

O ZINCO EM SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Uni-
versidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia

Orientador

Prof. RENATO AMILCARE CATANI
Departamento de Química da
E.S.A. "Luiz de Queiroz"

JOSÉ MARIA AIRES DA SILVA VALADARES

Engenheiro Agrônomo

Instituto Agronômico do Estado em Campinas
Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas

Piracicaba - São Paulo

1972

O ZINCO EM SOLOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

ERRATA

pg. linha	Onde se lê	Leia-se
ii 8	em Na ₂ -EDTA 1%	em EDTA
3 21	esfarelita	esfalerita
8 8	materiais de origem.	materiais de origem, r=0,99.
10 16	braska, obtiveram	braska, não obtiveram
14 1	em Na ₂ -EDTA 1%	em EDTA
15 4	ALLAN (1951),	ALLAN (1961)
27 17/18		T - pela soma de Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + K ⁺ + H ⁺ + Al ³⁺
28 10	450°	450°C
36 17	187 ppm	186,0 ppm
38 10	rochas submetidas	rochas foram submetidas
39 9	C 206,3	C 206,3 R 202,3
41 5	178,3	186,0
41 7	177	172
46 15	União Sul-Africana.	União Sul-Africana, r=0,65.
46 15	SORENSEN	SORENSEN et alii
46 16	não obteve correlação	não obtiveram correlação
52 6	r=0,915**,	r=0,915**,
55 5	187 ppm,	186 ppm,
57 9	187 ppm;	186 ppm;
59 1	7 - SUMMARY	7 - SUMMARY Zinc in soils of the State of São Paulo.
59 9	187 ppm	186 ppm

A
meus
pais
madrinha
esposa
e
filhos

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Renato A. Catani, orientador desta tese, pelas críticas, sugestões e revisão do texto;

ao Instituto Agronômico do Estado, Seção de Pedologia, pela oportunidade e facilidades concedidas para a execução deste trabalho;

ao Conselho Nacional de Pesquisas, pela concessão de bolsa de Pesquisador Assistente (TC 12.579);

ao Eng^o Agr^o Ondino Cleante Bataglia, pelos ensinamentos e constante apoio prestados na utilização do espectrofotômetro de absorção atômica;

ao Eng^o Agr^o Toshio Igue, pela colaboração na análise estatística de alguns dados;

ao Ph. D. Bernardo van Raij, pelas sugestões e conselhos dados na elaboração e redação do texto;

ao Sr. Raphael Pompêo de Camargo, pelos desenhos executados;

aos colegas e funcionários da Seção de Pedologia, pela colaboração, incentivo e constante apoio dados durante a execução deste trabalho.

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 - Geoquímica do zinco	3
2.2 - O zinco nas rochas	4
2.3 - O zinco nos solos	5
2.3.1 - Zinco total	5
2.3.2 - Zinco solúvel em HCl 0,1N	9
2.3.3 - Zinco solúvel em Na ₂ -EDTA 1%	11
2.3.4 - Zinco trocável	12
2.3.5 - Zinco solúvel em outros extratores ...	13
2.4 - Determinação do zinco	14
2.5 - Contribuições para o estudo do zinco em solos de São Paulo	15
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 - Solos	17
3.1.1 - Podzólico Vermelho Amarelo orto	17
3.1.2 - Podzolizados de Lins e Marília var. Lins	18
3.1.3 - Podzolizados de Lins e Marília var. Marília	18
3.1.4 - Terra Roxa Estruturada	18
3.1.5 - Latossolo Roxo	19
3.1.5.1 - Latossolo Roxo eutrófico ...	19
3.1.5.2 - Latossolo Roxo distrófico ..	19
3.1.6 - Latossolo Vermelho Escuro orto	20
3.1.7 - Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa	20
3.1.8 - Latossolo Vermelho Amarelo orto	20
3.1.9 - Latossolo Vermelho Amarelo f. arenosa.	21
3.1.10- Latossolo Vermelho Amarelo Húmico	21

3.1.11-	Regossolo	21
3.1.12-	Hidromórfico	22
3.1.13-	Litossolo fase substrato basaltito	22
3.2 -	Coleta e preparo das amostras	22
3.3 -	Métodos	26
3.3.1 -	Caracterização física e química	26
3.3.2 -	Extração e determinação do zinco total.	28
3.3.2.1 -	Extração	28
3.3.2.2 -	Determinação	29
3.3.2.3 -	Precisão e exatidão do método	29
3.3.3 -	Extração e determinação do zinco solúvel em HCl 0,1N	31
3.3.3.1 -	Escolha do método	31
3.3.3.2 -	Extração	31
3.3.3.3 -	Determinação	32
3.3.4 -	Extração e determinação do zinco solúvel em Na ₂ -EDTA 1%	33
3.3.4.1 -	Escolha do método	33
3.3.4.2 -	Extração	34
3.3.4.3 -	Determinação	34
3.3.5 -	Extração e determinação do zinco trocável	35
3.3.5.1 -	Extração	35
3.3.5.2 -	Determinação	35
4 -	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 -	Zinco total	36
4.1.1 -	Influência do material de origem e da pedogênese na distribuição do zinco nas unidades de solos	36
4.1.2 -	Distribuição nos perfis	38

4.1.3 - Relação com os óxidos de ferro	40
4.1.4 - Relação com a matéria orgânica	42
4.1.5 - Relação com a textura	42
4.2 - Zinco solúvel em HCl 0,1N	44
4.2.1 - Distribuição nas unidades de solos	44
4.2.2 - Distribuição nos perfis	44
4.2.3 - Relação com o zinco total	46
4.2.4 - Relação com a matéria orgânica	46
4.3 - Zinco solúvel em Na ₂ -EDTA 1%	48
4.3.1 - Distribuição nas unidades de solos	49
4.3.2 - Distribuição nos perfis	49
4.3.3 - Relações com a matéria orgânica, zinco total e zinco solúvel em HCl 0,1N	49
4.4 - Zinco trocável	52
4.4.1 - Distribuição nas unidades	53
4.4.2 - Relações com a matéria orgânica, zinco total, zinco solúvel em HCl 0,1N e zinco solúvel em Na ₂ -EDTA 1%	53
5 - CONCLUSÕES	55
6 - RESUMO	57
7 - SUMMARY	59
8 - LITERATURA CITADA	60

1 - INTRODUÇÃO

A utilização, em grande escala, de adubos nitrogenados, fosfatados e potássicos, empregados para suprir as respectivas deficiências dos solos ou para restaurar e elevar a fertilidade destes, pode ter como consequência o seu esgotamento em micronutrientes. Como consequência surgem deficiências ou carências, nas plantas, que podem reduzir a produção e causar danos nem sempre fáceis de remediar.

Se a moderna tecnologia agrícola tem à sua disposição abundantes e valiosas informações acerca dos teores e disponibilidades dos macronutrientes, o mesmo não acontece com os micronutrientes para os quais essas informações são escassas e imprecisas.

Dentre os micronutrientes, o zinco é um dos que têm despertado o interesse dos pesquisadores, por ter sido constatada a sua deficiência em um grande número de culturas e solos.

O presente trabalho visa fazer um levantamento da ocorrência do zinco nos solos de São Paulo, pelo estudo dos seguintes pontos:

- 1 - Teores de zinco total em amostras de perfis representativos das principais unidades de solos existentes no Estado de São Paulo;

- 2 - Teores de zinco solúvel em HCl 0,1N;

3 - Teores de zinco solúvel em $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%;

4 - Teores de zinco trocável;

5 - Influência do material de origem e do processo pedo-
genético nos teores e distribuição do zinco nos solos.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão apresentados, sucessivamente, algumas características geoquímicas do zinco, teores totais e solúveis, encontrados em rochas e solos, métodos de determinação e, por último, alguns trabalhos que fornecem subsídios para o estudo do zinco em solos de São Paulo.

2.1 - Geoquímica do zinco

O zinco encontra-se na natureza, quase que exclusivamente, fazendo parte de compostos, com outros elementos e, em todos os compostos conhecidos, apresenta o número de oxidação 2+. Em raros casos tem-se encontrado zinco na forma elementar. Nos óxidos, sulfetos, brometos, cloretos, iodetos e alguns compostos complexos, o zinco apresenta número de coordenação 4 em vez de 6 como os outros cations bivalentes de raio iônico semelhante: Mg^{2+} , Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} e Mn^{2+} . Nos fluoretos e alguns compostos complexos, o número de coordenação é 6 e, em algumas estruturas de complexos orgânicos e inorgânicos o número de coordenação é 5. Há estruturas cristalinas contendo zinco em configuração tetraédrica e octaédrica, WEDEPOHL (1969b).

Segundo RANKAMA & SAHAMA (1968) e WEDEPOHL (1969b), os principais minerais de zinco são: esfalerita e wurtzita, ZnS ; zincita, ZnO ; smithsonita, $ZnCO_3$; zinkosita, $ZnSO_4$; willemita, Zn_2SiO_4 ; hemimorfita, $Zn_4(OH)_2Si_2O_7 \cdot H_2O$; gahnita, $ZnAl_2O_4$; franklinita, $ZnFe_2O_4$ e hetaerolita $ZnMn_2O_4$.

O zinco dos solos provém principalmente dos minerais for-

madores de rochas, em cujas estruturas aparece por substituições isomórficas. Dentre estes minerais, VINOGRADOV (1959) e HODGSON (1963) destacam olivinas, piroxênios, anfibólios, biotita, ilmenita e magnetita.

Segundo GOLDSCHMIDT (1958), o conhecimento que se tem do comportamento geoquímico do zinco, durante o intemperismo, decorre quase exclusivamente do estudo da oxidação dos minerais de zinco, especialmente dos sulfetos. A oxidação dos sulfetos daria origem a sulfatos que, solubilizados, permitiriam a movimentação do zinco, possibilitando a sua participação na formação de novos compostos.

2.2 - O zinco nas rochas

De acordo com os dados fornecidos por SWAINE (1955) e GOLDSCHMIDT (1958), o teor médio do zinco na litosfera é de 80 ppm.

RANKAMA & SAHAMA (1968) apresentam para o teor médio de zinco, nas rochas ígneas, o valor de 132 ppm e WEDEPOHL (1969a) valores compreendidos entre 60 e 70 ppm. Segundo VINOGRADOV (1959), o teor médio de zinco, das rochas ultrabásicas, é de 50 ppm. Para GOLDSCHMIDT (1958) o teor médio de zinco das rochas básicas é de 100 a 130 ppm enquanto VINOGRADOV (1959) apresenta para essas rochas o valor médio de 130 ppm; RUEGG & BERENHOLC (1971) observaram que os teores de zinco, mais frequentes, nas rochas basálticas da Bacia do Paraná, estão compreendidos entre 100 e 125 ppm. GOLDSCHMIDT (1958) e VINOGRADOV (1959) apresentam o valor de 60 ppm para o teor médio de zinco nas rochas ácidas. VINOGRADOV (1959), apresenta o valor de 80 ppm para o teor médio

de zinco nas rochas sedimentares e, WEDEPOHL (1969a), 100 ppm. Este último autor apresenta o valor de 10 ppb, para o teor médio de zinco na água do mar.

Os valores apresentados no parágrafo anterior, permitem observar que, o zinco embora classificado por GOLDSCHMIDT (1958) como elemento calcófilo, apresenta simultaneamente caracter litófilo.

2.3 - O zinco nos solos

Nos solos, podem ser feitas determinações do teor total de zinco ou, das frações que são extraídas por diversas soluções. Neste caso, o objetivo é obter um índice para aferir a capacidade dos solos em fornecer zinco para as plantas.

2.3.1 - Zinco total

É provável que o belga Jourissen, citado por VINOGRADOV (1959) e por COUTINHO (1968), tenha sido o primeiro pesquisador a se interessar pelo estudo do zinco em solos, tendo publicado um trabalho a esse respeito em 1889.

Em solos dos Estados Unidos, HIBBARD (1940a), THORNE et alii (1942), HOLMES (1943), POWERS & PANG (1947) e WOLTZ et alii (1953), determinaram teores compreendidos entre 10 e 335 ppm, tendo HOLMES (1943) verificado a existência de correlação positiva entre os teores de zinco e os de matéria orgânica. WHITE (1957), em solos do Tennessee, muito ricos em zinco, determinou teores compreendidos entre 123 e 1015 ppm, observando uma associação entre o zinco e os óxidos de ferro.

Em solos da União Soviética, VINOGRADOV (1959), ATLAVINA (1965), RODINA (1965), KHOKLOVA (1967) e DUBIKOVSKII & ANOSHKO (1970) determinaram teores compreendidos entre 14 e 120 ppm, tendo NIKITIN (1966) verificado boa correlação entre os teores de zinco total e os de húmus e, RODINA (1965) observado que o teor de zinco diminui com a profundidade. VINOGRADOV (1959) observou que o teor de zinco total dos solos depende essencialmente do material de origem, teor de matéria orgânica, textura e pH. Os solos derivados de rochas básicas são mais ricos em zinco do que os derivados de granitos ou arenitos; os de textura argilosa são mais ricos do que os de textura grosseira; e os teores de zinco dos horizontes húmíferos são mais elevados do que os dos demais horizontes, havendo uma tendência para a diminuição do teor de zinco total dos horizontes superiores para os inferiores.

Em solos de 4 grandes grupos do Canadá, WRIGHT et alii (1955), determinaram teores de 10 a 150 ppm, observando acúmulo nos horizontes A₀ e B.

Em solos do Paquistão, WAHHAB & BHATTI (1965) determinaram teores de 15 a 88 ppm, e o valor médio de 51 ppm, observando boa correlação entre os teores de zinco e os de argila.

Em solos da Índia, RANDHAWA & KANWAR (1964) e NAIR & METHA (1959) determinaram teores compreendidos entre 18 e 98 ppm, tendo RANDHAWA & KANWAR (1964) verificado que o zinco se encontrava uniformemente distribuído em profundidade e que havia boa correlação entre os teores de zinco e os da soma limo+argila.

Em solos da Austrália, OERTEL (1961) determinou teores compreendidos entre 22 e 115 ppm, tendo verificado que nos solos derivados de basaltos, há uma tendência para o teor de zinco do

solo ser mais elevado do que o do material de origem.

Em solos da Bulgária, STANCHEV et alii (1962), determinaram teores compreendidos entre 32 e 106 ppm, não obtendo boa correlação entre eles e os dos materiais de origem.

Em solos da Hungria, KRUGLOVA (1964) determinou teores compreendidos entre 60 e 112 ppm, com acentuado acúmulo nos 40 cm superiores.

Em solos da Checoslováquia, BENES (1964) obteve boa correlação entre os teores de zinco destes e os das rochas que lhes deram origem, sendo os primeiros sempre inferiores aos segundos.

Em solos de Madagascar, HERVIEU & NALOVIC (1965) determinaram teores compreendidos entre 20 e 358 ppm, sendo os valores mais elevados encontrados nos solos derivados de rochas básicas; não foi observada boa correlação entre os teores de zinco e os de matéria orgânica ou pH.

Em solos da União Suláfricana, STANTON & BURGER (1966a e 1966b), determinaram teores compreendidos entre 6 e 26 ppm, e o teor médio de 11,2 ppm. Verificaram o aumento do teor de zinco com a diminuição do diâmetro das partículas das frações granulométricas: 3,4 ppm na areia grossa, 6,2 ppm na areia fina, 51,5 ppm no limo e 75 ppm na argila.

Em solos da Polônia, derivados de loess, PIOTROWSKA (1967), determinou teores compreendidos entre 30 e 93 ppm, observando os teores mais elevados nos horizontes húmicos, sem no entanto encontrar boa correlação entre eles e os da matéria orgânica.

Em solos do Hawai, KANEHIRO & SHERMAN (1967), determinaram teores compreendidos entre 51 e 288 ppm e o teor médio de 131 ppm.

Em solos florestais da Bélgica, DELECOUR (1968) verificou acúmulo de zinco nos horizontes superficiais e marcada influência do substrato geológico no teor de zinco total dos solos. NAIR & COTTENIE (1971a) determinaram boa correlação entre os teores de zinco total dos solos e os dos materiais de origem.

Em aluviossolos calcários de Portugal, COUTINHO (1968) determinou, nos horizontes superficiais, teores compreendidos entre 6 e 93 ppm, tendo obtido boa correlação com os teores de matéria orgânica e com os de argila.

Em solos da Hungria, SIX (1970) determinou, nos horizontes superficiais, teores compreendidos entre 54 e 130 ppm, obtendo boa correlação com os teores de matéria orgânica.

Em oito perfis de solos da região cacauera da Bahia, SANTANA (1971) determinou teores compreendidos entre 14 e 83 ppm e o teor médio de 36 ppm. Os teores médios de zinco nos horizontes A, B e C foram respectivamente 40, 30 e 34 ppm.

MCKENZIE (1966), estudando 82 solos da Austrália, 72 dos quais respondiam à adubação com zinco, verificou que conjugando o teor de zinco total com o pH, podia prever 95% dos solos deficientes em zinco. Entretanto, outros pesquisadores não têm conseguido obter informações tão preciosas a partir da determinação do zinco total, pelo que têm tentado obter essas informações extraindo o zinco dos solos com várias soluções extratoras.

2.3.2 - Zinco solúvel em HCl 0,1N

A solução de HCl 0,1N tem sido muito utilizada para a extração de zinco dos solos. WEAR & SOMMER (1947), em solos do Hawái, determinaram teores compreendidos entre 0,50 e 4,70 ppm; VIETS et alii (1954), em solos de Washington, determinaram teores compreendidos entre 0,8 e 1,8 ppm; TUCKER & KURTZ (1955), em solos de Illinois, determinaram teores compreendidos entre 1,5 e 9,5 ppm. WEAR & SOMMER (1947), verificaram que os solos deficientes em zinco apresentavam teores inferiores a 1 ppm e, VIETS et alii (1954) determinaram para o mesmo efeito teores inferiores a 1,3 ppm.

NELSON et alii (1959), propuseram um método de estudo do zinco do solo, fazendo três extrações sucessivas numa amostra e, o valor de zinco assim obtido, conjugado com o da "alcalinidade titulável", permitiria uma boa previsão dos solos deficientes em zinco.

NAIR & METHA (1959), em solos da Índia Ocidental, determinaram teores compreendidos entre 0,5 e 6,1 ppm e o teor médio de 3,1 ppm, tendo obtido boa correlação com os teores de zinco total. Observaram também que o teor de zinco solúvel diminuía com a profundidade.

ARZOLLA et alii (1962), em solos de São Paulo, na ocasião denominados de Terra Roxa e Arenito Bauru, determinaram respectivamente teores de 2,3 e 3,4 ppm.

JOUIS & LECACHEUX (1964), em solos da Normandia, na França, com valores de pH compreendidos entre 5,0 e 7,6, determinaram teores compreendidos entre 1,9 e 10,0 ppm.

STANTON & BURGER (1966a e 1966b), em solos da União Sul-africana, determinaram boa correlação entre os teores de zinco solúvel em ácido e os teores de zinco total; os mesmos autores verificaram uma diminuição dos teores de zinco, solúvel em ácido, com a profundidade.

KANEHIRO & SHERMAN (1967), em solos do Hawaí, determinaram teores compreendidos entre 0,1 e 17,9 ppm e o teor médio de 4,5 ppm; constataram que os horizontes superficiais eram mais ricos em zinco solúvel em ácido, com o teor médio de 8,5 ppm em vez dos 4,5 ppm atrás citados. Não foi constatada correlação com o pH.

PRASAD & SINHA (1969), em solos do Bihar, na Índia, determinaram boa correlação entre os teores de zinco solúvel em ácido e os de zinco total.

SORENSEN et alii (1971), em amostras de 18 solos do Nebraska, obtiveram boa correlação entre os teores de zinco solúvel em ácido e os de zinco total.

MARINHO & IGUE (1971), em 3 solos de origem vulcânica verificaram que os teores de zinco solúvel em ácido aumentavam com as adições de zinco feitas aos solos.

SANTANA (1971), em solos da região cacauzeira da Bahia, determinou teores compreendidos entre traços e 44,8 ppm e o teor médio de 3,9 ppm. Os teores médios de zinco solúvel em ácido, nos horizontes A, B e C foram respectivamente 5,8, 2,3 e 3,8 ppm.

JACINTHO et alii (1971) em 5 amostras superficiais de solos de São Paulo, determinaram teores compreendidos entre 1,7 e 5,5 ppm.

2.3.3 - Zinco solúvel em Na_2 -EDTA 1%

O ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) e os seus sais de amônio e sódio têm sido utilizados para extrair o zinco dos solos. Dentre os trabalhos realizados neste sentido podem destacar-se os de:

VIRO (1955a), em solos da Califórnia, utilizando uma solução 0,05M NH_4 -EDTA pH9, determinou teores compreendidos entre 1,5 e 6,9 ppm; VIRO (1955b), em solos da Finlândia, determinou teores compreendidos entre 2,4 e 10,0 ppm.

JENSEN & LAMM (1961), em solos da Dinamarca, utilizando uma solução aquosa de Na_2 -EDTA 0,02M determinaram teores compreendidos entre 0,4 e 41,0 ppm.

ALSTOM & MCCOAGHY (1965), em 131 amostras de solos da Irlanda do Norte, determinaram teores compreendidos entre 0,1 e 29,9 ppm, sendo que 82% dos solos tinham teores compreendidos entre 1 e 6 ppm. Verificaram que o teor de zinco extraído pelo Na_2 -EDTA diminuía com a profundidade.

STANTON & BURGER (1966a), em solos da União Sulafriana, determinaram boa correlação entre os teores extraídos pelo Na_2 -EDTA e os de zinco total.

MCKENZIE (1966) verificou que, em solos da Austrália, era possível diagnosticar 97% dos solos deficientes em zinco, associando o teor de zinco solúvel em Na_2 -EDTA e o pH do solo.

BROWN et alii (1971), em 92 solos da Califórnia, observaram que quando o teor de zinco solúvel em Na_2 -EDTA 1% era in-

ferior a 1,25 ppm, 71% deles respondiam à adubação com zinco e, quando aquele teor era superior a 2,50 ppm não havia resposta.

SHUKLA (1971), verificou em solos da Geórgia, nos Estados Unidos, que o teor de zinco solúvel em EDTA a 2% em acetato de amônio 1N pH 7, aumentava com o teor de matéria orgânica (sucrose).

MARINHO & IGUE (1971), em 3 solos de origem vulcânica, verificaram que os teores de zinco extraído com uma solução 0,01M de EDTA, aumentavam com as adições de zinco feitas aos solos.

SANTANA (1971), em solos da região cacauzeira da Bahia, usando solução aquosa de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%, determinou teores compreendidos entre 0,3 e 32,4 ppm e o teor médio 2,2 ppm. Os teores médios dos horizontes A, B e C foram respectivamente 4,4, 1,3 e 1,3 ppm.

JACINTHO et alii (1971), em amostras superficiais de 5 solos de São Paulo, usando solução aquosa de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%, determinaram teores compreendidos entre 1,3 e 4,3 ppm.

2.3.4 - Zinco trocável

Não são numerosos os trabalhos sobre o zinco trocável, geralmente extraído dos solos pelo acetato de amônio 1N neutro.

HIBBARD (1940a), em solos da Califórnia, determinou teores compreendidos entre traços e 1,40 ppm; TUCKER & KURTZ (1955), em solos do Illinois, determinaram teores compreendidos entre 0 e 1,0 ppm; WHITE (1957), em solos do Tennessee, muito ricos em

zinco, usando o NH_4Cl 5N pH8, obteve valores compreendidos entre 0,9 e 11,5 ppm, em amostras coletadas a cerca de 60 cm de profundidade.

BANDIOPADHYA & ADHIKARI (1968), em solos aluviais de Bengala Ocidental, determinaram teores compreendidos entre 0,5 e 6,2 ppm.

SANTANA (1971), em solos da Bahia, determinou teores inferiores a 0,8 ppm em amostras de horizontes superficiais.

2.3.5 - Zinco solúvel em outros extratores

SHAW & DEAN (1952), usaram como índice da capacidade dos solos para fornecer zinco para as plantas, o teor extraído por uma solução de ditizona em tetracloreto de carbono a 1% e uma solução de acetato de amônio 1N, neutra. Em geral, os solos deficientes em zinco apresentavam teores inferiores a 0,5 ppm. VIETS et alii (1953), BROWN & KRANTZ (1960), STANTON & BURGER (1966a), VULETIC & MIJATOVIC (1967), GREWAL et alii (1968), APOSTALAKIS & DOUKA (1970) e BROWN et alii (1971), utilizaram o método da ditizona e verificaram ser o mesmo um bom índice da capacidade dos solos de fornecer zinco para as plantas.

LINDSAY & NORVELL (1969), estudando solos do Colorado, propuseram a utilização de uma solução 0,005M DTPA (ácido dietilenotriaminopentacético), 0,01M CaCl_2 e 0,1M TEA (trietanolamina) pH 7,3 para o diagnóstico de solos deficientes em zinco. BROWN et alii (1971), extraíndo o zinco, de 92 amostras de solos da Califórnia, com a solução de DTPA-TEA, verificaram que 80% dos que tinham teores inferiores a 0,5 ppm respondiam à adubação

com zinco, 85% dos que tinham teores superiores a 0,5 ppm não respondiam à adubação com zinco e que nenhum com teor superior a 1,4 ppm respondia à mesma adubação.

Além da ditizona e do DTPA, podem destacar-se como extractores utilizados para o zinco, o KCl 0,5N a pH 3,2, utilizado por HIBBARD (1940a 1940b e 1940c), THORNE et alii (1942) e SIX (1970), o $MgSO_4$ 0,1N, utilizado por BERGH (1947) e o $MgCl_2$ 2N utilizado por STEWART & BERGER (1965).

Alguns pesquisadores têm utilizado técnicas biológicas para o estudo do zinco dos solos, entre os quais podem destacar-se THORNE (1957), TUCKER & KURTZ (1955) e JENSEN & LAMM (1961).

2.4 - Determinação do zinco

Dentre os métodos utilizados para a determinação do zinco, podem destacar-se:

- Espectrofotométrico de absorção ótica, usando como reactivo a ditizona, descrito por HIBBARD (1937) e (1940a), SANDELL (1959) e PRINCE (1964); usando como reactivo o zincon, descrito por RUSH & YOE (1954), PRATT & BRADFORD (1958), BRADFORD et alii (1965 e 1967), KANEHIRO & SHERMAN (1967) e GALLO (1968);

- Polarográfico, descrito por PIPER (1950), MENZEL & JACKSON (1951), BARROWS & DROSDOFF (1960), BARTEL & PIENAAR (1964) e STANTON & BURGER (1967);

- Espectrográfico, descrito por MITCHELL (1964), CONNOR et alii (1957) e SHIMP et alii (1957);

- Espectrométrico de raios-X, descrito por KUBOTA & LAZAR (1971);

- Espectrofotométrico de absorção atômica, descrito por ALLAN (1951), ELWELL & GIDLEY (1967), SLAVIN (1968), BACHLER (1969) e HENRIKSEN (1969);

- Radioativação, utilizado por SHIBUYA (1964) e YAMADA (1964).

Alguns dos métodos de determinação de zinco, enumerados nos parágrafos anteriores, necessitam que o zinco se encontre em solução e, para este efeito pode utilizar-se:

- Fusão com pirossulfato de potássio, BOGGS & ALBEN (1936) e HIBBARD (1940a); fusão com carbonato de sódio, PRATT & BRADFORD (1958), HERVIEU & NALOVIC (1965) e KANEHIRO & SHERMAN (1967);

- Ataque ácido sem fluorização, PIPER (1950), WAHHAB & BHATTI (1956) e DARTIGUES (1966);

- Ataque ácido com fluorização, HOLMES (1943 e 1945), JACKSON (1958), PRINCE (1964) e BRADFORD et alii (1965 e 1967).

2.5 - Contribuições para o estudo do zinco em solos de São Paulo

Embora tenham sido raros os estudos do zinco em solos de São Paulo, existe um número razoável de estudos sobre o zinco como nutriente de plantas cultivadas naqueles solos e que podem dar uma boa ideia da ocorrência do zinco nos solos.

FRANCO & MENDES (1954), observaram deficiência de zinco em cafeeiro cultivado em Terra Roxa; IGUE & GALLO (1960) verificaram sintomas de deficiência em milho cultivado num solo, na época chamado de Bauru; IOTT et alii (1961), num levantamento do estado nutricional dos cafezais de São Paulo, pela análise foliar, verificaram que 90% deles estavam deficientes; RODRIGUEZ & GALLO (1961), verificaram que dos pomares de citrinos estudados, poucos se apresentavam deficientes; GALLO et alii (1967 e 1970), verificaram que o estado nutricional dos cafezais era deficiente em 62% dos que vegetavam em Latossolo Roxo, em 16% dos que vegetavam em Podzólico Vermelho Amarelo e em 35% dos que vegetavam em Podzolizados de Lins e Marília. TOLEDO (1967), verificou que o cafeeiro cultivado num Latossolo Roxo, da região de Campinas, aumentava a produção em 15% com a aplicação de sulfato de zinco; GALLO et alii (1968) verificaram que dos canaviais estudados, pela análise foliar, apenas 2% deles apresentavam níveis de deficiência em zinco.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Solos

Os solos estudados no presente trabalho foram escolhidos por vários critérios, entre os quais podem ser destacados o taxonômico, a extensão das áreas ocupadas pelas unidades, a importância econômico-agrícola, o material de origem e a pedogênese. O Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado de São Paulo, da COMISSÃO DE SOLOS (1960) foi utilizado para a seleção das unidades.

Os perfis coletados são apresentados com o número de registro da Seção de Pedologia do Instituto Agronômico de Estado em Campinas, onde foram efetuadas as análises físicas e químicas de rotina, cujos resultados constam do quadro 1.

3.1.1 - Podzólico Vermelho Amarelo orto

Esta unidade ocupa 6.419 km^2 , representando 2,6% da área do Estado. Foram coletados perfis de solos em Monte Alegre do Sul e Atibaia, registrados com os números 1016 e 1064.

O perfil 1016 apresenta descontinuidade entre os horizontes A2 e IIB1; o perfil 1064 apresenta descontinuidade entre os horizontes B22 e IIB3. Esse tipo de descontinuidade é muito comum nos solos de São Paulo e manifesta-se geralmente por uma linha de cascalhos e/ou pedras.

O material de origem da parte superior dos perfis é constituído por sedimentos modernos; a parte inferior dos dois per-

fis, representada pelos horizontes procedidos do algarismo romano II parece ser autóctone e derivada do gnaissé subjacente.

3.1.2 - Podzolizados de Lins e Marília variação Lins

Esta unidade ocupa 26.295 km², representando 11,0% da área do Estado. São solos de grande importância econômico-agrícola, pelo volume e valor da produção que dão. Foram coletados perfis de solos em Piratininga e Itajobi, registrados com os números 993 e 1120.

O material de origem destes solos é derivado do arenito Bauru.

3.1.3 - Podzolizados de Lins e Marília variação Marília

Esta unidade ocupa 20.774 km², representando 8,7% da área do Estado. São solos de grande importância econômico-agrícola, pelo volume e valor da produção que dão. Apresentam fertilidade natural mais elevada do que os da variação Lins. Foram coletados perfis em Pindorama e Lucélia, registrados com os números 1085 e 1089.

O material de origem destes solos é o arenito Bauru, cuja estratificação ainda é perceptível nos horizontes inferiores.

3.1.4 - Terra Roxa Estruturada

Esta unidade ocupa 2.644 km², representando 1,1% da área do Estado. São os solos de maior fertilidade natural do Estado de São Paulo e estão, provavelmente, entre os solos de maior

fertilidade natural das regiões tropicais úmidas. Foram coletados perfis em Ribeirão Preto e Palmital, registrados com os números 1103 e 1114.

O solo de Ribeirão Preto parece ser autóctone, enquanto que o de Palmital apresenta uma abrupta descontinuidade nos valores das propriedades químicas entre os horizontes B22 e B23.

O material de origem do solo de Ribeirão Preto é o basalto e o do solo de Palmital, material derivado de rocha básica.

3.1.5 - Latossolo Roxo

Esta unidade ocupa 34.976 km², representando 14,0% da área do Estado. É das unidades mais extensas do Estado e apresenta solos de fertilidade alta e baixa que podem ser separados uns dos outros, segundo a EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DO SOLO & DIVISÃO DE AGROLOGIA (1972) pelo grau de saturação em bases, em eutróficos ($V\% > 25$) e distróficos ($V\% < 25$).

O material de origem destes solos é derivado de rochas básicas.

3.1.5.1 - Latossolo Roxo eutrófico

Foram coletados perfis em Ribeirão Preto e Jaú, registrados com os números 1099 e 1118.

3.1.5.2 - Latossolo Roxo distrófico

Foram coletados perfis em Ribeirão Preto e Guará, regis-

trados com os números 1057 e 1065. São solos muito mais pobres do que os eutróficos.

3.1.6 - Latossolo Vermelho Escuro orto

Esta unidade ocupa 10.724 km² representando 4,4% da área do Estado. São Solos de baixa fertilidade natural. Foram coletados perfis em Rio Claro e Itapeva, registrados com os números 1090 e 1115.

O material de origem destes solos é constituído de sedimentos modernos com a contribuição de material derivado de rocha básica.

3.1.7 - Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa

Esta unidade ocupa 47.841 km², representando 19,7% da área do Estado, o que faz ser a sua unidade mais extensa. São solos de baixa fertilidade natural e elevados teores de areia. Foram coletados perfis em Assis e Bauru, registrados com os números 1113 e 1119.

O material de origem destes solos é o arenito Bauru re-trabalhado.

3.1.8 - Latossolo Vermelho Amarelo orto

Esta unidade ocupa 8.310 km², representando 3,4% da área do Estado. São Solos de baixa fertilidade natural, apresentando textura barrenta a argilosa. Foram coletados perfis em Atibaia e São Luiz do Paraitinga, registrados com os números 1031 e 1117.

O material de origem destes solos é constituído de sedimentos modernos.

3.1.9 - Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa

Esta unidade ocupa 12.036 km², representando 4,9% da área do Estado. São solos de baixa fertilidade natural, apresentando textura grosseira. Foram coletados perfis em Santa Cruz da Conceição e Aguaí, registrados com os números 1104 e 1116.

O material de origem destes solos é o arenito Botucatu retrabalhado.

3.1.10 - Latossolo Vermelho Amarelo Húmico

Esta unidade ocupa 238 km², representando 0,1% da área do Estado. São Solos de baixa fertilidade. Foram coletados perfis em Atibaia e Campinas, registrados com os números 1063 e 1097.

O material de origem destes solos é constituído de sedimentos modernos.

3.1.11 - Regossolo

Esta unidade ocupa 2.063 km², representando 0,9%, da área do Estado. São solos de fertilidade natural extremamente baixa, com textura arenosa. Estes solos foram escolhidos devido à sua extrema pobreza que pode dar origem a deficiências de micronutrientes, entre os quais o zinco, quando submetidos a exploração agrícola permanente. Foram coletados perfis em Itirapina e

Santa Rita do Passa Quatro, registrados com os números 1096 e 1111.

O material de origem destes solos é derivado do arenito Botucatu.

3.1.12 - Hidromórfico

Esta unidade ocupa 5.455 km^2 , representando 2,2% da área do Estado. São solos de várzea, constituídos de camadas sobrepostas, de várias origens. Foram coletados perfis em Atibaia, registrados com os números 1061 e 1062.

O material de origem destes solos é constituído de materiais aluviais e coluviais de várias origens.

3.1.13 - Litossolo fase substrato basaltito

Esta unidade ocupa uma área ^{im}significante no Estado. Foram escolhidos porque poderão ajudar a compreender o comportamento do zinco em solos derivados de rochas básicas. Foram coletados perfis em Ribeirão Preto e Ourinhos, registrados com os números 1059 e 5686.

3.2 - Coleta e preparo das amostras

As amostras dos solos foram coletadas com todas as precauções julgadas necessárias para evitar a contaminação com zinco. A retirada da amostra foi feita com o auxílio de uma caneca de plástico e, quando o perfil se apresentou demasiado duro, recorreu-se a um pedaço de madeira, ponteagudo e liso. Para as

Quadra 1 - Características físicas e químicas de perfis das principais unidades de solos de São Paulo

Amostra	Hor.	Prof. cm	Arg.	L				C	Ca ²⁺ Mg ²⁺ K ⁺			T	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₁
				AP	AG	PH	%		%	e.mg/100g						
P - 1015 Pedzólíco Vermelho Amarelo erte - Ultissol																
1015a	A1	0 - 9	25	21	45	9	5,4	2,33	2,1	0,4	0,40	9,9	10,9	11,1	3,5	1,7
1015b	A2	9 - 16	26	21	43	10	5,1	1,39	0,9	0,3	0,30	8,2	16,0	12,8	3,8	2,0
1015c	B1	16 - 29	41	6	38	5	5,2	0,91	0,2	0,3	0,14	8,1	15,1	17,2	5,1	1,5
1015d	B2	29 - 50	48	13	35	4	5,7	0,77	0,8	0,6	0,26	9,3	19,2	19,0	5,8	1,7
1015e	B3	50 - 75	48	15	32	5	5,3	0,65	0,6	0,5	0,13	6,8	14,9	19,5	5,9	1,3
1015f	B4	75 - 120	47	15	35	3	4,8	0,38	0,4	0,6	0,11	5,9	19,5	19,6	5,9	1,7
1015g	B5	120 - 150	37	22	37	4	5,2	0,17	0,2	0,5	0,09	4,1	nd*	nd	nd	nd
1015h	B6	150 - 190	5	49	41	5	5,2	0,20	0,2	0,3	0,09	3,7	nd	nd	nd	nd
1015i	R															
P - 1064 Pedzólíco Vermelho Amarelo erte - Ultissol																
1064a	Ap	0 - 30	38	18	20	24	5,2	1,67	2,2	0,2	0,10	10,3	19,8	17,7	7,5	1,9
1064b	A3	30 - 42	40	17	19	24	5,3	1,02	1,9	trs**	0,05	7,3	19,4	19,1	7,7	1,7
1064c	B1	42 - 62	45	18	18	19	5,0	0,76	0,6	0,4	0,04	6,2	20,9	20,6	7,8	1,7
1064d	B2	62 - 120	46	19	18	17	5,1	0,71	0,5	0,2	0,03	5,1	16,4	22,1	9,6	1,3
1064e	B3	120 - 170	34	28	22	15	5,4	0,26	0,2	0,2	0,02	4,4	24,7	22,4	9,6	1,9
1064f	B4	170 - 190	12	28	30	30	5,3	nd	trs	0,3	0,01	3,4	nd	nd	nd	nd
P - 993 Pedzólícos de Lins e Marfília, variação Lins - Ultissol																
993a	Ap	0 - 26	7	2	67	24	5,7	0,64	1,3	0,6	0,25	4,8	2,2	1,9	1,3	2,0
993b	A2	26 - 49	9	3	67	21	5,5	0,31	1,6	0,9	0,17	4,5	2,8	2,8	1,4	1,7
993c	B1	49 - 90	16	2	61	21	5,0	0,31	1,0	0,9	0,25	5,9	5,1	4,4	1,9	2,0
993d	B2	90 - 140	17	1	64	18	5,1	0,25	0,8	1,0	0,35	5,6	6,0	5,0	2,4	2,0
993e	B3	140 - 180	16	3	66	15	4,7	0,21	trs	0,4	0,20	5,0	6,0	5,4	2,5	2,0
993f	B4	180 - 250	14	4	63	19	4,8	0,26	trs	0,4	0,10	4,2	5,1	4,6	2,0	1,9
993g	B5	250 - 300	14	2	61	23	5,7	0,30	0,1	0,4	0,08	3,9	nd	nd	nd	nd
993h	B6	300 - 350	16	2	66	16	5,3	0,07	trs	0,2	0,12	3,8	nd	nd	nd	nd
993i	B7	350 - 400	15	3	64	18	5,3	0,07	0,1	0,2	0,16	3,9	nd	nd	nd	nd
993j	B8	400 - 450	16	4	62	18	5,2	0,05	trs	0,5	0,15	4,3	nd	nd	nd	nd
993k	B9	450 - 500	17	3	63	17	5,2	0,05	trs	0,9	0,12	4,2	nd	nd	nd	nd
P - 1120 Pedzólícos de Lins e Marfília, variação Lins - Ultissol																
1120a	A1	0 - 15	15	2	58	25	5,1	0,69	0,7	0,5	0,10	3,4	5,3	4,8	3,4	1,9
1120b	A2	15 - 34	19	3	55	22	5,5	0,66	1,0	0,3	0,08	3,9	7,2	6,5	3,5	1,9
1120c	B1	34 - 58	24	3	53	20	5,1	0,43	1,2	0,5	0,03	3,6	8,7	7,9	4,7	1,9
1120d	B2	58 - 90	28	2	55	15	5,4	0,40	0,3	0,3	0,08	3,4	10,1	8,2	5,4	1,9
1120e	B3	90 - 200	29	2	48	21	5,4	0,21	0,1	0,1	0,12	2,6	10,8	9,7	5,4	1,9
1120f	B4	200 - 240	28	1	54	17	5,3	0,17	0,1	trs	0,10	2,3	10,1	9,1	5,1	1,9
1120g	B5	240 - 290	26	4	50	20	5,3	0,17	0,1	trs	0,07	2,3	nd	nd	nd	nd
1120h	B6	290 - 340	27	6	47	20	5,2	0,15	trs	trs	0,07	2,5	nd	nd	nd	nd
P - 1085 Pedzólícos de Lins e Marfília, variação Marfília - Alfissol																
1085a	Ap	0 - 28	5	5	48	42	5,5	0,61	2,0	0,6	0,23	5,4	3,5	2,3	1,4	2,6
1085b	A2	28 - 48	3	5	67	25	5,6	0,27	1,5	0,2	0,09	3,7	2,8	2,0	1,4	2,4
1085c	A3	48 - 51	9	5	56	30	5,6	0,27	2,3	0,5	0,13	4,3	4,6	3,2	1,7	2,5
1085d	A4	51 - 60	4	4	65	27	6,1	0,27	1,2	0,4	0,06	2,3	2,6	1,9	1,3	2,3
1085e	A5	60 - 72	10	3	62	25	6,0	0,32	2,0	0,4	0,07	3,4	4,3	3,1	1,7	2,4
1085f	B1	72 - 100	7	4	56	13	5,9	0,49	4,1	1,5	0,13	7,5	11,5	8,5	2,9	2,3
1085g	B2	100 - 150	25	4	52	19	5,0	nd	2,9	1,2	0,21	6,4	nd	nd	nd	nd
1085h	B3	150 - 195	19	5	55	21	5,8	nd	2,2	0,9	0,18	4,9	nd	nd	nd	nd
1085i	B4	195 - 250	15	3	55	22	5,2	nd	2,2	1,2	0,18	5,7	nd	nd	nd	nd
1085j	B5	250 - 300	3	13	61	23	5,2	nd	0,8	3,5	0,20	6,3	nd	nd	nd	nd
1085k	B6	300 - 350	13	11	48	30	4,9	nd	1,4	1,6	0,12	5,6	nd	nd	nd	nd
1085l	C	350 - 380	1	14	64	21	5,0	nd	0,8	3,6	0,35	10,1	nd	nd	nd	nd
P - 1089 Pedzólícos de Lins e Marfília, variação Marfília - Alfissol																
1089a	A11	0 - 40	5	5	84	6	5,8	0,69	4,3	0,6	0,21	6,3	2,5	2,2	1,3	1,9
1089b	A12	40 - 54	3	4	86	7	6,2	0,23	2,5	0,2	0,03	2,8	1,5	1,3	1,3	2,0
1089c	A21	54 - 78	1	4	90	5	6,3	0,28	1,8	0,1	0,02	2,2	1,4	1,1	1,2	2,2
1089d	A22	78 - 81	4	5	86	5	6,2	nd	2,4	0,2	0,04	3,1	2,4	2,1	1,3	1,9
1089e	A23	81 - 86	2	3	89	6	6,4	nd	1,1	0,1	0,03	1,4	1,2	0,8	1,2	2,7
1089f	A24	86 - 103	4	2	88	6	6,2	nd	1,1	0,1	0,04	1,4	1,3	1,0	1,3	2,1
1089g	A25	103 - 111	4	3	87	6	6,4	nd	1,6	0,2	0,04	2,5	nd	nd	nd	nd
1089h	B21	111 - 138	21	2	73	4	6,3	nd	3,3	1,8	0,11	6,8	nd	nd	nd	nd
1089i	B22	138 - 166	19	4	73	4	6,0	nd	2,1	2,0	0,15	6,5	nd	nd	nd	nd
1089j	B31	160 - 180	19	3	73	5	6,0	nd	2,1	2,1	0,29	6,1	nd	nd	nd	nd
1089k	B32	180 - 210	16	1	80	3	6,6	nd	1,5	1,9	0,32	5,2	nd	nd	nd	nd
P - 1103 Terra Roxa Estruturada - Alfissol																
1103a	A11	0 - 14	33	37	25	5	5,9	3,82	13,6	3,1	0,35	23,4	18,1	17,9	24,5	1,9
1103b	A12	14 - 30	43	33	22	2	5,5	2,10	13,6	2,0	0,15	21,7	16,8	17,9	23,5	1,6
1103c	B21	30 - 48	53	27	17	3	6,1	0,82	13,8	2,1	0,11	22,2	19,1	20,9	23,8	1,5
1103d	B22	48 - 73	61	21	16	2	6,1	0,56	9,2	2,2	0,10	16,4	22,1	24,4	22,6	1,5
1103e	B23	73 - 101	64	21	14	1	6,1	0,54	7,8	2,4	0,11	15,3	27,0	24,7	23,8	1,8
1103f	B31	101 - 126	64	21	14	1	6,2	0,54	7,0	2,8	0,08	14,4	26,8	26,6	23,5	1,7
1103g	C	126 - 155	62	23	14	1	5,8	0,59	6,2	2,5	0,09	13,6	nd	nd	nd	nd
1103h	R															
P - 1114 Terra Roxa Estruturada - Ultissol																
1114a	Ap	0 - 15	53	29	15	3	6,6	2,24	8,0	1,9	0,59	20,9	24,2	20,2	32,2	1,9
1114b	B1	15 - 36	63	21	14	2	7,1	1,24	7,7	1,1	0,24	15,9	24,8	24,1	32,2	1,8
1114c	B2	36 - 116	76	14	9	1	5,8	0,72	2,3	1,2	0,07	13,7	26,4	24,8	35,0	1,8
1114d	B3	116 - 190	72	15	12	1	5,6	0,25	0,1	0,3	0,15	11,1	26,2	24,3	36,9	1,8
1114e	B4	190 - 260	74	15	10	1	6,0	0,20	0,1	0,2	0,08	10,5	25,9	24,2	37,1	1,8
1114f	T1	260 - 310	71	16	12	1	6,0	0,20	0,1	0,2	0,09	11,2	26,2	24,0	37,1	1,9
1114g	T2	310 - 360	68	18	13	1	5,7	0,14	0,1	0,2	0,08	10,6	nd	nd	nd	nd

*nd-Não determinado; **trs-traços; ***T-celada com e trade

Quadro 1 - (Continuação)

Amostra	Hor.	Prof.	Arg.	L				pR	C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ki
				%	%	%	%										
P - 1099 Latossolo Roxo eutrófico - Crisol																	
1099a	A1	0 - 14	51	24	24	1	6,0	2,54	4,9	2,0	0,18	14,5	13,3	22,3	23,8	1,0	
1099b	A3	14 - 41	62	16	21	1	6,2	0,95	3,4	0,9	0,11	8,9	14,2	24,4	24,2	0,9	
1099c	B1	41 - 60	62	16	21	1	6,0	0,76	3,3	0,8	0,07	9,3	14,3	26,6	24,5	1,0	
1099d	B21	60 - 86	58	20	20	2	6,4	0,57	4,0	0,8	0,10	9,5	14,0	26,3	24,9	0,9	
1099e	B22	86 - 134	55	29	25	1	6,3	0,43	2,7	0,8	0,21	7,3	14,0	26,3	25,6	0,9	
1099f	B23	134 - 182	53	23	22	2	6,8	0,35	1,7	1,3	0,10	5,8	13,4	26,3	26,1	0,9	
1099g	B24	182 - 200	54	23	22	1	6,7	nd	0,5	1,3	0,05	5,2	nd	nd	nd	nd	
1099h	T1	200 - 250	55	21	23	1	6,4	nd	0,9	0,6	0,05	5,3	nd	nd	nd	nd	
1099i	T2	250 - 300	53	25	21	1	5,5	nd	0,5	0,4	0,07	4,8	nd	nd	nd	nd	
P - 1118 Latossolo Roxo eutrófico - Crisol																	
1118a	A1	0 - 20	57	22	18	3	5,4	1,70	3,3	1,1	0,15	11,5	12,7	23,3	38,2	1,4	
1118b	A3	20 - 34	54	22	20	4	5,2	1,98	3,1	0,6	0,05	11,2	17,9	22,1	38,2	1,4	
1118c	B1	34 - 70	63	17	17	3	5,8	0,90	3,5	0,6	0,04	7,8	20,6	24,8	36,3	1,4	
1118d	B22	70 - 110	59	20	17	4	6,0	0,68	2,7	0,5	0,02	6,3	20,9	24,7	36,9	1,4	
1118e	B23	110 - 207	52	25	20	3	6,4	0,48	2,7	0,6	0,03	5,1	20,6	24,9	37,4	1,4	
1118f	B3	207 - 270	56	20	20	4	5,5	0,43	0,3	0,5	0,09	4,2	20,3	24,7	38,2	1,4	
1118g	T1	270 - 330	57	21	19	3	5,3	0,43	0,1	0,3	0,09	3,6	nd	nd	nd	nd	
1118h	T2	320 - 370	55	24	18	3	5,3	0,43	0,1	0,3	0,06	3,4	nd	nd	nd	nd	
P - 1057 Latossolo Roxo distrófico - Crisol																	
1057a	Ap	0 - 12	52	15	23	11	5,4	1,80	0,8	0,2	0,10	11,7	12,8	24,5	25,8	0,9	
1057b	A3	12 - 28	57	12	22	9	5,0	1,48	0,2	0,2	0,05	10,7	12,9	25,3	26,3	0,9	
1057c	B1	28 - 80	60	11	21	8	4,9	1,15	0,3	0,2	0,03	9,2	13,3	26,1	27,2	0,9	
1057d	B21	80 - 127	56	11	24	9	5,2	0,64	0,1	0,2	0,02	6,1	13,3	26,4	27,1	0,8	
1057e	B22	127 - 200	57	12	24	7	5,6	0,60	0,1	0,3	0,01	6,3	13,7	26,9	27,7	0,9	
1057f	T1	200 - 300	60	12	20	8	5,9	0,42	0,1	0,2	0,01	3,9	12,4	26,6	23,2	0,7	
1057g	T2	300 - 400	65	10	20	5	5,8	0,25	0,1	0,3	0,05	3,0	nd	nd	nd	nd	
1057h	T3	400 - 500	60	12	22	6	5,2	0,22	tra	0,3	0,06	3,2	nd	nd	nd	nd	
P - 1065 Latossolo Roxo distrófico - Crisol																	
1065a	A1	0 - 20	46	24	26	4	5,0	1,90	1,3	0,7	0,15	13,7	6,7	26,2	24,6	0,4	
1065b	A3	20 - 43	50	25	22	3	5,1	1,25	0,8	0,3	0,07	8,3	6,8	28,1	25,2	0,4	
1065c	B1	43 - 70	51	23	23	3	5,4	0,89	0,5	0,3	0,12	6,8	6,9	28,1	25,7	0,4	
1065d	B21	70 - 120	51	24	22	3	5,7	0,59	0,3	0,1	0,06	5,7	7,0	27,1	25,5	0,4	
1065e	B22	120 - 160	51	24	22	3	5,7	0,47	0,1	0,1	0,04	5,3	6,9	29,7	25,7	0,4	
1065f	T1	160 - 210	48	21	26	5	5,6	nd	0,2	0,1	0,02	4,5	nd	nd	nd	nd	
1065g	T2	210 - 260	47	22	23	3	5,7	nd	0,1	tra	0,02	4,3	nd	nd	nd	nd	
P - 1090 Latossolo Vermelho Escuro orto - Crisol																	
1090a	A1	0 - 15	66	11	16	7	4,7	3,11	2,6	1,6	0,37	17,5	13,7	24,3	8,0	1,2	
1090b	A3	15 - 36	70	10	15	5	4,5	1,72	0,2	0,4	0,12	12,3	19,8	25,9	8,8	1,3	
1090c	B1	36 - 65	70	12	15	3	4,7	0,66	0,1	0,2	0,04	7,3	23,4	35,1	12,7	1,0	
1090d	B21	65 - 140	73	9	18	2	4,8	0,58	0,1	0,2	0,04	7,7	20,1	35,3	15,1	1,0	
1090e	B22	140 - 180	73	8	16	3	5,0	0,68	0,1	0,2	0,01	7,1	20,7	29,9	15,8	1,2	
1090f	T1	180 - 250	73	9	15	3	5,0	0,65	0,1	0,2	0,02	6,9	20,4	23,9	16,9	1,2	
1090g	T2	250 - 300	71	11	15	3	5,3	nd	0,1	0,2	0,02	5,8	nd	nd	nd	nd	
1090h	T3	300 - 350	73	11	13	3	5,3	nd	0,1	0,1	0,03	4,9	nd	nd	nd	nd	
1090i	T4	350 - 400	56	22	20	2	5,6	nd	0,1	0,1	0,03	4,8	nd	nd	nd	nd	
1090j	T5	400 - 450	60	15	20	2	5,7	nd	0,1	tra	0,03	4,3	nd	nd	nd	nd	
1090k	T6	450 - 500	44	22	31	3	5,9	nd	0,1	tra	0,03	4,1	nd	nd	nd	nd	
P - 1115 Latossolo Vermelho Escuro orto - Crisol																	
1115a	A1	0 - 7	29	23	30	18	6,5	1,95	5,3	2,7	0,19	17,2	14,0	18,2	9,0	1,3	
1115b	A3	7 - 20	45	11	27	17	5,5	0,77	1,5	1,3	0,09	12,4	14,2	19,1	9,3	1,3	
1115c	B1	20 - 49	50	8	28	14	5,5	1,23	0,2	0,3	0,06	11,7	15,3	20,7	10,0	1,3	
1115d	B21	49 - 106	56	3	25	16	5,0	0,65	tra	tra	0,03	8,2	16,0	21,6	10,5	1,3	
1115e	B22	106 - 250	49	12	26	13	5,9	0,29	0,1	0,1	0,03	4,5	16,9	23,1	10,9	1,2	
1115f	B3	250 - 330	52	9	25	14	5,5	0,34	0,1	0,2	0,03	4,6	17,5	23,1	11,2	1,3	
1115g	T1	330 - 380	45	14	30	11	5,8	nd	tra	tra	0,03	4,4	nd	nd	nd	nd	
1115h	T2	480 - 530	38	16	33	13	5,8	nd	0,1	tra	0,05	4,5	nd	nd	nd	nd	
P - 1113 Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa - Crisol																	
1113a	Ap	0 - 10	11	1	57	31	4,7	0,98	0,3	0,1	0,07	5,4	13,8	13,1	2,8	2,1	
1113b	A12	10 - 28	12	1	54	33	4,5	0,46	0,1	0,2	0,05	3,9	4,2	3,6	2,8	2,0	
1113c	B1	28 - 50	13	1	55	31	4,6	0,33	0,1	tra	0,03	3,8	4,6	4,0	3,5	1,9	
1113d	B21	50 - 96	17	0	59	24	4,5	0,25	0,1	tra	0,02	3,4	5,7	5,1	4,0	1,9	
1113e	B22	96 - 210	19	1	56	24	4,6	0,14	tra	tra	0,02	2,9	6,7	6,1	4,7	1,9	
1113f	B23	210 - 250	18	3	59	20	4,9	0,12	0,1	tra	0,03	2,8	5,9	6,3	4,8	1,9	
1113g	T1	250 - 300	18	2	55	25	4,8	0,07	0,1	0,1	0,03	2,6	nd	nd	nd	nd	
1113h	T2	300 - 350	17	3	53	27	4,8	nd	0,1	tra	0,03	2,3	nd	nd	nd	nd	
P - 1119 Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa - Crisol																	
1119a	A1	0 - 34	11	1	55	33	4,7	0,32	0,1	tra	0,05	1,9	3,5	3,4	2,6	1,8	
1119b	B1	34 - 62	13	0	54	33	4,9	0,27	0,1	tra	0,01	1,7	4,1	4,3	3,3	1,6	
1119c	B21	62 - 121	16	3	57	24	4,9	0,19	0,1	tra	0,01	1,5	3,4	5,6	4,1	1,7	
1119d	B22	121 - 180	17	0	58	25	4,7	0,11	0,1	tra	0,01	1,2	3,6	5,7	4,0	1,7	
1119e	B3	180 - 340	17	1	52	30	4,7	0,11	0,1	tra	0,04	0,7	3,6	5,6	4,0	1,7	
1119f	T1	340 - 390	20	2	49	29	4,9	0,17	0,1	tra	0,04	0,8	6,6	6,5	4,7	1,7	
1119g	T2	390 - 440	17	4	51	28	4,7	0,07	0,1	tra	0,02	0,9	nd	nd	nd	nd	
P - 1031 Latossolo Vermelho Amarelo orto - Crisol																	
1031a	A11	0 - 10	45	15	23	17	4,7	3,24	0,3	0,1	0,12	17,2	15,8	22,2	7,5	1,2	
1031b	A13	10 - 20	51	11	22	16	4,1	2,49	0,1	0,1	0,19	17,2	15,5	21,7	7,9	1,2	
1031c	A3	20 - 32	53	9	23	15	4,7	1,63	0,1	tra	0,07	12,3	14,0	22,7	7,3	1,0	
1031d	B1	32 - 50	56	9	23	12	5,9	1,14	0,1	tra	0,04	8,5	17,3	25,1	8,5	1,2	
1031e	B21	50 - 100	60	6	23	11	5,0	0,67	tra	0,1	0,02	6,2	16,0	26,3	8,2	1,0	
1031f	B22	100 - 200	60	9	20	11	5,0	0,50	tra	0,1	0,13	4,6	18,8	27,9	8,8	1,1	
1031g	B23	200 - 300	54	15	20	11	5,2	0,24	0,2	0,1							

Quadro 1 - (Continuação)

Amostra	Hor.	Prof.	Arg.	L	AF	AG	FH	C	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Kl	
																	cm
P - 1117 Latossolo Vermelho Amarelo crto - Oxissol																	
1117a	A11	0 - 13	53	7	16	24	4,7	2,92	0,6	0,2	0,09	14,0	21,5	23,3	9,1	1,6	
1117b	A12	13 - 36	52	9	15	23	4,7	2,57	0,5	0,2	0,02	16,0	19,6	21,1	8,2	1,6	
1117c	A3	36 - 77	50	6	14	20	5,0	0,54	0,1	trs	0,03	4,2	10,8	24,9	9,6	1,4	
1117d	B1	77 - 122	63	5	14	18	4,8	0,30	0,2	trs	0,03	6,2	20,8	24,5	9,3	1,4	
1117e	B21	122 - 170	50	7	15	18	4,9	0,23	0,2	trs	0,04	8,6	21,4	22,7	9,3	1,5	
1117f	B22	170 - 260	65	8	14	13	5,5	0,34	0,1	trs	0,03	3,5	22,6	27,3	10,3	1,4	
1117g	T1	260 - 310	60	13	12	15	5,5	nd	trs	0,1	0,02	2,1	nd	nd	nd	nd	
1117h	T2	310 - 360	53	15	12	20	5,5	nd	trs	trs	0,03	2,1	nd	nd	nd	nd	
P - 1104 Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa - Oxissol																	
1104a	A1	0 - 32	28	4	35	33	4,6	0,75	0,2	0,1	0,03	6,3	8,7	11,6	4,6	1,3	
1104b	A3	32 - 54	30	2	35	33	4,5	0,72	0,1	0,1	0,02	5,8	9,4	13,1	5,0	1,2	
1104c	B1	54 - 85	34	2	38	26	4,5	0,47	0,2	0,1	0,02	5,1	9,4	12,6	4,3	1,2	
1104d	B21	85 - 115	32	1	34	33	4,9	0,33	0,2	trs	0,01	3,5	8,1	11,8	4,1	1,1	
1104e	B22	115 - 250	32	3	37	28	5,1	0,33	0,1	0,1	0,01	3,3	9,4	7,5	4,1	2,1	
1104f	B23	250 - 305	30	3	23	29	5,6	0,14	0,1	0,1	0,01	2,6	8,0	6,1	3,7	2,1	
1104g	B24	305 - 340	32	2	38	28	5,6	nd	0,1	0,1	0,04	2,4	nd	nd	nd	nd	
1104h	T1	340 - 390	31	4	30	35	5,4	nd	0,1	trs	0,01	2,2	nd	nd	nd	nd	
1104i	T2	390 - 440	31	2	29	38	5,3	nd	0,1	trs	0,02	2,4	nd	nd	nd	nd	
P - 1116 Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa - Oxissol																	
1116a	A1	0 - 25	13	1	74	12	4,4	0,45	0,1	trs	0,12	3,6	4,2	4,6	2,2	1,6	
1116b	A3	25 - 50	13	3	74	10	4,8	0,28	trs	trs	0,09	2,5	4,4	4,8	2,1	1,6	
1116c	B1	50 - 85	17	2	70	11	4,9	0,26	0,1	trs	0,04	2,4	4,9	5,6	2,1	1,5	
1116d	B21	85 - 145	16	2	72	10	4,9	0,16	trs	trs	0,04	2,0	5,6	6,2	2,2	1,5	
1116e	B22	145 - 350	16	2	72	10	4,9	0,09	trs	trs	0,05	1,8	5,9	5,5	2,4	1,5	
1116f	T1	350 - 400	16	5	68	11	5,4	0,08	trs	trs	0,04	1,5	6,6	7,0	2,5	1,6	
1116g	T2	400 - 450	16	6	69	9	5,3	0,06	trs	trs	0,03	1,6	nd	nd	nd	nd	
P - 1062 Latossolo Vermelho Amarelo Húmico - Oxissol																	
1062a	Ap	0 - 11	47	14	16	23	5,2	3,06	1,1	0,4	0,11	26,3	20,8	22,1	7,2	1,6	
1062b	A12	11 - 50	49	15	10	26	4,5	3,30	0,8	0,2	0,13	10,5	22,4	23,3	6,0	1,6	
1062c	A13	50 - 100	50	10	12	28	4,3	2,96	0,4	0,1	0,06	16,8	23,4	24,4	7,8	1,6	
1062d	A14	100 - 165	59	9	15	17	4,5	1,30	0,1	0,2	0,04	15,7	21,1	25,2	5,7	1,4	
1062e	A3	165 - 216	62	9	15	14	4,6	1,23	0,2	0,2	0,03	8,3	16,6	26,2	8,3	1,6	
1062f	B1	216 - 260	63	8	14	15	4,5	1,33	0,2	0,1	0,03	9,5	20,0	27,0	8,5	1,6	
1062g	B2	260 - 380	56	9	13	16	4,7	0,45	0,3	trs	0,06	5,2	21,1	28,4	7,0	1,2	
1062h	T1	280 - 380	55	15	15	15	5,4	nd	0,3	0,1	0,04	3,1	nd	nd	nd	nd	
1062i	T2	380 - 450	58	15	13	14	5,4	nd	trs	0,2	0,02	2,0	nd	nd	nd	nd	
1062j	T3	450 - 550	53	15	13	14	5,5	nd	trs	0,1	trs	2,1	nd	nd	nd	nd	
P - 1077 Latossolo Vermelho Amarelo Húmico - Oxissol																	
1077a	A11	0 - 21	35	5	46	14	4,5	1,31	0,1	trs	0,01	8,3	9,6	12,7	3,3	1,3	
1077b	A12	21 - 46	36	5	47	12	4,5	0,97	0,1	trs	trs	7,5	9,6	13,9	3,5	1,2	
1077c	A13	46 - 128	39	3	46	12	4,5	1,00	0,1	trs	0,02	8,5	10,9	14,7	3,7	1,3	
1077d	A14	128 - 154	36	5	47	12	4,4	0,72	0,1	trs	0,02	7,1	10,5	14,4	3,7	1,2	
1077e	A3	154 - 179	37	4	47	12	4,5	0,68	0,1	trs	0,02	6,7	10,2	14,2	3,7	1,2	
1077f	B1	179 - 206	35	5	48	12	4,5	0,50	0,1	trs	0,02	5,1	9,9	14,2	3,7	1,2	
1077g	B21	206 - 236	36	4	47	13	4,4	nd	0,1	trs	0,02	3,8	nd	nd	nd	nd	
1077h	B22	236 - 266	35	4	51	10	4,4	nd	trs	trs	0,01	3,1	nd	nd	nd	nd	
1077i	B23	266 - 290	30	6	47	9	4,9	nd	0,1	trs	0,01	2,7	nd	nd	nd	nd	
1077j	T1	290 - 340	36	10	45	9	4,8	nd	0,1	trs	0,01	2,4	nd	nd	nd	nd	
1077k	T2	340 - 390	30	12	48	10	5,0	nd	0,1	0,1	0,01	1,8	nd	nd	nd	nd	
P - 1076 Regossolo - Entisol																	
1076a	Ap	0 - 10	4	1	55	40	4,5	0,36	0,1	trs	0,01	2,9	0,64	0,67	0,45	1,6	
1076b	A12	10 - 35	5	0	61	34	4,2	0,30	0,1	trs	trs	2,9	0,67	0,34	0,26	1,3	
1076c	A13	35 - 60	4	0	59	37	4,3	0,32	0,1	trs	trs	2,6	0,57	0,52	0,34	1,8	
1076d	A14	60 - 80	4	0	59	37	4,6	0,23	0,1	trs	trs	2,3	0,64	0,62	0,29	1,7	
1076e	A3	80 - 98	4	0	51	45	4,7	0,14	trs	trs	trs	1,9	0,64	0,78	0,34	1,4	
1076f	C1	98 - 123	4	1	52	43	4,9	0,12	trs	trs	trs	1,7	0,77	0,35	0,40	1,4	
1076g	C2	123 - 200	4	1	52	43	4,9	nd	0,1	trs	trs	1,9	nd	nd	nd	nd	
1076h	C3	200 - 230	5	0	54	41	4,9	nd	trs	trs	trs	0,8	nd	nd	nd	nd	
P - 1111 Regossolo - Entisol																	
1111a	A11	0 - 12	5	0	79	16	4,7	0,47	0,1	trs	0,04	2,7	0,8	1,7	0,4	0,2	
1111b	A12	12 - 40	3	1	77	19	4,8	0,24	0,1	trs	0,03	2,1	0,8	0,9	0,4	0,2	
1111c	C1	40 - 90	5	0	78	17	4,2	0,14	0,1	trs	0,03	1,8	1,3	1,3	0,5	1,7	
1111d	C2	90 - 135	5	1	74	20	4,5	0,09	0,1	trs	0,03	1,9	1,5	1,7	0,5	1,5	
1111e	C3	135 - 185	5	2	76	17	4,8	0,08	0,1	trs	0,03	1,7	1,5	1,8	0,5	1,4	
1111f	C4	185 - 235	5	1	71	23	4,9	0,07	0,1	trs	0,03	1,4	1,6	1,8	0,7	1,6	
1111g	T1	235 - 285	7	1	79	14	4,9	0,09	0,1	trs	0,03	1,6	nd	nd	nd	nd	
P - 1061 Hidromórfico - Entisol																	
1061a	Ap	0 - 15	70	20	10	0	4,9	9,84	1,6	0,9	0,34	48,8	32,0	21,2	1,6	2,6	
1061b	C1g	15 - 35	60	13	27	0	5,2	6,82	1,8	0,5	0,09	44,1	29,1	28,2	2,3	1,7	
1061c	C2g	35 - 60	30	23	47	0	5,2	4,78	2,1	0,3	0,06	39,1	32,6	20,4	2,5	1,8	
1061d	C3g	60 - 80	42	22	36	0	5,6	3,94	1,9	0,8	0,05	36,6	25,9	25,8	3,4	1,2	
1061e	C4g	80 - 120	14	23	63	0	5,1	3,65	1,7	0,2	0,07	31,3	nd	nd	nd	nd	
1061f	C5g	120 - 160	47	30	23	0	5,4	0,70	1,2	0,6	0,18	10,7	nd	nd	nd	nd	
1061g	C6g	160 - 190	24	27	49	0	5,3	0,36	0,9	0,5	0,17	7,3	nd	nd	nd	nd	
P - 1062 Hidromórfico - Entisol																	
1062a	A1	0 - 14	72	16	6	0	5,4	3,00	2,6	0,7	0,14	23,0	39,0	31,2	2,5	2,1	
1062b	A3	14 - 25	83	13	4	0	5,3	2,57	2,2	0,3	0,21	25,3	27,5	24,7	4,9	1,9	
1062c	C1g	25 - 70	81	14	5	0	5,3	1,40	2,0	0,6	0,16	18,7	25,8	32,8	3,6	1,8	
1062d	C2g	70 - 110	67	26	7	0	5,5	2,09	1,7	0,5	0,07	23,4	20,1	31,8	6,0	1,6	
1062e	C3g	110 - 150	43	41	16	0	5,6	2,61	1,4	0,9	0,11	26,7	30,7	28,8	4,5	1,8	
P - 1059 Latossolo fase substrato basáltico - Entisol																	
1059a	A1	0 - 13	22	24	43	12	6,4	2,02	21,0	0,6	1,53	30,5	21,4	11,1	21,2	3,3	
1059b	AC	13 - 25															

tradagens foi utilizado um trado de ferro que foi cuidadosamente limpo antes de ser utilizado. A amostra foi colocada em saco de polietileno e, no laboratório, seca ao ar, evitando-se contaminações. Depois de seca, a amostra foi peneirada em peneira de plástico, de 2mm de malha, desfazendo-se os torrões em almofariz de ágata. Depois de peneirada, a amostra foi guardada em saco de polietileno.

Para a determinação do zinco total, tomou-se cerca de 10 g de amostra peneirada, e pulverizou-se em almofariz de ágata até obtenção de pó impalpável. Após a pulverização de cada amostra, o almofariz foi cuidadosamente limpo com sapólio e água desionizada e, seco antes de se preparar a amostra seguinte. A amostra pulverizada foi guardada em frasco de vidro com tampa de plástico.

Os frascos de vidro em que foram guardadas as amostras pulverizadas, bem como todo o material de vidro, utilizado no laboratório, para a determinação do zinco, foram previamente lavados com detergente, solução de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ a 2%, alcalinizada, ácido clorídrico destilado + 2N, 5 vezes com água desionizada e secos em estufa de alumínio.

3.3 - Métodos

3.3.1 - Caracterização física e química

A caracterização física e química das amostras foi efetuada pela Seção de Pedologia do Instituto Agrônomo do Estado em Campinas.

Composição granulométrica - Método da pipeta, usando como dispersante NaOH 0,1N, segundo MEDINA & GROHMANN (1962).

pH em água - Relação solo: água 1:2,5. Determinação potenciométrica com eletrodo de vidro.

Bases trocáveis - Extração por percolação de 10 g de TFSA com 100 ml de HNO_3 0,05N. A dosagem do cálcio e do magnésio foi feita pelo EDTA, segundo VAN RAIJ (1966) ou por espectrofotometria de absorção atômica, SLAVIN (1968). A dosagem do potássio foi feita por fotometria de chama, CATANI & PAIVA NETO (1949)

Acidez titulável - Extração por percolação de 5 g de TFSA com 100 ml de acetato de cálcio 1N, pH 7 e titulação com NaOH 0,05N em presença de fenolftaleína.

Al^{3+} trocável - Extração por percolação de 5 g de TFSA com 100 ml de cloreto de potássio 1N e titulação com NaOH 0,05N em presença de bromotimol azul.

H^+ titulável - Pela diferença entre os valores da acidez titulável e de Al^{3+} trocável.

Carbono - Oxidação da matéria orgânica com solução 0,4N em $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ e 18N em H_2SO_4 , com fervura durante 5 minutos, titulando o excesso de dicromato com solução $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ 0,4N, usando a difenilamina como indicador, segundo VETTORI (1969).

SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 - Digestão com H_2SO_4 d=1,47; separação do SiO_2 por filtração. Solubilização do SiO_2 com solução de Na_2CO_3 5% a quente, dosagem do SiO_2 com solução sulfomolibdica em presença de solução de ácido tartárico e ascórbico. Em alíquotas do filtrado do extrato sulfúrico determinou-se o Al_2O_3 com

EDTA e $ZnSO_4$, usando a ditizona como indicador e o Fe_2O_3 pela 1,10-fenantrolina, em presença de ácido ascórbico e citrato de sódio, segundo VETTORI (1969).

3.3.2 - Extração e determinação do zinco total

3.3.2.1 - Extração

O método utilizado na extração do zinco total foi o do ataque ácido com fluorização e baseou-se no descrito por PRINCE (1964). Fizeram-se três repetições.

Pesar, para cápsula de porcelana, 0,500 g da amostra finamente pulverizada e colocá-la em mufla a 450° durante 4 horas. Esfriar a cápsula e transferir a amostra para copo de teflon com 3,5 cm de diâmetro e 5,5 cm de altura. Adicionar 2 ml de água desionizada, 2 ml de ácido perclórico e 6 ml de ácido fluorídrico. Colocar em banho de areia a cerca de $200^\circ C$ e cobrir parcialmente com tampa, com a forma de vidro de relógio, em teflon. Quando aparecerem os fumos brancos de ácido perclórico, esfriar, adicionar 2 ml de água desionizada, 2 ml de ácido perclórico e 6 ml de ácido fluorídrico. Colocar no banho de areia, cobrir parcialmente com a tampa de teflon. Quando aparecerem os fumos brancos de ácido perclórico, retirar as tampas e levar o extrato ácido quase até à secura. Esfriar, adicionar 2 ml de ácido perclórico e colocar no banho de areia até à secura. Esfriar, adicionar 4 ml de ácido clorídrico destilado \pm 6N e cerca de 10 ml de água desionizada. Colocar no banho de areia e aquecer até com pleta dissolução do resíduo. Caso o resíduo não se dissolva, repetir mais uma vez o ataque perclórico-fluorídrico e as operações subsequentes. Transferir o extrato ácido para balão volumé

trico de 50 ml, lavar cuidadosamente o copo com água desionizada e adicionar esta água de lavagem ao conteúdo do balão. Completar o volume de 50 ml com água desionizada. É nesta solução que vai ser determinado o zinco total.

3.3.2.2 - Determinação

O zinco do extrato ácido foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, ALLAN (1961). Escolheu-se este método por ser prático, cômodo, sensível e não estar sujeito a interferências, nas condições em que é empregado neste trabalho, conforme ELWELL & GIDLEY (1967) e GIDLEY & JONES (1960).

Preparação de padrões - Foi preparada uma solução estoque de 1000 ppm de zinco, pela dissolução de 1,000 g de zinco metálico com ácido clorídrico destilado \pm 6 N, completando o volume de 1 litro com água desionizada. A partir desta solução foi preparada outra com 30 ppm de zinco, com a qual foram preparados os padrões de 1,5 e 3,0 ppm, utilizados para o traçado da curva padrão, tomando para abcissas as concentrações de zinco e para ordenadas as leituras da escala do aparelho.

O aparelho usado nas determinações espectrofotométricas é da marca Perkin Elmer, modelo 290. Utilizou-se a chama de ar-acetileno.

3.3.2.3 - Precisão e exatidão do método

A precisão do método foi avaliada pela determinação das médias, desvios-padrão e coeficientes de variação dos teores de zinco de 5 repetições de 4 amostras de solos que constam do qua-

dro 2.

Quadro 2 - Precisão da determinação do zinco total do solo

Solo	Média de 5 repetições	Coefficiente de variação
	ppm	%
Latossolo Vermelho Amarelo orto	25,50 \pm 0,75	6,5
Hidromórfico	38,65 \pm 0,75	4,3
Podzolizado var. Marília	19,50 \pm 0,75	8,6
Latossolo Roxo	64,13 \pm 0,37	1,3

Observando os valores do quadro 2, pode afirmar-se que o método apresenta boa precisão.

A exatidão do método de determinação do zinco total, foi avaliada por um ensaio de adição e recuperação de 10 microgramas de zinco a 20 ml de extrato ácido de solo. Os resultados constam do quadro 3.

Quadro 3 - Recuperação de zinco adicionado a 20 ml de extratos ácidos de solos

	Alíquota	Alíquota + 10 μ g de Zn	Recupe- ração
	μ g	μ g	%
Latossolo Vermelho Amarelo- orto	10,20	20,50	101
Hidromórfico.	15,50	25,05	98
Podzolizado var. Marília.	7,80	17,55	99
Latossolo Roxo.	25,65	34,99	98

Os valores do quadro 3 permitem concluir que a exatidão do método é muito boa.

3.3.3 - Extração e determinação do zinco solúvel em HCl 0,1N

3.3.3.1 - Escolha do método

A extração do zinco dos solos com HCl 0,1N, proposta por WEAR & SOMMER (1947), tem sido muito utilizada. No entanto, as técnicas empregadas têm variado muito, especialmente o tempo de agitação e/ou contato. Com o objetivo de escolher a técnica a ser adotada, foi feito um ensaio prévio.

Usaram-se 5 g de solo, TFSA, 50 ml de solução, 4 tempos de contato com agitação contínua (15, 30, 45 e 60 minutos) e 5 tempos de contato em repouso (15, 30, 45 e 60 minutos e 14 horas) precedidas de uma agitação de 1 minuto.

Os resultados constam do quadro 4 e são médias de 2 repetições.

Face aos resultados obtidos no ensaio, foi escolhida a técnica que consta de 1 hora de agitação permanente em agitador vai e vem, por apresentar resultados semelhantes aos da agitação de 1 minuto seguida de contato em repouso durante 14 horas e ser mais rápida de executar.

3.3.3.2 - Extração

Colocar 5 g de TFSA em Erlenmeyer de 125 ml. Adicionar

Quadro 4 - Zinco extraído de 2 amostras de solos pelo HCl 0,1N empregando 4 tempos de contato com agitação permanente e 5 tempos de contato em repouso, precedidos de agitação durante 1 minuto

Amostra	Zinco extraído do solo pelo HCl 0,1N com		
	Tempo de contato	Agitação permanente	Agitação de 1 minuto seguida de repouso
	min	ppm	ppm
993a	15	1,0	0,6
	30	1,0	0,6
	45	1,0	0,6
	60	1,0	0,6
	840	nd	1,0
1099a	15	2,0	1,6
	30	2,2	1,8
	45	2,5	2,0
	60	2,6	2,3
	840	nd	2,7

50 ml da solução HCl 0,1N, tapar o Erlenmeyer com rolha de borracha protegida com polietileno. Agitar durante 1 hora em agitador vai e vem. Filtrar, usando papel de filtro Whatman nº 42, previamente lavado duas vezes com a solução de HCl 0,1N. Fizeram-se 2 repetições de cada amostra.

3.3.3.3 - Determinação

O zinco do extrato ácido obtido em 3.3.3.2 foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica, com aparelho da marca Perkin Elmer, modelo 303, usando chama de ar acetileno.

Foram preparados padrões em solução de HCl 0,1N, conten-

do 0, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,1, 0,2, 0,3, 0,6, 1, 2 e 3 ppm de zinco.

Como as leituras do valor da absorção eram muito baixas, em vez de se traçar curva padrão, optou-se pelas leituras interpoladas, isto é, cada vez que se lia uma amostra, liam-se os padrões de concentrações imediatamente inferior e superior à da amostra, na ordem, padrão de concentração inferior, amostra, padrão de concentração superior.

3.3.4 - Extração e determinação do zinco solúvel em Na_2 -EDTA 1%

3.3.4.1 - Escolha do método

A extração do zinco do solo com EDTA, proposta por VIRO (1955a), tem sido utilizada com algumas modificações, especialmente no que respeita ao sal utilizado, concentração e técnica de extração.

Neste trabalho, utilizou-se o Na_2 -EDTA 1% em água. Para se escolher a técnica de extração mais adequada, fez-se um ensaio prévio semelhante ao descrito em 3.3.3.1, cujos resultados constam do quadro 5 e são médias de 2 repetições.

Observando-se os resultados do quadro 5, verifica-se que os teores de zinco extraído pela técnica que emprega a agitação de 1 minuto seguida de contato em repouso durante 14 horas, são nitidamente superiores aos obtidos pelas outras técnicas, razão pela qual foi escolhida.

Quadro 5 - Zinco extraído de 2 amostras de solos pelo $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1% empregando 4 tempos de contato com agitação permanente e 5 tempos de contato em repouso, precedidos de agitação durante 1 minuto

Amostra	Tempo de contato	Zinco extraído do solo pelo $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%	
		Agitação permanente	Agitação de 1 minuto seguida de repouso
	min	ppm	ppm
993a	15	0,4	0,3
	30	0,4	0,3
	45	0,4	0,3
	60	0,4	0,3
	840	nd	0,6
1099a	15	1,7	0,5
	30	2,1	0,8
	45	2,2	0,8
	60	2,2	0,8
	840	nd	2,7

3.3.4.2 - Extração

Colocar 5 g de TFSA em Erlenmeyer de 125 ml. Adicionar 50 ml da solução de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%, tapar o Erlenmeyer com rolla de borracha protegida com polietileno. Agitar durante 1 minuto e deixar em repouso durante 14 horas. Filtrar usando papel de filtro Whatman nº 42, previamente lavado duas vezes com a solução de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%. Fizeram-se duas repetições de cada amostra.

3.3.4.3 - Determinação

O zinco do extrato obtido em 3.3.4.2 foi determinado da maneira descrita em 3.3.3.3. Os padrões foram preparados em solução de $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%.

3.3.5 - Extração e determinação do zinco trocável

3.3.5.1 - Extração

O zinco trocável foi extraído com uma solução de acetato de amônio 1N, neutra. Fizeram-se 2 repetições de cada amostra.

Utilizou-se a técnica descrita em 3.3.4.2

3.3.5.2 - Determinação

O zinco do extrato obtido em 3.3.5.1 foi determinado da maneira descrita em 3.3.3.3. Os padrões foram preparados em solução de acetato de amônio 1N, neutra.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Zinco total

Os teores de zinco total determinados nas 227 amostras estudadas encontram-se no quadro 6, representam médias de 3 repetições, e estão compreendidos entre traços e 315 ppm. Estes teores são semelhantes aos determinados em solos de vários países e inferiores aos de alguns solos de Madagascar e do Tennessee, como pode ser constatado no capítulo 2.3.1.

4.1.1 - Influência do material de origem e da pedogênese na distribuição do zinco nas unidades de solos

Com os dados do quadro 6 foram elaborados os quadros 7 e 8, em que os solos foram agrupados em função do material de origem e foram calculados os valores médios dos teores de zinco nos horizontes de cada perfil.

Os solos derivados de rochas básicas apresentaram os teores mais elevados com o valor médio de 187 ppm, fato já observado por VINOGRADOV (1959) em solos da União Soviética, OERTEL (1961) em solos da Austrália e HERVIEU & NALOVIC (1965) em solos de Madagascar. A maior riqueza em zinco, nos solos derivados de rochas básicas, deve-se ao fato destas constituírem um material de origem mais rico em zinco que os demais, VINOGRADOV (1959).

No quadro 6 pode observar-se que na Terra Roxa Estruturada e no Litossolo fase substrato basáltico, os teores de zinco

Quadro 6 - Teores de zinco total em amostras de perfis das principais unidades de solos de São Paulo

Hori- sonte	Zn ppm	Hori- sonte	Zn ppm	Hori- sonte	Zn ppm	Hori- sonte	Zn ppm
Podzólico Vermelho Amarelo orto				Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa			
P-1016		P-1064		P-1113		P-1119	
A1	35,0	Ap	30,0	Ap	8,3	A1	8,3
A2	35,0	A3	33,0	A12	10,3	B1	12,0
IIB1	33,0	B21	33,0	B1	10,3	B21	12,3
IIB21	31,0	B22	33,0	B21	12,0	B22	13,7
IIB22	33,0	IIB3	33,0	B22	14,0	B3	15,0
IIB3	36,0	IIC1	21,0	B23	16,0	T1	16,0
IIC1	36,0			T1	15,3	T2	14,7
IIC2	39,0			T2	14,7		
R	24,0						
Podzolizados de Lins e Varília var. Lins				Latossolo Vermelho Amarelo orto			
P-993		P-1120		P-1031		P-1117	
Ap	33,7	A1	21,0	A11	66,0	A11	33,0
A2	22,0	A2	21,7	A13	60,0	A12	33,0
B21	25,0	B1	25,3	A3	56,0	A3	33,0
B22	27,0	B21	26,7	B1	55,0	B1	33,0
B3	15,7	B22	27,3	B21	39,0	B21	36,0
T1	13,3	B3	25,0	B22	39,0	B22	36,0
T2	13,7	T1	27,3	B23	42,0	T1	33,0
T3	14,3	T2	26,0	B3	45,0	T2	33,0
T4	14,0			IIC1	46,0		
T5	14,0			IIC2	46,0		
T6	14,0			IIC3	54,0		
				R	57,0		
Podzolizados de Lins e Varília var. Varília				Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa			
P-1085		P-1089		P-1104		P-1116	
Ap	18,0	A11	16,5	A1	16,7	A1	5,0
A21	13,5	A12	14,0	A3	18,0	A3	5,0
A22	16,5	A21	11,0	B1	14,3	B1	5,7
A23	14,0	A22	15,0	B21	18,0	B21	6,3
A3	19,5	A23	23,5	B22	16,7	B22	7,3
B21	27,0	A24	24,0	B23	15,7	T1	6,7
B22	24,9	A25	28,0	B24	15,7	T2	6,7
B3	22,0	B21	22,0	T1	16,3		
T1	19,5	B22	16,0	T2	17,0		
T2	18,5	B31	27,0				
T3	22,0	B32	33,5				
C	27,0						
Terra Roxa Estruturada				Latossolo Vermelho Amarelo húmico			
P-1103		P-1114		P-1063		P-1097	
A11	260,0	Ap	161,3	Ap	44,0	A11	22,7
A12	235,7	B1	145,0	A12	43,0	A12	23,0
E21	214,0	B22	130,0	A13	46,3	A13	31,0
E22	172,7	B23	130,7	A14	47,3	A14	34,3
B23	159,7	B3	127,3	A3	48,7	A3	30,7
B31	160,7	T1	133,3	B1	53,0	B1	33,0
C	164,0	T2	130,0	B2	53,0	B21	34,0
R	140,7			T1	51,0	B22	33,7
				T2	52,0	B23	35,0
				T3	51,3	T1	37,0
						T2	25,3
Latossolo Roxo eutrófico				Regossolo			
P-1089		P-1118		P-1096		P-1111	
A1	209,7	A1	148,7	Ap	<1,0	A11	<1,0
A3	195,7	A3	153,7	A12	2,8	A12	<1,0
B1	193,3	B21	145,3	A13	9,8	C1	1,8
B21	196,7	B22	138,7	A14	10,5	C2	<1,0
B22	217,7	B23	138,7	A3	5,0	C3	5,8
B23	224,0	B3	143,0	C1	5,3	C4	6,2
B24	219,6	T1	143,7	C2	5,0	T1	4,8
T1	218,7	T2	185,3	C3	5,0		
T2	217,3						
Latossolo Roxo distrófico				Hidromórfico			
P-1057		P-1065		P-1061		P-1062	
Ap	87,0	A1	180,0	Ap	53,0	A1	82,0
A3	87,0	A3	177,0	C1g	60,0	A3	87,0
B1	80,0	B1	173,0	C2g	66,0	C1g	102,0
B21	92,0	B21	180,0	C3g	72,0	C2g	96,0
B22	90,0	B22	180,0	C4g	71,0	C3g	102,0
T1	89,0	T1	174,0	C5g	95,0		
T2	92,0	T2	175,0	C6g	93,0		
T3	91,0						
Latossolo Vermelho Escuro orto				Litossolo fase substrato basáltico			
P-1090		P-1115		P-1059		T-5686	
A1	60,0	A1	71,0	A1	315,3	A	211,3
A3	63,0	A3	62,0	AC	282,7	R	252,3
B1	63,0	B1	59,0	C	206,3		
B21	54,0	B21	59,0				
B22	54,0	B22	45,0				
T1	63,0	B3	45,0				
T2	87,0	T1	48,0				
T3	48,0	T2	51,0				
T4	68,0						
T5	70,0						
T6	71,0						

dos solos são superiores aos dos basaltos que lhes deram origem; fato semelhante foi observado por OERTEL (1961) em solos derivados de basaltos na Austrália.

Na região de Ribeirão Preto foram coletados perfis de Litossolo fase substrato basaltito (P-1059), Terra Roxa Estruturada (P-1103), Latossolo Roxo eutrófico (P-1099) e Latossolo Roxo distrófico (P-1057), todos derivados de rochas básicas. Os teores de zinco desses perfis são muito diferentes entre si como pode ser constatado no quadro 6, e são consequência dos processos pedogenéticos a que as rochas submetidas.

Os solos derivados de sedimentos modernos arenosos apresentam os teores mais baixos de zinco, com o valor médio de 8,7 ppm. A pobreza em zinco, dos solos arenosos já havia sido constatada por VINOGRADOV (1959) e WAHHAB & BHATTI (1956) em solos da União Soviética e do Paquistão respectivamente. O baixo teor de zinco nos solos derivados de sedimentos modernos arenosos, decorre do fato do material de origem, já retrabalhado, ter a sua fração grosseira essencialmente constituída de quartzo e não apresentar minerais ricos em zinco, COMISSÃO DE SOLOS (1960).

Nas unidades restantes, os teores médios de zinco foram 79 ppm nos solos derivados de materiais aluviais e coluviais; 43,8 ppm nos solos derivados de sedimentos modernos e 23,5 ppm nos solos derivados do arenito Bauru.

4.1.2 - Distribuição nos perfis

Observando os valores dos quadros 6 e 7 verifica-se que, das unidades estudadas, apenas a Terra Roxa Estruturada apresen-

Quadra 7 - Teores médios de zinco total em horizontes de perfis das principais unidades de solos do São Paulo

Horizonte	Zn ppm	Horizonte	Zn ppm
I - Solos derivados de rochas básicas			
Litossolo fase substrato basáltico			
A	P-1059 315,3	A	T-5686 211,3
C	206,3		
Terra Roxa Estruturada			
A	P-1103 248,4	A	P-1114 161,3
B	176,8	B	133,3
C	164,0		
R	140,7		
Latossolo Roxo eutrófico			
A	P-1099 202,7	A	P-1118 151,2
B	210,3	B	141,4
Latossolo Roxo distrófico			
A	P-1057 87,0	A	P-1065 178,5
B	87,3	B	177,6
II - Solos derivados de materiais aluviais e coluviais			
Hidromórfico			
A	P-1061 53,0	A	P-1062 84,5
Cg	76,0	Cg	100,0
III - Solos derivados de sedimentos modernos			
Latossolo Vermelho Escuro orto			
A	P-1090 61,5	A	P-1115 66,5
B	57,0	B	52,0
Latossolo Vermelho Amarelo orto			
A	P-1031 60,7	A	P-1117 33,0
B	44,0	B	35,0
IIC	49,3		
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico			
A	P-1063 45,9	A	P-1097 28,3
B	53,0	B	34,7
Podzólico Vermelho Amarelo orto			
A	P-1016 35,0	A	P-1064 31,5
IIB	33,0	B	33,0
IIC	37,5	IIC	21,0
IV - Solos derivados de arenito Bauru			
Podzolizados de Lins e Marília var. Lins			
A	P-993 27,9	A	P-1120 21,4
B	22,6	B	26,1
Podzolizados de Lins e Marília var. Marília			
A	P-1085 16,3	A	P-1085 18,9
B	24,6	B	24,6
C	27,0		
V - Solos derivados de sedimentos modernos arenosos			
Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa			
A	P-1104 17,4	A	P-1116 5,0
B	16,1	B	6,4
Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa			
A	P-1113 9,3	A	P-1119 8,3
B	13,1	B	13,3
Regossolo			
A	P-1096 5,8	A	P-1111 <1,0
C	5,1	C	3,7

ta uma diminuição acentuada do teor de zinco em profundidade. A diminuição do teor de zinco em profundidade já fora constatada por VINOGRADOV (1959), KRUGLOVA (1964) e RODINA (1965) em solos da União Soviética e por OERTEL (1961) em solos derivados de basaltos na Austrália.

Os Latossolos Roxos apresentam os teores dos horizontes A semelhantes aos dos horizontes B, tendo RANDHAWA & KANWAR (1964) constatado fato semelhante em solos da Índia. A uniformidade da distribuição do zinco ao longo do perfil dos Latossolos Roxos pode ser atribuída à homogeneidade das outras características físicas e químicas ao longo dos perfis.

Os Podzolizados de Lins e Marília variação Marília, Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e Latossolo Vermelho Amarelo Húmico apresentam um aumento do teor de zinco com a profundidade. STANTON & BURGER (1966b) em solos da União Sul-africana também constataram o aumento do teor de zinco com a profundidade.

4.1.3 - Relação com os óxidos de ferro

Alguns autores, entre os quais WHITE (1957), NAIR & COTTENIE (1971b) e LE RICHE & WEIR (1963) estudaram a relação entre os teores de zinco e os dos óxidos de ferro e/ou alumínio dos solos. WHITE (1957) verificou em solos do Tennessee que cerca de 45% do zinco total está associado aos óxidos de ferro. NAIR & COTTENIE (1971b), em 12 perfis de solos da Bélgica, estabeleceram um coeficiente de correlação $r = 0,36$, significativo a 10%, entre os teores de zinco total e os dos óxidos de ferro. LE RICHE & WEIR (1963) verificaram em solos da Grã-Bretanha, que havia uma concentração de microelementos na fração do solo consti-

Quadro 8 - Teores de zinco total das principais unidades de solos de São Paulo (médias de dois perfis por unidade)

Unidades	Zn
	ppm
I - Solos derivados de rochas básicas	178,3
Litossolo fase substrato basáltico	263
Terra Roxa Estruturada	177
Latossolo Roxo eutrófico	176
Latossolo Roxo distrófico	133
II- Solos derivados de materiais aluviais e coluviais	79,0
Hidromórfico	79
III- Solos derivados de sedimentos modernos	43,8
Latossolo Vermelho Escuro orto	59
Latossolo Vermelho Amarelo orto	43
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico	41
Podzólico Vermelho Amarelo orto	32
IV- Solos derivados do arenito Bauru	23,5
Podzolizados de Lins e Marília var. Lins	25
Podzolizados de Lins e Marília var. Marília	22
V - Solos derivados de sedimentos modernos arenosos	8,7
Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa	11
Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa	11
Regossolo	4

tuída pelos óxidos de ferro.

Foi calculada a correlação entre os teores de zinco total e os de Fe_2O_3 extraído pelo ataque sulfúrico segundo VETTORI (1969), obtendo-se $r = 0,79^{**}$. (** e * indicam significância a 1% e 5% respectivamente). Aquela fato mostra que realmente existe uma íntima associação entre os teores de zinco e os de Fe_2O_3 nos solos de São Paulo.

4.1.4 - Relação com a matéria orgânica

Calculando a correlação entre os teores de zinco e os de matéria orgânica, expressa em % de C, não se obteve uma correlação satisfatória já que $r = 0,20$. HIBBARD (1940a e 1940b) verificou um acúmulo de zinco nos horizontes superficiais de solos da Califórnia e atribuiu-o ao acúmulo de matéria orgânica, sugerindo assim uma relação entre os dois. HOLMES (1943) também sugeriu uma relação entre os teores de zinco e os de matéria orgânica, embora não tivesse encontrado boa correlação entre os dois. HERVIEU & NALOVIC (1965) em solos de Madagascar não encontraram boa correlação entre os teores de zinco e os de matéria orgânica. TUCKER & KURTZ (1955), extraíram o zinco de diversos solos após oxidação da matéria orgânica e obtiveram teores baixos para a fração de zinco que estaria associada à matéria orgânica.

4.1.5 - Relação com a textura

Com o objetivo de verificar se há uma relação entre os teores de zinco e os de argila, foi calculada a correlação entre eles obtendo-se um coeficiente baixo, $r = 0,34^{**}$, embora significativo.

Vários autores, entre os quais HOLMES (1943), RANDHAWA & KANWAR (1964), WAHHAB & BHATTI (1956) e STANTON & BURGER (1966) encontraram boa correlação entre os teores dos solos em zinco e os de argila, argila+limo ou classes de textura.

Estudando com maior detalhe os Podzolizados de Lins e Marília, variação Marília, o Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e a Terra Roxa Estruturada verificou-se que nos dois primeiros os coeficientes de correlação total entre os teores de zinco e de argila foram respectivamente $r = 0,95^{**}$ e $r = 0,92^{**}$ e que os coeficientes de correlação parcial foram $r = 0,96^{**}$ e $r = 0,84^{**}$, o que parece indicar uma certa interdependência entre os teores de zinco e os de argila. Este mesmo fato foi observado por STANTON & BURGER (1966b) em solos da União Sulafricana.

Na Terra Roxa Estruturada o coeficiente de correlação total entre os teores de zinco e os de argila foi $r = -0,95^{**}$; não tendo sido encontrada explicação para este resultado, foi calculada a correlação total e parcial entre os teores de zinco e os de areia obtendo-se os coeficientes $r = 0,95^{**}$ e $r = 0,88^{**}$. Esta boa correlação entre os teores de zinco e os de areia pode ser explicada pelo fato de fração grosseira da Terra Roxa Estruturada ser essencialmente constituída de magnetita e ilmenita, COMISSÃO DE SOLOS (1960), minerais relativamente ricos em zinco, segundo WHITE (1957) e VINOGRADOV (1959).

Nos solos estudados constatou-se que os mais ricos em zinco são argilosos e os mais pobres arenosos.

4.2 - Zinco solúvel em HCl 0,1N

Os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N determinado nas a mostras analisadas, constam do quadro 9 e estão compreendidos en tre traços e 9,5 ppm. De cada perfil foram analisadas 3 amostras, sempre que possível representando os horizontes A B e C. Os re- sultados representam a média de 2 repetições.

Os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N determinados nos solos de São Paulo, são semelhantes aos determinados em solos de outros países, como foi apresentado no capítulo 2.3.2 e, apenas KANEHIRO & SHERMAN (1967) em solos do Hawaii, JOUIS & LECACHEUX (1964) em solos da França e SANTANA (1971) num Alfisol da Bahia encontraram teores superiores.

4.2.1 - Distribuição nas unidades de solos

Observando os resultados apresentados no quadro 9, veri- fica-se que os solos derivados de rochas básicas são dos que a- presentam os teores mais elevados, especialmente no horizonte su perfcial embora a diferença entre eles e os demais solos não se ja tão acentuada como no caso do zinco total. As unidades que apresentaram os teores mais elevados foram: Litossolo fase subs- trato basaltito com 5,21 ppm, Terra Roxa Estruturada com 7,70 ppm, Latossolo Roxo Eutrófico com 2,50 ppm. As unidades com os teores mais baixos são as derivadas de sedimentos modernos areno- sos.

4.2.2 - Distribuição nos perfis

Os valores do quadro 9 mostram que há um decréscimo sen-

Quadro 9 - Teores de zinco solúvel em HCl 0,1N, de amostras de perfis das principais unidades de solos de São Paulo

Horizonte	Zn ppm	Horizonte	Zn ppm
I - Solos derivados de rochas básicas			
Litosolo fase substrato basáltico			
P-1059			
A	6,15	A	4,27
AC	1,75		
Terra Roxa Estruturada			
P-1103			
A11	8,00	Ap	7,30
B23	0,67	B22	0,44
C	0,66	T2	0,38
Latossolo Roxo eutrófico			
P-1099			
A1	2,65	A1	2,34
B21	0,55	B22	0,43
T2	0,73	T2	0,27
Latossolo Roxo distrófico			
P-1057			
Ap	0,71	A1	0,22
B22	0,34	B22	0,22
T3	0,42	T2	<0,05
II - Solos derivados de materiais aluviais e colúviais			
Hidromórfico			
P-1061			
Ap	1,57	A1	1,14
C2g	0,32	C1g	1,00
C6g	0,43	C3g	0,49
III - Solos derivados de sedimentos modernos			
Latossolo Vermelho Escuro orto			
P-1090			
A1	0,82	A1	0,50
B22	<0,05	B21	0,45
T5	<0,05	T2	0,11
Latossolo Vermelho Amarelo orto			
P-1031			
A11	2,29	A11	0,82
B22	<0,05	B22	0,14
IIC1	<0,05	T2	0,31
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico			
P-1063			
Ap	0,68	A11	0,22
B22	0,24	B22	0,17
T3	0,26	T2	0,50
Podzólico Vermelho Amarelo orto			
P-1016			
A1	2,06	Ap	1,02
IIB22	0,37	B22	0,49
IIC2	0,32	IIB3	0,28
		IIC1	0,17
IV - Solos derivados de arenito Bauru			
Podzolizados de Lins e Marília var. Lins			
P-993			
Ap	1,91	A1	1,03
B22	0,40	B22	0,35
T6	0,25	T2	0,18
Podzolizados de Lins e Marília var. Marília			
P-1085			
Ap	1,27	A11	1,23
B21	0,33	A23	0,42
T3	0,31	B22	0,18
V - Solos derivados de sedimentos modernos arenosos			
Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa			
P-1104			
A1	0,15	A1	0,29
B22	0,07	B22	0,17
T2	0,22	T2	0,13
Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa			
P-1113			
Ap	0,40	A1	0,17
B22	0,30	B22	0,17
T2	0,09	T2	0,17
Regossolo			
P-1096			
Ap	0,21	A11	0,24
A14	0,14	C3	0,14
C3	<0,05	T1	<0,05

sível do teor de zinco solúvel em HCl 0,1N com a profundidade, fato já verificado por NAIR & METHA (1959) em solos da Índia, STANTON & BURGER (1966b) em solos da União Sul-Africana e KANBHIRE & SHERMAN (1967) em solos do Hawaí. Este decréscimo do teor de zinco em profundidade foi atribuído ao decréscimo do teor de matéria orgânica por NAIR & METHA (1959) e STANTON & BURGER (1966b).

4.2.3 - Relação com o zinco total

Com o objetivo de se estudar a relação entre o teor de zinco total do solo e o solúvel em HCl 0,1N, calculou-se o coeficiente de correlação entre as duas grandezas obtendo-se $r = 0,54^{**}$. NAIR & METHA (1959) em solos da Índia obtiveram $r = 0,68^{**}$, TUCKER & KURTZ (1955), em solos dos Estados Unidos obtiveram $r = 0,964^{**}$ e STANTON & BURGER (1966a) também obtiveram boa correlação em solos da União Sul-Africana. SORENSEN (1971) não obteve correlação significativa em solos do Nebraska.

4.2.4 - Relação com a matéria orgânica

Tendo em vista os resultados do quadro 9 em que os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N têm um decréscimo acentuado com a profundidade e o carbono igualmente decrescer em profundidade, foram escolhidos quatro perfis para se estudar a relação entre as duas grandezas. Foram feitas as determinações de zinco solúvel em HCl 0,1N, nos quatro primeiros horizontes de cada perfil, cujos resultados constam do quadro 10. Com esses resultados foram traçados os gráficos da figura 1, e calculados a equação de regressão $Zn = 0,76C - 0,30$ e o coeficiente de correlação linear, $r = 0,77^{**}$.

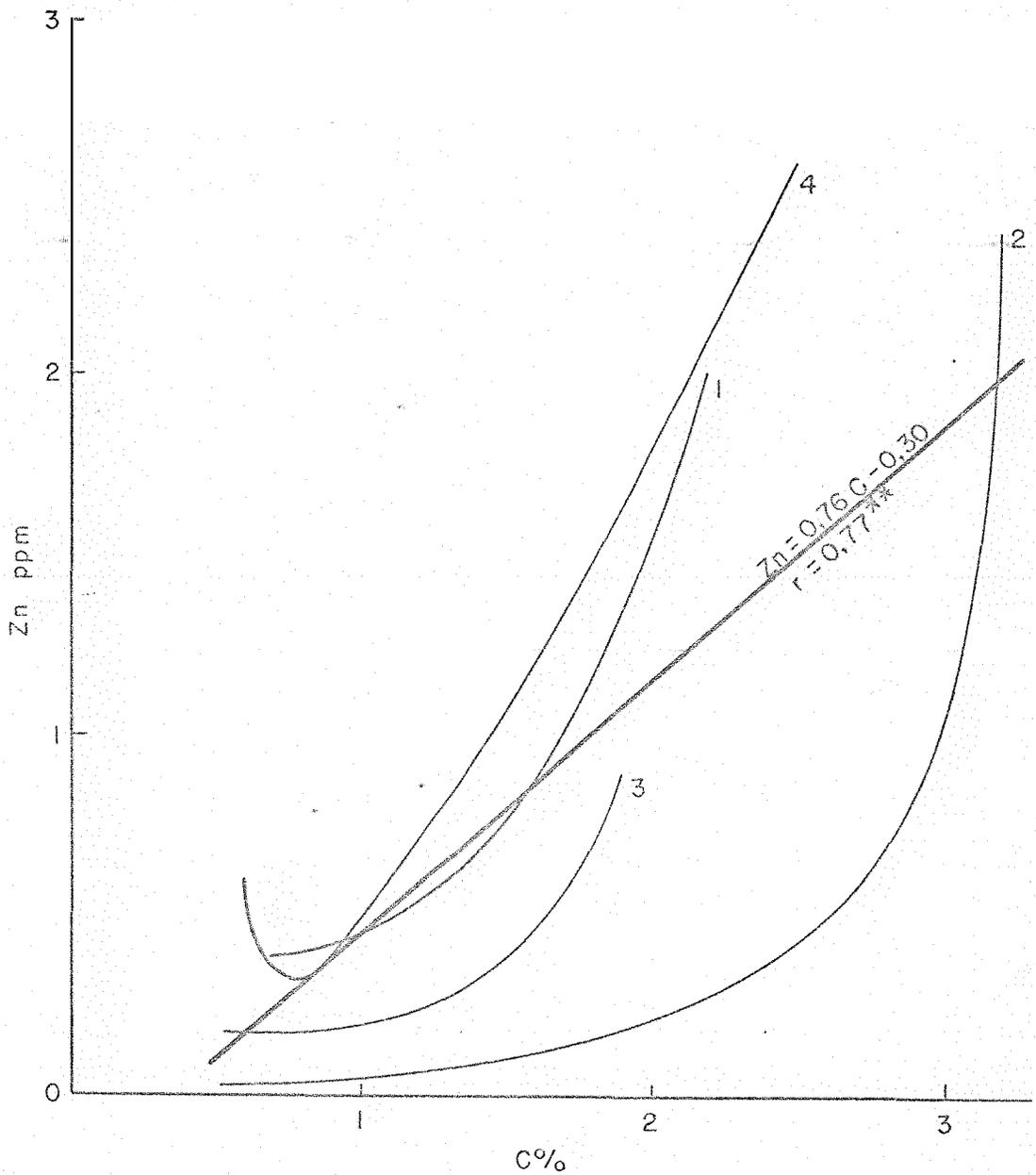


Figura 1 - Relação entre os teores de carbono e os de zinco solúvel em HCl 0,1N, de amostras de quatro perfis de solos de São Paulo. (1) Podzólico Vermelho Amarelo orto; (2) Latossolo Vermelho Amarelo orto; (3) Latossolo Roxo distrófico; (4) Latossolo Roxo eutrófico.

Quadro 10 - Teores de carbono e de zinco solúvel em HCl 0,1N em amostras de 4 perfis de solos de São Paulo

Horizonte	C	Zn	Horizonte	C	Zn
	%	ppm		%	ppm
P-1016 (PV)			P-1031 (LV)		
A1	2,2	2,0	A11	3,2	2,4
A2	1,4	0,7	A13	2,5	0,4
IIB1	0,9	0,4	A3	1,6	0,2
IIB22	0,7	0,4	B21	0,5	<0,1
P-1065 (LRd)			P-1099 (LRe)		
A11	1,9	0,9	A1	2,5	2,6
A3	1,3	0,2	A3	1,0	0,6
B1	0,9	0,2	B1	0,8	0,3
B22	0,5	0,2	B21	0,6	0,6

À vista dos resultados obtidos pode dizer-se que existe uma certa associação entre o zinco solúvel em HCl 0,1N e a matéria orgânica dos solos.

4.3 - Zinco solúvel em Na₂-EDTA 1%

Os teores de zinco solúvel em Na₂-EDTA 1% determinados nas amostras analisadas estão compreendidos entre traços e 8,5 ppm e constam do quadro 11. Estes teores são semelhantes aos obtidos em solos de vários países como foi apresentado em 2.3.3. JENSEN & LAMM (1961) em solos da Dinamarca, ALSTOM & MCCOAGHY (1968) em solos da Irlanda do Norte e SANTANA (1971) num Alfi-

Quadro 11 - Teores de zinco, solúvel em Na₂-EDTA 1%, de amostras de perfis das principais unidades do solos de S. Paulo

Hori- zonte	Zn ppm	Hori- zonte	Zn ppm
I - Solos derivados de rochas básicas			
Litosolo fase substrato basáltico			
P-1059			
A	4,65	A	5,15
AC	1,00		
Terra Roxa Estruturada			
P-1103			
A11	8,50	Ap	5,80
B23	0,33	B22	0,20
C	0,20	T2	0,20
Latosolo Roxo eutrófico			
P-1099			
A1	2,05	A1	1,60
B21	0,33	B22	0,20
T2	0,20	T2	0,17
Latosolo Roxo distrófico			
P-1057			
Ap	0,33	A1	0,60
B22	0,20	B22	0,17
T3	0,20	T2	0,17
II - Solos derivados de materiais aluviais e colúviais			
Hidromórfico			
P-1061			
Ap	0,23	A1	0,60
C2g	0,11	C1g	0,39
C6g	0,11	C3g	0,17
III - Solos derivados de sedimentos modernos			
Latosolo Vermelho Escuro orto			
P-1090			
A1	0,60	A1	7,0
B22	0,06	B21	0,11
T5	0,27	T2	0,10
Latosolo Vermelho Amarelo orto			
P-1031			
A11	1,30	A11	0,17
B22	0,17	B22	<0,05
IIC1	0,17	T2	<0,05
Latosolo Vermelho Amarelo Húmico			
P-1063			
Ap	0,20	A11	0,20
B22	0,10	B22	0,68
T3	0,10	T2	0,68
Podzólico Vermelho Amarelo orto			
P-1016			
A1	1,72	Ap	0,56
IIB22	0,22	B22	0,10
IIC2	0,12	IIB3	0
		IIC1	0
IV - Solos derivados do Arenito Bauru			
Podzolizados de Lins e Marília var. Lins			
P-993			
Ap	1,35	A1	0,47
B22	0,13	B22	<0,05
T6	0,22	T2	0,17
Podzolizados de Lins e Marília var. Marília			
P-1085			
Ap	1,31	A11	0,43
B21	0,34	A23	0,30
T3	0,18	B22	0
V - Solos derivados de sedimentos modernos arenosos			
Latosolo Vermelho Amarelo fase arenosa			
P-1104			
A1	0,10	A1	0,19
B22	0,07	B22	0,12
T2	0,07	T2	0,10
Latosolo Vermelho Escuro fase arenosa			
P-1113			
Ap	0,33	A1	0,16
B22	<0,05	B22	0,13
T2	<0,05	T2	0,12
Regossolo			
P-1096			
Ap	0,15	A11	0,33
A14	<0,05	C3	<0,05
C3	<0,05	T1	<0,05

sol da Bahia obtiveram valores bem maiores do que os determinados nos solos de São Paulo.

4.3.1 - Distribuição nas unidades de solos

Os solos derivados de rochas básicas são dos que apresentam os teores mais elevados e os derivados de sedimentos modernos arenosos os que apresentam os teores mais baixos, o que já acontecera com o zinco total e o zinco solúvel em HCl 0,1N.

4.3.2 - Distribuição nos perfis

Os resultados do quadro 11 mostram que há um decréscimo sensível do teor de zinco solúvel em Na_2 -EDTA 1% com a profundidade, fato já observado por ALSTON & MCCOAGHY (1965) em solos da Irlanda do Norte.

4.3.3 - Relações com a matéria orgânica, zinco total e zinco solúvel em HCl 0,1N

Foi determinada a correlação entre os teores de zinco solúvel em Na_2 -EDTA 1% e os de matéria orgânica. O coeficiente de correlação obtido foi $r = 0,29^*$, coeficiente este relativamente baixo. SANTANA (1971), em solos da Bahia, determinou coeficientes compreendidos entre 0,5 e 0,9.

O coeficiente de correlação entre os teores de zinco solúvel em Na_2 -EDTA 1% e os de zinco total foi de 0,52**. SANTANA (1971), em solos da Bahia, determinou entre as duas grandezas coeficientes de correlação muito variados, compreendidos entre 0,028 e 0,885.

Quadro 12 - Teores de zinco trocável em amostras superficiais de perfis das principais unidades de solos de São Paulo.

Horizonte	Zn ppm	Horizonte	Zn ppm
I - Solos derivados de rochas básicas			
Litossolo fase substrato basáltico			
A	P-1059 0,40	A	T-5686 0,50
Terra Roxa Estruturada			
A11	P-1103 0,52	Ap	P-1114 0,52
Latossolo Roxo eutrófico			
A1	P-1099 0,18	A1	P-1118 0,21
Latossolo Roxo distrófico			
Ap	P-1057 0,22	A1	P-1065 0,20
II - Solos derivados de materiais aluviais e colúviais			
Hidromórfico			
Ap	P-1061 0,35	A1	P-1062 0,29
III - Solos derivados de sedimentos modernos			
Latossolo Vermelho Escuro orto			
A1	P-1090 0,23	A1	P-1115 0,20
Latossolo Vermelho Amarelo orto			
A11	P-1031 0,37	A11	P-1117 0,20
Latossolo Vermelho Amarelo Húmico			
Ap	P-1063 0,12	A11	P-1097 0,05
Podzólico Vermelho Amarelo orto			
A1	P-1016 0,35	Ap	P-1064 0,22
IV - Solos derivados do arenito Bauru			
Podzolizados de Lins e Marília var. Lins			
Ap	P-993 0,40	A1	P-1120 0,24
Podzolizados de Lins e Marília var. Marília			
Ap	P-1085 0,31	A11	P-1089 0,31
V - Solos derivados de sedimentos modernos arenosos			
Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa			
A1	P-1104 0,10	A1	P-1116 0,09
Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa			
Ap	P-1113 0,10	A1	P-1119 0,09
Regossolo			
Ap	P-1096 0,13	A11	P-1111 0,13

O coeficiente de correlação entre os teores de zinco solúvel em $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1% e os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N foi $r = 0,97^{**}$, mostrando que realmente pode ser estabelecida uma correspondência entre estas duas grandezas. TUCKER & KURTZ (1955) em solos dos Estados Unidos, obtiveram o coeficiente de correlação $r = 0,915^{**}$, resultado muito semelhante ao obtido neste trabalho.

4.4 - Zinco trocável

O zinco trocável foi apenas determinado nos horizontes superficiais, por ser praticamente indetetável nos horizontes inferiores. Os resultados obtidos constam do quadro 12 e estão compreendidos entre traços e 0,52 ppm, representando uma fração muito pequena do zinco total, fato já observado por WHITE (1957) em solos do Tennessee.

Em solos de outros países, HIBBARD (1940a) e TUCKER & KURTZ (1955) em solos dos Estados Unidos determinaram teores compreendidos entre 0 e 1,40 ppm, sendo que estes últimos autores não conseguiram detetar zinco trocável em 9 das 14 amostras por eles estudadas. Estes resultados são semelhantes aos dos solos de São Paulo. WHITE (1957) extraiu o zinco trocável de 14 amostras compostas de solos do Tennessee, coletadas a 60 cm de profundidade, muito ricos em zinco total, com uma solução de NH_4Cl 5N pH8. Os teores de zinco total e trocável determinados estavam compreendidos entre 123 e 1015 ppm e 0,9 e 11,5 ppm respectivamente.

BANDIOPADHYA & ADHIKARI (1968), em solos aluviais de Bengala Ocidental determinaram teores compreendidos entre 0,5 e

6,2 ppm.

SANTANA (1971) em solos da Bahia, determinou teores inferiores a 0,8 ppm em amostras de horizontes superficiais.

De um modo geral pode dizer-se que os teores de zinco trocável dos solos de São Paulo são baixos, mas estão dentro dos limites que seriam de esperar tendo em conta que o zinco é um microelemento e os resultados obtidos por outros autores em solos semelhantes.

4.4.1 - Distribuição nas unidades

Os solos derivados de rochas básicas são os que apresentam os teores mais elevados e, os derivados de sedimentos modernos arenosos os mais baixos, embora as diferenças entre as diversas unidades sejam pequenas, se comparadas com as dos teores de zinco total, zinco solúvel em HCl 0,1N e zinco solúvel em Na₂-EDTA 1%.

4.4.2 - Relações com a matéria orgânica, zinco total, zinco solúvel em HCl 0,1N e zinco solúvel em Na₂-EDTA 1%

Foram determinados os coeficientes de correlação entre os teores de zinco trocável e os de matéria orgânica, obtendo-se $r = 0,30^*$; o coeficiente de correlação entre os teores de zinco trocável e os de zinco total foi $r = 0,68^{**}$; o coeficiente de correlação entre os teores de zinco trocável e os de zinco solúvel em HCl 0,1N foi $r = 0,62^{**}$ e entre os teores de zinco trocável e os de zinco solúvel em Na₂-EDTA 1% foi $r = 0,66^{**}$.

BANDIOPADHYA & ADHIKARI (1968) em solos aluviais de Bengala Ocidental determinarem o coeficiente de correlação $r = 0,66^{**}$ entre os teores de zinco trocável e os de zinco total e $r = 0,68^{**}$ entre os teores de zinco trocável e os de matéria orgânica.

As correlações obtidas entre os teores de zinco trocável e os de zinco total, zinco solúvel em HCl 0,1N e zinco solúvel em $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%, mostram que o zinco total é o fator mais importante a determinar o teor de zinco trocável dos solos, $r = 0,68^{**}$. Este valor é semelhante ao obtido por BANDIOPADHYA & ADHIKARI (1968) em solos aluviais de Bengala Ocidental, $r = 0,66^{**}$.

5 - CONCLUSÕES

- 1 - Os teores de zinco total dos solos são primordialmente condicionados pelos teores de zinco dos materiais originais. Os solos derivados de rochas básicas apresentam o teor médio de 187 ppm, sendo os mais ricos em zinco e, os derivados de sedimentos modernos arenosos, com o teor médio de 9 ppm são os mais pobres.
- 2 - Em solos derivados de rochas básicas de uma mesma região geográfica, os teores de zinco variam em função da pedogênese. Na região de Ribeirão Preto, solos derivados de rochas básicas, apresentam diferentes teores médios de zinco, em função da sua gênese; 260,8 ppm no Litossolo fase substrato basáltico, 206,5 ppm no Latossolo Roxo eutrófico, 196,4 ppm na Terra Roxa Estruturada e 87,2 ppm no Latossolo Roxo distrófico.
- 3 - A Terra Roxa Estruturada apresenta um sensível decréscimo, do teor de zinco total, com a profundidade; os Podzolizados de Lins e Marília, var. Marília e Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa, apresentam um acréscimo não havendo para as outras unidades, uma tendência marcada para a distribuição do zinco total.
- 4 - O teor em óxidos de ferro dos solos é a característica que melhor se correlaciona com os teores de zinco total, $r = 0,79^{**}$.
- 5 - Os teores de zinco, solúvel em HCl 0,1N, são infe-

- riores a 9,5 ppm, apresentando correlação significativa $r = 0,54^{**}$ com os teores de zinco total.
- 6 - Os teores de zinco, solúvel em HCl 0,1N, decrescem acentuadamente com a profundidade, podendo este decréscimo ser parcialmente atribuído ao decréscimo da matéria orgânica. Foi determinado o coeficiente de correlação $r = 0,77^{**}$ entre os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N e os de matéria orgânica.
 - 7 - Os teores de zinco, solúvel em $\text{Na}_2\text{-EDTA}$ 1%, são inferiores a 8,5 ppm, decrescem acentuadamente com a profundidade e apresentam correlação significativa, $r = 0,97^{**}$, com os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N.
 - 8 - Os teores de zinco trocável dos horizontes superficiais são baixos, inferiores a 0,52 ppm. As diferenças entre os vários solos estudados não são muito acentuadas. Apresentam correlação significativa, $r = 0,68^{**}$, com os teores de zinco total.

6 - RESUMO

Determinaram-se, por espectrofotometria de absorção atômica, teores de zinco total (ataque HF-HClO₄), solúvel em HCl 0,1N, solúvel em Na₂-EDTA 1% e zinco trocável em amostras de 28 perfis de 14 das principais unidades de solos de São Paulo.

Os teores médios de zinco total dos solos derivados de rochas básicas, Litossolo fase substrato basáltico, Terra Roxa Estruturada e Latossolo Roxo estão compreendidos entre 263 e 133 ppm, com valor médio de 187 ppm; os dos derivados de materiais aluviais e coluviais, Hidromórficos, estão compreendidos entre 92 e 65 ppm, com valor médio de 79 ppm; os dos derivados de sedimentos modernos, Latossolo Vermelho Escuro orto, Latossolo Vermelho Amarelo orto, Latossolo Vermelho Amarelo Húmico e Podzólico Vermelho Amarelo orto, estão compreendidos entre 59 e 32 ppm, com valor médio de 44 ppm; os dos derivados do arenito Bauru, Podzolizados de Lins e Marília, estão compreendidos entre 25 e 22 ppm com valor médio de 24 ppm e os dos derivados de sedimentos modernos arenosos, Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa, Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa e Regossolo, estão compreendidos entre 11 e 4 ppm, com valor médio de 9 ppm.

Das unidades de solos estudadas, a Terra Roxa Estruturada apresenta uma diminuição sensível do teor de zinco total com a profundidade; os Podzolizados de Lins e Marília, var. Marília e Latossolo Vermelho Escuro fase arenosa apresentam um aumento não havendo para as outras unidades uma tendência marcada na distribuição do zinco ao longo do perfil.

Observou-se boa correlação entre os teores de zinco total e os de óxidos de ferro dos solos, $r = 0,79^{**}$.

Os teores de zinco solúvel em HCl 0,1N e solúvel em Na₂-EDTA 1%, decrescem abruptamente do horizonte superficial para os inferiores e estão compreendidos entre traços e 9,5 ppm e traços e 8,5 ppm respectivamente. O coeficiente de correlação entre os teores de zinco, solúvel em HCl 0,1N e solúvel em Na₂-EDTA 1% foi $r = 0,97^{**}$. Os teores de zinco solúvel em Na₂-EDTA 1% são geralmente inferiores aos teores de zinco solúvel em HCl 0,1N. Os solos derivados de rochas básicas são os mais ricos em zinco solúvel em HCl 0,1N e solúvel em Na₂-EDTA 1% e os derivados de sedimentos modernos arenosos os mais pobres.

O zinco trocável determinado apenas nos horizontes superficiais, está compreendido entre 0 e 0,52 ppm, observando-se os valores mais elevados nos solos derivados de rochas básicas.

7 - SUMMARY

Determinations of total zinc, extracted with HF-HClO₄, 0,1N HCl extractable zinc, 1% Na₂-EDTA extractable zinc and exchangeable zinc, extracted with 1N pH 7 NH₄-OAc, were made in samples of 28 profiles of 14 soil units of the State of São Paulo, using the atomic absorption spectrophotometry.

The amount of zinc found in the different soils was mainly determined by the zinc content of the soil forming material. So the average amounts were: 187 ppm in soils from basic igneous rocks; 79 ppm in soils from colluvial and alluvial materials; 44 ppm in soils from modern sediments; 24 ppm in soils from Bauru sandstone and 9 ppm in soils from sandy modern sediments.

A significant correlation, $r = 0,79^{**}$, was determined between the Fe₂O₃ and the total zinc contents in the studied samples.

The 0,1N HCl and the 1% Na₂-EDTA extractable soil zinc decreased sharply from the top horizon to the lower ones. The 0,1 N HCl extractable zinc varied from 0 to 9,5 ppm and the 1% Na₂-EDTA extractable zinc varied from 0 to 8,5 ppm. The soils derived from basic igneous rocks were the richest in soluble zinc and those developed from sandy modern sediments were the poorest.

The exchangeable zinc varied from 0 to 0,52 ppm, in the top horizons of the 28 soil profiles. The highest contents were found in the soils derived from basic igneous rocks.

8 - LITERATURA CITADA

- ALLAN, J.E. 1961 - The determination of zinc in agricultural materials by atomic absorption spectroscopy. *Analyst* 86:530-534.
- ALSTON, A.M. & MCCONAGHY, S. 1965 - The EDTA-extractable copper and zinc contents of soils in Northern Ireland. *Res. agric. Res. Minist. Agric. nth. Ire.* 14:49-59. [Original não consultado, citado em "Bibliography on availability of copper and zinc in soils (1966-1962)" 1090:5. Harpenden, C.B.S., 1966]
- ARZOLLA, J.D.P., HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. 1962 - Estudos sobre alimentação mineral do cafeeiro. VII-Estudo de absorção e de translocação do radiozinco no cafeeiro. *Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz"* 19:35-52.
- APOSTALAKIS, C. & DOUKA, C.E. 1970 - Distribution of macro and micronutrients in soil profiles developed on lithosequences and under biosequences in Northern Greece. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34:290-296.
- ATLAVINA, S.A. 1965 - Some regularities in the distribution of zinc, copper and manganese in meadow irrigated of the middle reaches of the Amu-Dar. *Izv. Akad. Nauk. turkmen. SSR Ser. biol. Nauk.* 5:53-59. [Original não consultado, citado em *Soils & Fert.* 30:227, 1967]
- BACHLER, W. 1969 - The effect of calcium and magnesium on the determination of some trace elements in EDTA extracts of soils by atomic absorption spectrochemistry. *Bodenkultur* 20:17-22. [Original não consultado, citado em *Soils & Fert.* 32:336, 1969]

- BANDYOPADHYA, A.K. & ADHIKARI, M. 1968 - Trace element relationships in rice soils. I-Alluvial soils of West Bengal. Soil Sci. 105:244-247.
- BARROWS, H.L. & DROSDOFF, M. 1960 - A rapid polarographic method for determining extractable zinc in mineral soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24:169-171.
- BARTEL, E.E. & PIENAAR, W.J. 1964 - An anion exchange polarographic method for the determination of zinc in plant material and in soil. S. afr. J. agric. Sci. 7:497-507.
- BENES, S. 1964 - Distribution and migration of trace elements in rocks and soils of the Flysch Zone Beskydy mountains. Sb. vys. Sk. zemed. Praze 1963, 73-80. |Original não consultado citado em Soils & Fert. 30:345, 1967|
- BERGH, H. 1947 - Plant available zinc in soil. A comparison between chemically determined plant available zinc and the amount of zinc found in plant tissues in growth experiments. Kgl. Norske Videnskab, Selskab, Forh. 20:41-44. |Original não consultado, citado em Chem. Abs. 42:6976, 1948|
- BOGGS, H. & ALBEN, A.O. 1936 - Determination of zinc in soils. Ind. Engen. Chem. Anal. Ed. 8:97-99.
- BRADFORD, G.R., ARKLEY, R.J., PRATT, F.P. & BAIR, F.L. 1967 - Total content of nine mineral elements in fifty selected Bench mark soil profiles of California. Hilgardia 38:541-556.
- , PRATT, F. P., BAIR, F.L. & GOLDEN, B. 1965 - Separation and determination of total Al, Mg, Ni, Mn, Co, Cu, Fe, Mo and Zn in soils. Soil Sci. 100:309-318.

- BROWN, A.L. & KRANTZ, B.A. 1960 - Zinc deficiency diagnosis through soil analysis. Calif. Agric. 14(6):8-9.
- , QUICK, J. & EDDINGS, J.L. 1971 - A comparison of analytical methods for soil zinc. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35:105-107.
- CATANI, R.A. & PAIVA NETO, J.E. 1949 - Dosagem do potássio e sódio pelo fotômetro de chama - sua aplicação em análise de solo Bragantia 9:175-183.
- COMISSÃO DE SOLOS 1960 - Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, SNPA, 634 p. (Boletim 12)
- CONNOR, J., SHIMP, N.F. & TEDROW, J.C.F. 1957 - A spectrographic study of the distribution of the trace elements in some podzolic soils. Soil Sci. 83:65-73.
- COUTINHO, A.A.P.S. 1968 - Ferro, manganês e zinco no aluviossolo calcário da Campina de Faro e em laranjeiras. Rel. Final do Curso de Eng^o Agr^o, I.S.A. Lisboa, 293 p.
- DARTIGUES, A. 1966 - Application d'une technique simple pour le dosage du zinc dans les sols et les vegetaux. Annls. Agron. 17:75-89.
- DELECOUR, F. 1968 - Distribution of Cu, Zn and Mo in forest soils of the Belgium Ardennes. I-Total content. Pédologie, Gand, 18:43-62. |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 32:239, 1969|
- DUBIKOVSKII, G.P. & ANOSHKO, V.S. 1970 - Distribution of zinc in soils of White Russia. Pochvovedenie 12:40-45. |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 34:236, 1971|

- ELWELL, W.T. & GIDLEY, J.A.F. 1967 - Atomic absorption spectrophotometry. Oxford, Pergamon. 138 p.
- EQUIPE DE PEDOLOGIA E FERTILIDADE DE SOLOS & DIVISÃO DE AGROLOGIA 1972 - I-Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. II-Interpretação para o uso agrícola dos solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro, ETE-MA, 670 p. (Boletim 15)
- FRANCO, C.M. & MENDES, H.C. 1954 - Deficiência de zinco em café. Bol. Sup. dos Serv. Café, 29(334):34-39.
- GALLO, J.R. 1968 - A determinação do zinco pelo método espectrofotométrico do zincon. Campinas, 73 fls. (Tese de doutoramento, E.S.A. "Luiz de Queiroz")
- , HIROCE, R., & ALVAREZ, R. 1968 - Levantamento do estado nutricional de canaviais de São Paulo pela análise foliar. Bragantia 27:365-382.
- , -----, BATAGLIA, O.C. & MORAIS, F.R.P. 1970 - Levantamento de cafezais do Estado de São Paulo pela análise química foliar. II-Solos Podzolizados de Lins e Marília, Latossolo Roxo e Podzólico Vermelho Amarelo orto. Bragantia 29:237-248.
- , -----, COELHO, F.A.S. & TOLEDO, S.V. 1967 - Levantamento do estado nutricional dos cafezais de São Paulo, pela análise foliar. I-Solo massapê-salmourão. Bragantia 26:103-117.
- GIDLEY, J.A. & JONES, J.T. 1960 - The determination of zinc in metallurgical materials by atomic absorption spectrophotometry. Analyst 85:249-256.
- GOLDSCHMIDT, V.M. 1958 - Geochemistry. Oxford, Clarendon. 730p.

- GREWAL, J.S., RANDHAWWA, N.S. & BHUMBLA, D.R. 1968 - Correlation of soil test with response to the application of zinc to wheat J. Indian Soc. Soil Sci. 16:97-102. |Original não consultado, citado em "Bibliography on determination of zinc and zinc availability in soils (1969-1956)" 1340:2 Harpenden, C.B.S. , 1969|
- HENRIKSEN, A. 1969 - Comparative colorimetric and atomic absorp-tiometric zinc determinations in soils. Tidsskr. Plavl. 73:57-60 |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 32:436,1969|
- HERVIEU, J. & NALOVIC, Lj. 1965 - Dosage des éléments cobalt, nickel, cuivre et zinc et leur distribution dans quelques ty-pes de sols de Madagascar. Cah. ORSTOM, ser. Ped. 3:237-267.
- HIBBARD, P.L. 1937 - A dithizone method for measurement of small amounts of zinc. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 9:127-131.
- 1940a - The chemical status of the zinc in the soil with methods of analysis. Hilgardia 13:1-29.
- 1940b - A soil zinc survey in California. Soil Sci. 49:63-73.
- 1940c - Accumulation of zinc on soil under long persistent vegetation. Soil Sci. 50:53-55.
- 1943 - Comparative amounts of zinc extracted from soils by chemical solvents and by plants. Soil Sci. 56:433-442.
- HODGSON, J.F. 1963 - Chemistry of the micro nutrient elements in soils. Adv. Agron. 15:119-159.
- HOLMES, R.S. 1943 - Copper and zinc contents of certain United States soils. Soil Sci. 56:359-370.
- 1945 - Determination of total copper, zinc, cobalt and lead in soils and soil solutions. Soil Sci. 59:77-84.

- IGUE, K. & GALLO, J.R. 1960 - Deficiência de zinco em milho no Estado de São Paulo. São Paulo, IBEC Research Institut. 16p. (Boletim 20)
- JACINTHO, A.O., CATANI, R.A. & PIZZINATTO, A. 1971 - Extração e determinação do teor de zinco solúvel do solo. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz" 28 (No prelo).
- JACKSON, M.L. 1958 - Soil chemical analysis. London, Constable 498 p.
- JENSEN, H.L. & LAMM, C.G. 1961 - On the zinc content of Danish soils. Acta Agric. Scand. 11:63-81.
- JOUIS, E. & LECACHEUX, M.T. 1964 - Une méthode de routine pour le dosage du zinc dans les sols. Application aux sols de Haute Normandie. Anns. Agron. 15:499-510.
- KANEHIRO, Y. & SHERMAN, G.D. 1967 - Distribution of total and O,1N hydrochloric acid-extractable zinc in Hawaiian soil profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31:394-399.
- KHOKLOVA, T.I. 1967 - Content and distribution of trace elements of the Kuznets wooded steppe. Pochvovedenie 1:59-65 [Original não consultado, citado em Soils & Fert. 30:226, 1967]
- KRUGLOVA, E.K. 1964 - Zinc and its forms in virgin and long irrigated soils of Hungary steppe and in cotton. Pochvovedenie 7:75-79. [Original não consultado, citado em "Bibliography on availability of copper and zinc in soils (1966-1962)" 1090:13. Harpenden, C.B.S., 1966]
- KUBOTA, J. & LAZAR, V.A. 1971 - X-ray emission spectrograph techniques and uses for plant and soil studies. In: Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue. L.M. Walsh ed. Madison, Soil Sci. Soc. Amer. Inc., p.67-82.

- LE RICHE, H.H. & WEIR, A.H. 1963 - A method of studying trace elements in soil fractions. *J. Soil Sci.* 14:225-236.
- LINDSAY, W.L. & NORVELL, W.A. 1969 - Development of DTPA micro-nutrient soil test. *Agron. Abstr.* p. 85.
- LOTT, W.L., MCCLUNG, A.C., VITA, R. & GALLO, J.R. 1961 - Levantamento de cafezais em São Paulo e Paraná pela análise foliar. São Paulo, Instituto de Pesquisas IRI, 69 p. (Boletim 26)
- MARINHO, M.L. & IGUE, K. 1971 - Influência do fósforo e sesquióxidos livres na absorção de ^{65}Zn por milho em solos tropicais. Apresentado no 13º Congr. Bras. Ciência do Solo. Vitória.
- MCKENZIE, R.M. 1966 - The relation of laboratory analysis for copper, zinc and molybdenum in some Victorian soils to the results of field trials. *Aust. J. exp. Agric. Anim. Husb.* 6:170-174. [Original não consultado, citado em "Bibliography on determination of zinc and zinc availability in soils (1969-1956)" 1340:6. Harpenden, C.B.S., 1969]
- MEDINA, H.P. & GROHMANN, F. 1962 - Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. *Anais 5º Congr. Bras. Ciência do solo*, Salvador, 1957.
- MENZEL, R.G. & JACKSON, M.L. 1951 - Determination of copper and zinc in soils and plants. *Anal. Chem.* 23:1861-1863.
- MITCHELL, R.L. 1964 - The spectrochemical analysis of soils, plants and related materials. Farnham Royal, C.A.B. 225p. (Tech. Commun. 44a)
- NAIR, G.G.K. & METHA, B.V. 1959 - Status of zinc in soils of Western India. *Soil Sci.* 87:155-160.

- NAIR, K.P.P. & COTTENIE, A. 1971a - Parent material-soil relationship in trace elements - a quantitative estimation. Geoderma 5:81-97.
- & ----- 1971b - A statistical evaluation of the interrelationships between particle size fractions, free iron oxides and trace elements. J.Soil Sci. 22:203-209.
- NELSON, J.L., BOAWN, L.C. & VIETS, F.G. 1959 - A method of assessing zinc status of soils using acid extractable zinc and titrable alkalinity values. Soil Sci. 88:275-283.
- NIKITIN, B.A. 1966 - Content of trace elements in cultivated Chernopodzolic soils. Agrokhimiya 12:89-93. |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 30:227, 1967|
- OERTEL, A.C. 1961 - Relation between trace elements concentration in soils and parent material. J. Soil Sci. 12:119-128.
- PIOTROWSKA, M. 1967 - The distribution of trace elements in some sandomierz-Opatow upland loess soils. Pam. Pulawski. 30:83-98 |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 32:427, 1969|
- PIPER, C.S. 1950 - Soil and plant analysis. New York, Interscience. 368 p.
- POWERS, W.L. & PANG, T.S. 1947 - Status of zinc in relation to Oregon soil fertility. Soil Sci. 64:29-36.
- PRASAD, K.G. & SINHA, H. 1969 - Zinc status of Bihar soils. J. Indian Soc. Soil Sci. 17:267-274. |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 33:563, 1970|
- PRATT, P.F. & BRADFORD, G.R. 1958 - Separation and determination of total Cu and Zn in soils. Soil Sci Soc. Amer Proc. 22:399-402.

- PRINCE, A.L. 1964 - Methods in soil analysis. In: Chemistry of the soil. F.E. Bear ed. New York, Reinhold, p.328-362.
- RANDHAWA, N.S. & KANWAR, J.S. 1964 - Zinc, copper and cobalt status of Punjab soils. Soil Sci. 98:403-407.
- RANKAMA, K. & SAHAMA, Th.G. 1968 - Geochemistry. Chicago, The University of Chicago Press, 912 p.
- RODINA, E.M. 1965 - Content and distribution of zinc in Chestnut soils of Stavropol region. Trudy stavropol sel'-khoz. Inst. 14:65-67. [Original não consultado, citado em Soils & Fert. 30:224, 1967]
- RODRIGUEZ, O & GALLO, J.R. 1961 - Levantamento do estado nutricional de pomares cítricos de São Paulo pela análise foliar. Bragantia 20:1183-1202.
- RUEGG, N.R. & BERENHOLC, M. 1971 - Distribuição de alguns elementos traços em rochas basálticas da bacia do Paraná, América do Sul. 1º Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Econômica, Madrid-Lisboa, Anais Seção C - Geofísica, Geoquímica e Geologia submarinas: 389-397.
- RUSH, R.M. & YOE, J.H. 1954 - Colorimetric determination of zinc and copper with 2-carboxy-2'-hydroxy-5'-sulfoformazylbenzene. Anal. Chem. 26:1345-1347.
- SANDELL, E.B. 1959 - Colorimetric determination of trace of metals. vol.III 3rd ed. New York, Interscience, 1032 p.
- SANTANA, C.J.L. 1971 - Formas totales y disponibles de cinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en suelos de la region cacaotera de Bahia, Brasil. Turrialba 112 fls. (Tesis de Grado de Magister Scientia. I.I.C.A.)

- SHAW, E. & DEAN, L.A. 1952 - use of dithizone as an extractant to estimate the zinc nutrient status of soils.
Soil Sci. 73:341-347.
- SHIBUYA, M. 1964 - Neutron-activation analysis of inorganic minor elements in plants and soils. Radioisotopes, Tokyo, 13:39-45. |Original não consultado, citado em "Bibliography on determination of zinc in soil (1966-1953)" 1077:5. Harpenden, C.B.S., 1966.
- SHIMP, N.F., CONNOR, J., PRINCE, A.L. & BEAR, F.E. 1957 - Spectrochemical analysis of soils and biological materials.
Soil Sci. 83:51-64.
- SHUKLA, U.C. 1971 - Organic matter and zinc availability in soils. Geoderma 6:309-314.
- SIX, L. 1970 - Investigation on Zn contents in profiles of alluvia of the Rába river. Agro kém. Talajt. 19:311-322. |Original não consultado, citado em Soils & Fert. 34:482, 1971|
- SLAVIN, W. 1968 - Atomic absorption spectroscopy. New York, Interscience, 307 p.
- SORENSEN, R.C., OELSLIGLE, D.D. & KNUDSEN, D. 1971 - Extraction of Zn, Fe and Mn from soils with 0,1N hydrochloric acid as affected by soil properties, solution:soil ratio and length of extraction period. Soil Sci. 111:352-359.
- STANCHEV, L., GYUROV, G., MASHEV, N. et alii. 1962 - Zinc as a trace element in the principal types and sub-types of Bulgarian soils. Izv. tsentral. nauchizsled. Inst. Pochvozn. Agrotekh. "Pishkarov" 4:133-144. |Original não consultado, citado em "Bibliography on availability of copper and zinc in soils (1966-1962)" 1090:23. Harpenden, C.B.S., 1966|

- STANTON, D.A. & BURGER, R. du T. 1967 - A rapid polarographic method for the determination of zinc in soil extracts and plant ashes solutions. *Geoderma* 1:7-11.
- & ----- 1966a - Studies on zinc in selected Orange Free State soils. 1-An assessment of the zinc status of selected surface soils. *S. afr. J. agric. Sci.* 9:601-616.
- & ----- 1966b - Studies on zinc in selected Orange Free State soils. 2-Distribution of zinc in selected soil profiles and in particle size fractions. *S. afr. J. agric. Sci.* 9:809-821.
- STEWART, J.A. & BERGER, K.C. 1965 - estimation of available zinc using magnesium chloride as extrant. *Soil Sci.* 100:244-250.
- SWAINE, D.J. 1955 - The trace element content of soils. Farnham Royal, C.A.B., 157 p. (Tech. Commun. 48).
- THORNE, D.W. 1957 - Zinc deficiency and its control. *Adv. Agron.* 9:31-65.
- , LAWS, W.D. & WALLACE, A. 1942 - Zinc relationships of some Utah soils. *Soil Sci.* 54:463-468.
- TOLEDO, S.V. 1971 - Efeito da aplicação do sulfato de zinco na produção do cafeeiro cultivado em terra de campo. 11º Congr. Bras. Ciência do Solo, Brasília, 1967. *Anais. Resumos.* p 56-58.
- TUCKER, T.C. & KURTZ, L.T. 1955 - A comparison of several chemical methods with bio-assay procedure for extracting zinc from soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19:477-481.
- VAN RAIJ, B. 1966 - Determinação de cálcio e magnésio pelo EDTA em extratos ácidos de solos. *Bragantia* 25:317-326.

- VETTORI, L. 1969 - Métodos de análise de solo. Equipe Ped. Fert. Solo., Rio de Janeiro, 24 p. (Boletim 7).
- VIETS, F.G., BOAWN, L.C. & CRAWFORD, C.L. 1954 - Zinc contents and deficiency symptoms of 26 crops grown on a zinc deficient soil. Soil Sci. 78:305-316.
- , -----, ----- & NELSON, C.E. 1953 - Zinc deficiency in corn in Central Washington. Agron. J. 45:559-565.
- VINOGRADOV, A.P. 1959 - The geochemistry of rare and dispersed chemical elements in soils. New York, Consultants Bureau Inc., 209 p.
- VIRO, P.J. 1955a - Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis. I-Experimental. Soil Sci. 79:459-465.
- 1955b - Use of ethylenediaminetetraacetic acid in soil analysis. II-Determination of soil fertility. Soil Sci. 80:69-74.
- VULETIC, N. & MIJATOVIC, B. 1967 - The trace element content of mineral hydromorphic soils of Bosnia. Zemlj. Biljka 16:335-342
[Original não consultado, citado em Soils & Fert. 31:12, 1968]
- WAHHAB, A. & BHATTI, H.M. 1956 - Trace element status of some West Pakistan soils. Soil Sci. 86:319-323.
- WEAR, J.I. & SOMMER, A.L. 1947 - 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. 12:143-144.
- WEDEPOHL, K.H. 1969a - A geochemical survey of the distribution of zinc. In: Problems of Geochemistry. N.I. Khitarov ed. Jerusalem, Israel Program for Scientific Translations. p. 217-224.

- WEDEPOHL, K.H. 1969b - Handbook of Geochemistry. II-1.
Heidelberg, Springer-Verlag.
- WHITE, M.L. 1957 - The occurrence of zinc in soils.
Econ. Geol. 52:645-651.
- WOLTZ, S., TOTH, S.J. & BEAR, F.E. 1953 - Zinc status of New
Jersey soils. Soil Sci. 76:115-122.
- WRIGHT, J.R., LEVICK, R. & ATKINSON, H.J. 1955 - Trace element
distribution in virgin profiles representing four great soil
groups. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:340-344.
- YAMADA, Y. 1964 - Determination of trace elements in soils by
radioactivation analysis. Radioisotopes, Tokyo, 13:32-38.
|Original não consultado, citado em "Bibliography on determi-
nation of zinc in soil (1966-1953)" 1077:5. Harpenden, C.B.S.,
1966. |