TE	c <sub>1</sub>	0,68	0,87	0,82	0,60	0,60	0,53
TE	c <sub>2</sub>	0,83	0,77	0,97	0,49	0,60	0,47
Ri	s/c	0,30	0,43	0,84	0,85	0,91	0,99
Ri	c <sub>1</sub>	0,92	0,94	0,93	0,86	0,69	0,75
Ri	c <sub>2</sub>	0,74	0,75	0,55	0,95	0,96	0,92
LV	s/c	0,99	0,81	0,47	0,87	0,80	0,75
LV	c <sub>1</sub>	0,89	0,98	0,61	0,73	0,76	0,80
LV	c <sub>2</sub>	0,81	0,68	0,88	0,57	0,56	0,56
LV + M	s/c	0,94	0,76	0,30	0,79	0,78	0,80
LV + M	c <sub>2</sub>	1,00	0,72	0,79	0,77	0,77	0,90
Ja + M	s/c	0,47	0,44	0,58	0,64	0,57	0,64
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,61	0,50	0,66	0,59	0,70	0,70
Média Geral		0,75	0,69	0,73	0,73	0,75	0,74
Média	s/c	0,68	0,62	0,66	0,76	0,76	0,78

Tabela 32 - Razões entre as atividades específicas do Mn dos solos obtidos com diversos extratores e as respectivas atividades específicas do Mn das plantas.

		AMn solo/AMn planta					
Solo		MgCl <sub>2</sub>	CaOAc	NH <sub>4</sub> OAc	CoSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>
NO	s/c	0,59	0,96	0,53	0,61	0,81	0,81
NO	c <sub>1</sub>	0,59	0,94	0,27	0,33	0,75	0,64
NO	c <sub>2</sub>	0,82	0,58	0,21	0,22	0,72	0,43
Ja	s/c	0,67	0,91	0,96	0,56	0,92	0,85
Ja	c <sub>1</sub>	0,76	0,76	0,46	0,50	0,91	0,46
Ja	c <sub>2</sub>	0,96	0,70	0,25	0,34	0,77	0,26
LR	s/c	0,79	0,67	0,35	0,35	0,79	0,31
LR	c <sub>1</sub>	1,00	0,30	0,27	0,32	0,57	0,24
LR	c <sub>2</sub>	0,86	0,48	0,34	0,29	0,59	0,36
TE	s/c	0,84	0,32	0,27	0,30	0,63	0,27
TE	c <sub>1</sub>	0,74	0,33	0,20	0,29	0,49	0,19
TE	c <sub>2</sub>	0,54	0,30	0,25	0,20	0,55	0,21
Ri	s/c	0,82	0,65	0,70	0,51	0,99	0,65
Ri	c <sub>1</sub>	0,98	0,64	0,55	0,34	0,78	0,55
Ri	c <sub>2</sub>	0,83	0,93	0,88	0,45	0,94	0,81
LV	s/c	0,92	0,64	0,68	0,46	0,80	0,62
LV	c <sub>1</sub>	0,90	0,60	0,42	0,34	0,72	0,49
LV	c <sub>2</sub>	0,82	0,52	0,59	0,29	0,56	0,76
LV + M	s/c	0,82	0,66	0,72	0,37	0,67	0,79
LV + M	c <sub>1</sub>	0,82	0,68	0,57	0,38	0,76	0,46
Ja + M	s/c	0,51	0,50	0,44	0,34	0,68	0,79
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,58	0,54	0,51	0,37	0,66	0,51
Média Geral		0,78	0,62	0,47	0,37	0,73	0,52
Média s/c		0,75	0,66	0,58	0,44	0,79	0,64

**Tabela 33** - Razões entre as atividades específicas do Mn dos solos extraídos com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D e as respectivas atividades específicas das plantas

AMn solo/AMn planta							
Solo	DTPA-A			DTPA-B	DTPA-C	DTPA-D	
	30 min	60 min	120 min				
ND s/c	0,71	0,77	0,73	0,71	0,83	0,77	
ND c <sub>1</sub>	0,95	0,70	0,97	0,94	0,86	0,78	
ND c <sub>2</sub>	0,66	0,73	0,69	0,76	0,61	0,54	
Ja s/c	0,77	0,89	0,85	0,82	0,85	0,74	
Ja c <sub>1</sub>	0,91	0,81	0,79	0,97	1,00	0,77	
Ja c <sub>2</sub>	0,76	0,70	0,77	0,69	0,69	0,69	
LR s/c	0,93	0,77	0,82	0,79	0,67	0,96	
LR c <sub>1</sub>	0,56	0,70	0,74	0,64	0,72	0,79	
LR c <sub>2</sub>	0,63	0,68	0,59	0,73	0,91	0,86	
TE s/c	0,69	0,77	0,67	0,73	0,69	0,79	
TE c <sub>1</sub>	0,59	0,95	1,00	1,00	0,93	0,87	
TE c <sub>2</sub>	0,55	0,45	0,48	0,47	0,55	0,60	
Ri s/c	0,93	0,93	0,98	0,97	0,89	0,88	
Ri c <sub>1</sub>	0,73	0,80	0,82	0,76	0,76	0,82	
Ri c <sub>2</sub>	0,82	0,83	0,81	0,79	0,88	0,55	
LV s/c	0,82	0,87	0,89	0,84	0,85	0,83	
LV c <sub>1</sub>	0,75	0,74	0,71	0,72	0,79	0,77	
LV c <sub>2</sub>	0,70	0,60	0,61	0,63	0,57	0,64	
LV + M s/c	0,88	0,85	0,92	0,82	0,91	0,83	
LV + M c <sub>2</sub>	0,78	0,80	0,74	0,87	0,84	0,87	
Ja + M s/c	0,64	0,61	0,87	0,69	0,61	0,61	
Ja + M c <sub>2</sub>	0,72	0,70	0,70	0,72	0,72	0,72	
Média Geral	0,75	0,76	0,78	0,78	0,78	0,76	
Média s/c	0,80	0,81	0,84	0,80	0,79	0,80	

Tabela 34 - Razões entre as atividades específicas do Mn dos solos extraído com DTPA Ap, DTPA Bp e DTPA Cp e as respectivas atividades específicas do Mn das plantas

AMn solo/AMn planta						
Solo	DTPA-Ap		DTPA-Bp		DTPA-Cp	
	60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min
NO s/c	0,74	0,67	0,62	0,68	0,72	0,78
NO c <sub>1</sub>	0,81	0,78	0,83	0,64	0,92	0,89
NO c <sub>2</sub>	0,83	0,88	0,97	0,96	0,76	0,67
Ja s/c	0,65	0,70	0,73	0,72	0,79	0,76
Ja c <sub>1</sub>	0,95	0,79	0,91	0,84	0,86	0,88
Ja c <sub>2</sub>	0,73	0,76	0,77	0,76	0,77	0,76
LR s/c	0,96	0,93	0,49	0,90	0,87	0,69
LR c <sub>1</sub>	0,88	0,85	0,74	0,82	0,72	0,72
LR c <sub>2</sub>	0,94	0,79	0,97	0,82	0,82	0,69
TE s/c	0,84	0,77	0,54	0,84	0,71	0,73
TE c <sub>1</sub>	0,72	0,64	0,59	0,64	0,62	0,66
TE c <sub>2</sub>	0,94	0,83	0,97	0,60	0,75	0,62
Ri s/c	0,69	0,74	0,66	0,78	0,88	0,88
Ri c <sub>1</sub>	1,00	0,81	0,56	0,78	0,75	0,73
Ri c <sub>2</sub>	0,82	0,77	0,60	0,85	0,85	0,92
LV s/c	0,92	0,94	0,86	0,90	0,80	0,92
LV c <sub>1</sub>	0,89	0,76	0,81	0,84	0,76	0,79
LV c <sub>2</sub>	0,68	0,69	0,66	0,64	0,64	0,63
LV + M s/c	0,83	0,95	0,90	0,97	0,84	0,84
LV + M c <sub>2</sub>	0,97	0,98	0,98	1,00	0,92	0,77
Ja + M s/c	0,57	0,57	0,99	0,58	0,95	0,60
Ja + M c <sub>2</sub>	0,77	0,67	0,72	0,69	0,75	0,67
Média Geral	0,83	0,78	0,77	0,78	0,79	0,75
Média s/c	0,78	0,78	0,72	0,80	0,82	0,78

Tabela 35 - Razões entre os teores de Mn extraído com  $H_2SO_4$  e com HCl e os respectivos valores L.

		Mn solo/valor L					
		$H_2SO_4$ 0,05 N				HCl 0,1 M	
Solo		15 min	30 min	60 min	120 min	15 min	120 min
NO	s/c	0,83	0,76	0,56	0,47	0,76	0,50
NO	c <sub>1</sub>	0,99	0,87	0,66	0,55	0,90	0,77
NO	c <sub>2</sub>	0,94	0,95	0,81	0,65	0,87	0,84
Ja	s/c	0,63	0,66	0,75	0,88	0,79	0,92
Ja	c <sub>1</sub>	0,66	0,66	0,76	0,90	0,70	0,88
Ja	c <sub>2</sub>	0,40	0,42	0,52	0,68	0,44	0,79
LR	s/c	0,14	0,20	0,23	0,28	0,35	0,50
LR	c <sub>1</sub>	0,17	0,19	0,23	0,26	0,33	0,50
LR	c <sub>2</sub>	0,29	0,30	0,34	0,40	0,45	0,74
TE	s/c	0,14	0,20	0,25	0,30	0,28	0,49
TE	c <sub>1</sub>	0,12	0,18	0,21	0,26	0,25	0,41
TE	c <sub>2</sub>	0,17	0,23	0,29	0,34	0,34	0,56
Ri	s/c	0,51	0,66	0,78	0,89	0,68	0,98
Ri	c <sub>1</sub>	0,37	0,48	0,59	0,73	0,55	0,89
Ri	c <sub>2</sub>	0,76	0,87	0,90	0,77	0,92	0,65
LV	s/c	0,51	0,65	0,77	0,81	0,57	0,89
LV	c <sub>1</sub>	0,42	0,55	0,67	0,71	0,44	0,82
LV	c <sub>2</sub>	0,62	0,80	0,91	0,91	0,65	0,91
LV + M	s/c	0,49	0,62	0,77	0,82	0,57	0,95
LV + M	c <sub>2</sub>	0,49	0,61	0,71	0,78	0,53	0,83
Ja + M	s/c	0,83	0,88	0,96	0,92	0,96	0,83
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,66	0,71	0,98	0,88	0,98	0,83
Média Geral		0,51	0,57	0,62	0,65	0,61	0,75
Média s/c		0,51	0,58	0,63	0,67	0,62	0,76

**Tabela 36** - Razões entre os teores de Mn extraído com EDTA, EDTA + CaCl<sub>2</sub>, ácido cítrico 0,05 M e ácido cítrico 0,5 M e os respectivos valores L.

		Mn solo/valor L					
Solo		EDTA 0,05 M	EDTA + CaCl			Ácido cítrico	
			30 min	60 min	120 min	0,05 M	0,5 M
NO	s/c	0,73	0,70	0,77	0,82	0,97	0,69
NO	c <sub>1</sub>	0,37	0,14	0,21	0,21	0,76	0,94
NO	c <sub>2</sub>	0,73	0,17	0,21	0,21	0,68	0,94
Ja	s/c	0,64	0,66	0,66	0,79	0,72	0,57
Ja	c <sub>1</sub>	0,90	0,28	0,29	0,36	0,79	0,61
Ja	c <sub>2</sub>	0,84	0,10	0,12	0,13	0,92	0,78
LR	s/c	0,71	0,16	0,20	0,27	0,90	0,70
LR	c <sub>1</sub>	0,42	0,10	0,12	0,15	0,78	0,80
LR	c <sub>2</sub>	0,57	0,19	0,22	0,25	0,97	0,63
TE	s/c	0,82	0,23	0,27	0,33	0,70	0,95
TE	c <sub>1</sub>	0,64	0,15	0,18	0,22	0,61	0,85
TE	c <sub>2</sub>	0,78	0,18	0,21	0,23	0,85	0,84
Ri	s/c	0,97	0,57	0,68	0,74	0,74	0,92
Ri	c <sub>1</sub>	0,84	0,22	0,22	0,30	0,67	0,92
Ri	c <sub>2</sub>	0,74	0,48	0,55	0,69	0,90	0,68
LV	s/c	0,43	0,47	0,55	0,61	0,63	0,95
LV	c <sub>1</sub>	0,55	0,15	0,17	0,21	0,60	0,90
LV	c <sub>2</sub>	0,99	0,26	0,31	0,33	0,77	0,80
LV + M	s/c	0,27	0,48	0,56	0,57	0,66	0,94
LV + M	c <sub>2</sub>	0,64	0,17	0,21	0,23	0,60	0,96
Ja + M	s/c	0,70	0,83	0,88	0,92	0,70	0,53
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,75	0,45	0,54	0,55	0,72	0,57
Média Geral		0,68	0,32	0,37	0,41	0,76	0,79
Média s/c		0,66	0,51	0,57	0,63	0,75	0,78

**Tabela 37** - Razões entre os teores de Mn extraído com diversos extratores e os respectivos valores L.

		Mn solo/valor L					
Solo		MgCl <sub>2</sub>	CaOAc	NH <sub>4</sub> OAc	CoSO <sub>4</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KNO <sub>3</sub>
NO	s/c	0,93	0,77	0,30	0,40	0,84	0,64
NO	c <sub>1</sub>	0,35	0,21	0,02	0,12	0,28	0,07
NO	c <sub>2</sub>	0,34	0,17	0,06	0,09	0,23	0,08
Ja	s/c	0,51	0,28	0,29	0,25	0,39	0,29
Ja	c <sub>1</sub>	0,30	0,17	0,15	0,20	0,20	0,03
Ja	c <sub>2</sub>	0,11	0,06	0,05	0,10	0,08	0,02
LR	s/c	0,07	0,04	0,02	0,07	0,07	0,02
LR	c <sub>1</sub>	0,07	0,03	0,02	0,07	0,06	0,01
LR	c <sub>2</sub>	0,14	0,07	0,04	0,12	0,12	0,03
TE	s/c	0,11	0,06	0,04	0,08	0,10	0,03
TE	c <sub>1</sub>	0,08	0,05	0,03	0,06	0,07	0,02
TE	c <sub>2</sub>	0,09	0,05	0,03	0,08	0,08	0,02
Ri	s/c	0,46	0,26	0,26	0,26	0,40	0,26
Ri	c <sub>1</sub>	0,19	0,11	0,07	0,13	0,16	0,05
Ri	c <sub>2</sub>	0,43	0,24	0,17	0,27	0,33	0,12
LV	s/c	0,41	0,21	0,14	0,19	0,33	0,20
LV	c <sub>1</sub>	0,18	0,10	0,03	0,09	0,13	0,02
LV	c <sub>2</sub>	0,31	0,19	0,70	0,16	0,21	0,04
LV + M	s/c	0,43	0,23	0,14	0,19	0,33	0,22
LV + M	c <sub>2</sub>	0,20	0,11	0,03	0,10	0,14	0,02
Ja + M	s/c	0,82	0,46	0,51	0,33	0,57	0,46
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,49	0,28	0,25	0,28	0,34	0,06
Média Geral		0,32	0,19	0,15	0,17	0,25	0,12
Média s/c		0,47	0,29	0,21	0,22	0,38	0,27

Tabela 38 - Razões entre os teores de Mn extraído com DTPA A, DTPA B, DTPA C e DTPA D e os respectivos valores L.

Mn solo/valor L						
Solo	DTPA A			DTPA B	DTPA C	DTPA D
	30 min	60 min	120 min			
NO s/c	0,87	0,87	0,97	0,74	0,54	0,77
NO c <sub>1</sub>	0,21	0,21	0,30	0,18	0,14	0,21
NO c <sub>2</sub>	0,17	0,24	0,24	0,19	0,11	0,17
Ja s/c	0,63	0,58	0,63	0,51	0,39	0,58
Ja c <sub>1</sub>	0,39	0,45	0,45	0,36	0,25	0,38
Ja c <sub>2</sub>	0,16	0,18	0,19	0,13	0,09	0,17
LR s/c	0,19	0,20	0,27	0,15	0,13	0,27
LR c <sub>1</sub>	0,15	0,16	0,17	0,11	0,10	0,16
LR c <sub>2</sub>	0,23	0,25	0,26	0,20	0,20	0,26
TE s/c	0,21	0,25	0,27	0,17	0,16	0,32
TE c <sub>1</sub>	0,18	0,18	0,20	0,14	0,13	0,21
TE c <sub>2</sub>	0,21	0,21	0,26	0,17	0,15	0,26
Ri s/c	0,54	0,59	0,59	0,47	0,36	0,47
Ri c <sub>1</sub>	0,25	0,27	0,29	0,21	0,18	0,21
Ri c <sub>2</sub>	0,52	0,62	0,64	0,49	0,38	0,49
LV s/c	0,36	0,39	0,64	0,31	0,26	0,37
LV c <sub>1</sub>	0,19	0,21	0,24	0,17	0,13	0,17
LV c <sub>2</sub>	0,31	0,31	0,36	0,28	0,22	0,28
LV + M s/c	0,39	0,42	0,51	0,33	0,28	0,42
LV + M c <sub>2</sub>	0,21	0,23	0,29	0,18	0,13	0,21
Ja + M s/c	0,83	0,88	0,88	0,74	0,59	0,76
Ja + M c <sub>2</sub>	0,60	0,64	0,68	0,56	0,46	0,52
Média Geral	0,35	0,38	0,42	0,31	0,24	0,35
Média s/c.	0,50	0,52	0,57	0,43	0,34	0,50

Tabela 39 - Razões entre os teores de Mn extraído com DTPA Ap, DTPA Bp, e DTPA Cp e os respectivos valores L.

		Mn solo/valor L					
		DTPA Ap		DTPA Bp		DTPA Cp	
Solo		60 min	120 min	60 min	120 min	60 min	120 min
NO	s/c	0,97	0,75	0,97	0,90	0,94	0,90
NO	c <sub>1</sub>	0,30	0,37	0,25	0,37	0,25	0,30
NO	c <sub>2</sub>	0,24	0,36	0,24	0,32	0,24	0,26
Ja	s/c	0,80	0,70	0,93	0,75	0,99	0,93
Ja	c <sub>1</sub>	0,37	0,41	0,33	0,42	0,34	0,33
Ja	c <sub>2</sub>	0,16	0,19	0,13	0,16	0,12	0,14
LR	s/c	0,43	0,58	0,17	0,46	0,33	0,40
LR	c <sub>1</sub>	0,21	0,28	0,15	0,20	0,18	0,20
LR	c <sub>2</sub>	0,34	0,38	0,36	0,34	0,28	0,30
TE	s/c	0,59	0,78	0,28	0,55	0,39	0,51
TE	c <sub>1</sub>	0,37	0,44	0,22	0,33	0,26	0,33
TE	c <sub>2</sub>	0,56	0,52	0,52	0,43	0,31	0,37
Ri	s/c	0,78	0,93	0,97	0,93	0,74	0,78
Ri	c <sub>1</sub>	0,24	0,31	0,24	0,41	0,22	0,35
Ri	c <sub>2</sub>	0,57	0,67	0,55	0,51	0,54	0,46
LV	s/c	0,67	0,79	0,57	0,69	0,58	0,63
LV	c <sub>1</sub>	0,22	0,27	0,21	0,24	0,19	0,21
LV	c <sub>2</sub>	0,38	0,38	0,31	0,38	0,31	0,34
LV + M	s/c	0,68	0,82	0,60	0,70	0,60	0,66
LV + M	c <sub>2</sub>	0,25	0,30	0,23	0,26	0,21	0,25
Ja + M	s/c	0,77	0,71	0,63	0,79	0,59	0,88
Ja + M	c <sub>2</sub>	0,60	0,60	0,57	0,64	0,57	0,57
Média Geral		0,48	0,52	0,43	0,49	0,42	0,46
Média s/c		0,71	0,83	0,61	0,72	0,64	0,71

**Tabela 40** - Teores de Mn e Zn (em ppm) de diversos solos obtidos por fusão alcalina, mistura de HCl + HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> e HF.

a) Mn

Mn ppm						
Solo	Fusão	(Cl+N+P) <sub>1</sub>	(Cl+N+P) <sub>2</sub>	N+P	HF <sub>1</sub>	HF <sub>2</sub>
NO	6	-	6	-	-	-
Jab	144	110	126	100	155	141
LR	730	440	490	400	448	470
TE	240	132	150	120	168	181
Ri	104	70	80	60	72	80
LV	85	50	54	40	88	80
PV	92	60	72	40	48	58
TE	46	36	38	32	48	

b) Zn

Zn ppm						
Solo	Fusão	(Cl+N+P) <sub>1</sub>	(Cl+N+P) <sub>2</sub>	N+P	HF <sub>1</sub>	HF <sub>2</sub>
NO	18	-	5	-	10	11
Jab	60	8	10	5	44	40
LR	230	64	102	72	200	210
TE	106	36	46	30	84	90
Ri	80	25	30	20	44	40
LV	36	20	18	15	44	27
PV	92	30	33	30	40	43
TE	60	20	30	20	50	45

Fusão: Fusão alcalina; (Cl+N+P)<sub>1</sub> = HCl + HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> (0,25g solo);  
 (Cl+N+P)<sub>2</sub> = HCl + HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub> (1g solo); N + P = HNO<sub>3</sub> + HClO<sub>4</sub>  
 (0,25g solo); HF<sub>1</sub> = HF (0,25g solo); HF<sub>2</sub> = HF (1g solo)

Tabela 41 - Quadro geral dos coeficientes de correlação e das razões entre atividades específicas (Mn).

Extrator	$r_p$	$r_{p-s/c}$	$r_L$	$r_{L-s/c}$	$f_A$	$f_{A-s/c}$	$f_L$	$f_{L-s/c}$	$r_T$
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 15'	0,57**	0,80*	0,52*	0,36	0,75**	0,78*	0,51*	0,51	0,45
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 30'	0,30	0,60	0,66**	0,59	0,79**	0,80*	0,57**	0,58	0,62
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60'	0,47*	0,54	0,66**	0,64	0,80**	0,76*	0,62**	0,63	0,59
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 120'	0,43*	0,50	0,67**	0,69	0,78**	0,75*	0,65**	0,67	0,61
HCl 15'	0,33	0,35	0,84**	0,83**	0,82**	0,76*	0,61**	0,62	0,83*
HCl 120'	0,20	0,20	0,88**	0,91**	0,78**	0,74*	0,75**	0,76*	0,78
A. Citr. 0,05M	0,12	0,08	0,94**	0,95**	0,75**	0,68	0,79**	0,80*	0,89*
A. Citr. 0,5M	0,07	0,02	0,94**	0,95**	0,69**	0,62	0,75**	0,80*	0,94**
MgCl <sub>2</sub>	0,86**	0,89**	0,27	0,10	0,78**	0,75*	0,32	0,47	0,06
CaOAc	0,87**	0,90**	0,24	0,07	0,62**	0,66	0,19	0,29	0,02
NH <sub>4</sub> OAc	0,93**	0,93**	0,09	-0,04	0,47*	0,58	0,15	0,21	0,11
CoSO <sub>4</sub>	0,54**	0,60	0,68**	0,58	0,37	0,44	0,17	0,22	0,55
CaCl <sub>2</sub>	0,77**	0,80*	0,40	0,23	0,73**	0,79*	0,25	0,38	0,15
KNO <sub>3</sub>	0,85**	0,93*	0,01	-0,13	0,52	0,64	0,12	0,27	-0,22
DTPA A 30'	0,55**	0,57	0,73**	0,66	0,75**	0,80*	0,35	0,50	0,17
DTPA A 60'	0,52*	0,50	0,73**	0,71*	0,76**	0,81*	0,38	0,52	0,28
DTPA A 120'	0,46*	0,41	0,78**	0,81*	0,78**	0,84**	0,42	0,57	0,22
DTPA-B	0,60**	0,63	0,66**	0,59	0,78**	0,80*	0,31	0,43	0,21
DTPA-C	0,51*	0,55	0,73**	0,68	0,78**	0,79*	0,24	0,34	0,33
DTPA-D	0,34	0,25	0,85**	0,90**	0,76**	0,80*	0,35	0,50	0,17
DTPA-Ap 60'	0,32	0,29	0,78**	0,85**	0,63**	0,78*	0,48*	0,71*	0,60
DTPA-Ap 120'	0,26	0,15	0,80**	0,92**	0,78**	0,78*	0,52*	0,83*	0,64
DTPA-B <sub>p</sub> 60'	0,27	0,30	0,66**	0,50	0,77**	0,72*	0,43*	0,61	0,18
DTPA-B <sub>p</sub> 120'	0,37	0,28	0,76**	0,86**	0,78**	0,80*	0,45*	0,72*	0,65
DTPA-C <sub>p</sub> 60'	0,25	0,07	0,81**	0,88**	0,79**	0,82*	0,42	0,64	0,63
DTPA-C <sub>p</sub> 120'	0,34	0,26	0,79**	0,88**	0,75**	0,78*	0,46*	0,71*	0,65
EDTA	0,21	0,14	0,89**	0,93**	0,73**	0,66	0,68**	0,66	0,71
EDTA + Ca 30'	0,60**	0,59	0,63**	0,58	0,73**	0,76*	0,32	0,51	0,42
EDTA + Ca 60'	0,53*	0,48	0,68**	0,69	0,75**	0,76*	0,37	0,57	0,54
EDTA + Ca 120'	0,45*	0,36	0,73**	0,80*	0,74**	0,78*	0,41	0,63	0,63
Valor L	0,27	0,35	-	-	-	-	-	-	0,82*
Mn absorvido	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,21

**Obs.:**

$r_p$  = Coef. de correl. entre as quantidades de Mn das plantas e os teores de Mn extraído (todos os tratamentos);

$r_{p-s/c}$  = idem (somente tratamentos sem calagem);

$r_L$  = Coef. de correl. entre os valores de  $L_{Mn}$  e os teores de Mn extraído (todos os tratamentos);

$r_{L-s/c}$  = idem (somente tratamentos sem calagem);

$f_A$  = razões entre as at. específicas do Mn das plantas e as at. específicas do Mn extraído (todos os tratamentos);

$f_{A-s/c}$  = idem (somente tratamentos sem calagem);

$f_L$  = razões entre os valores  $L_{Mn}$  e os teores de Mn extraído (todos os tratamentos);

$f_{L-s/c}$  = idem (somente tratamentos sem calagem);

$r_T$  = Coef. de correl. entre os teores de Mn total e os teores de Mn extraído, quantidades absorvidas e valores  $L_{Mn}$ ;

\* = Teste t signif. ao nível de 5% e \*\* = ao nível de 1%.

Tabela 42 - Efeitos da aplicação de N, K e calcário nos pesos de matéria seca da parte aérea e das raízes (em g), nos teores (ppm e  $\mu\text{g}/\text{vaso}$ ) de Mn e Zn e nas atividades específicas de Mn e Zn.

Tratamento.	Peso M.S.	Parte aérea					
		Mn		Zn		At.esp. (cpm/ $\mu\text{g}$ )	
		ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	Mn	Zn
T	927 <sup>b</sup>	106 <sup>b</sup>	98 <sup>b</sup>	108 <sup>c</sup>	100 <sup>bc</sup>	55 <sup>b</sup>	19 <sup>b</sup>
N	533 <sup>a</sup>	334 <sup>d</sup>	178 <sup>c</sup>	279 <sup>e</sup>	148 <sup>d</sup>	78 <sup>c</sup>	19 <sup>b</sup>
K	908 <sup>b</sup>	177 <sup>c</sup>	158 <sup>c</sup>	109 <sup>c</sup>	97 <sup>b</sup>	72 <sup>c</sup>	19 <sup>b</sup>
NK	554 <sup>a</sup>	329 <sup>d</sup>	181 <sup>c</sup>	230 <sup>d</sup>	128 <sup>cd</sup>	70 <sup>c</sup>	21 <sup>b</sup>
C	1004 <sup>b</sup>	23 <sup>a</sup>	23 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>
NC	1136 <sup>b</sup>	25 <sup>a</sup>	28 <sup>a</sup>	83 <sup>bc</sup>	93 <sup>b</sup>	46 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>
KC	968 <sup>b</sup>	22 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	58 <sup>ab</sup>	55 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>
NKC	897 <sup>b</sup>	35 <sup>a</sup>	31 <sup>a</sup>	104 <sup>c</sup>	93 <sup>b</sup>	48 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>
C.V.%	16	16	12	8	9	13	14

Tratamento.	Peso R. (g)	Raízes					
		Mn		Zn		At.esp. (cpm/ $\mu\text{g}$ )	
		ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	Mn	Zn
T	445 <sup>bc</sup>	139 <sup>b</sup>	62 <sup>bc</sup>	194 <sup>b</sup>	86 <sup>b</sup>	58 <sup>c</sup>	20 <sup>ab</sup>
N	298 <sup>a</sup>	418 <sup>d</sup>	123 <sup>d</sup>	177 <sup>b</sup>	52 <sup>a</sup>	86 <sup>d</sup>	22 <sup>bc</sup>
K	347 <sup>ab</sup>	236 <sup>c</sup>	80 <sup>c</sup>	171 <sup>b</sup>	58 <sup>ab</sup>	73 <sup>d</sup>	23 <sup>c</sup>
NK	302 <sup>ab</sup>	397 <sup>d</sup>	120 <sup>d</sup>	177 <sup>b</sup>	49 <sup>a</sup>	76 <sup>d</sup>	22 <sup>bc</sup>
C	627 <sup>d</sup>	51 <sup>a</sup>	33 <sup>a</sup>	95 <sup>a</sup>	60 <sup>ab</sup>	15 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>
NC	610 <sup>d</sup>	86 <sup>a</sup>	50 <sup>ab</sup>	98 <sup>a</sup>	60 <sup>ab</sup>	27 <sup>b</sup>	18 <sup>a</sup>
KC	596 <sup>d</sup>	57 <sup>a</sup>	34 <sup>a</sup>	107 <sup>a</sup>	64 <sup>ab</sup>	16 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>
NKC	559 <sup>cd</sup>	67 <sup>a</sup>	37 <sup>ab</sup>	99 <sup>a</sup>	56 <sup>ab</sup>	33 <sup>b</sup>	18 <sup>a</sup>
C.V.%	22	14	17	16	11	17	16

Obs.: T = Testemunha; N = com Nitrogênio; K = com Potássio; C = com calcário. Os valores seguidos de mesma letra, dentro de cada coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 43 - Quadro geral das análises de variância dos pesos (em g), teores de Mn e teores de Zn (em ppm e  $\mu\text{g}/\text{vaso}$ ) das partes aéreas e das raízes do ensaio sobre efeito da aplicação de N, K e cálcio.

Parte aérea					
Causa de variação	Peso m.s.	Significância			
		Mn		Zn	
		ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$
Efeito do N	** (-)	** (+)	** (+)	** (+)	** (+)
Efeito do K	m.s.	* (+)	** (+)	m.s.	m.s.
Efeito do C	** (+)	** (-)	** (-)	** (-)	** (-)
Interação N x K	m.s.	m.s.	m.s.	m.s.	m.s.
Interação N x C	** (+)	** (-)	** (-)	** (-)	m.s.
Interação K x C	m.s.	m.s.	** (-)	** (-)	m.s.
Interação N x K x C	m.s.	* (-)	** (-)	** (-)	m.s.

  

Raízes					
Causa de variação	Peso m.s.	Significância			
		Mn		Zn	
		ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$	ppm	$\mu\text{g}/\text{vaso}$
Efeito do N	** (-)	** (+)	** (+)	m.s.	** (-)
Efeito do K	m.s.	** (+)	m.s.	m.s.	m.s.
Efeito do C	** (+)	** (-)	** (-)	** (-)	* (-)
Interação N x K	m.s.	m.s.	** (-)	m.s.	m.s.
Interação N x C	** (+)	** (-)	m.s.	**	m.s.
Interação K x C	m.s.	m.s.	m.s.	m.s.	m.s.
Interação N x K x C	m.s.	m.s.	m.s.	m.s.	m.s.

Obs.: \* = Teste F significativo ao nível de 5% e \*\* = ao nível de 1%;  
m.s. = não significativo; (-) = efeito negativo; (+) = efeito positivo.

**Tabela 44** - Efeitos do nitrogênio, potássio e calcário no pH, nos teores de zinco e manganês do solo, extraídas com DTPA e EDTA + CaCl<sub>2</sub>, para o Zn, e DTPA e CaCl<sub>2</sub> 0,5 M, para o Mn, e nas atividades específicas de <sup>65</sup>Zn e <sup>54</sup>Mn.

	pH	Zn (ppm)		Mn (ppm)		At. esp. (cpm/μg)	
		EDTA +CaCl <sub>2</sub>	DTPA	DTPA	CaCl <sub>2</sub>	Zn	Mn
T	4,70	5,65	4,30	10,0	6,40	22	48
N	4,75	5,55	4,25	10,60	5,90	19	74
K	4,70	5,60	4,25	11,30	6,30	22	76
NK	4,80	5,35	4,20	10,60	6,10	21	83
C	6,20	4,25	3,55	6,60	3,40	15	35
NC	5,75	3,55	3,20	7,50	4,30	16	35
KC	6,20	3,90	3,40	6,60	3,30	16	42
NKC	5,70	3,20	3,20	7,30	4,40	17	38