

FRACIONAMENTO DO MANGANÊS EM SETE SOLOS DO ESTADO DO CEARÁ

C342386

IVALDO ANTONIO DE ARAÚJO

BCT/UFC CATIVO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM AGRONOMIA - ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SOLOS E NUTRIÇÃO DE
PLANTAS, COMO REQUISITO PARCIAL PARA À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

7
631.4
A689f
J994
01.01

FORTALEZA-CEARÁ

1994

UFC/BU/BCT 23/05/1997



R667560 Fracionamento do manganês em
C342386 sete solos
T631.4 A689f

FRACIONAMENTO DO MANGANÊS EM SETE SOLOS DO ESTADO DO CEARÁ

IVALDO ANTONIO DE ARAÚJO

FORTALEZA-CEARÁ

1994

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A689f Araújo, Ivaldo Antonio de.
Fracionamento do manganês em sete solos do estado do Ceará / Ivaldo Antonio de Araújo. – 1994.
98 f.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 1994.
Orientação: Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez.

1. Agronomia. I. Título.

CDD 630

Esta dissertação foi submetida a julgamento como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

.....
IVALDO ANTONIO DE ARAÚJO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 15 / 10 / 88

.....
Prof^o Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, Doutor
Orientador da Dissertação

.....
Prof^o Lindbergue Araújo Crisóstimo, Ph.D.

.....
Prof^a Vera Lúcia Baima Fernandes. M.Sc.

Aos meus pais,

CLODOMIRO e ANTONIA

(in memorium)

Aos meus irmãos,

PAULO, FERNANDO e FÁTIMA

pelo entusiasmo

A minha esposa,

EDNA, pela compreensão e sacrifício

durante estes anos.

Aos meus filhos,

MERYELI , IALLYSSON e JAMYLLÉ; pela

ausência (razão maior de minha vida)

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força, coragem e resignação em ter superado a todos os obstáculos.

À Universidade Federal do Ceará pela oportunidade concedida.

À Secretaria da Agricultura, Irrigação e Abastecimento da Paraíba (SAIA-PB) pela liberação para à realização do Mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo incentivo financeiro.

À Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba S/A (EMEPA-PB), pelo apoio à conclusão deste trabalho.

Ao professor Fernando Felipe Ferreyra Hernandez pelo crédito, apoio e orientação.

Aos professores Lindbergue Araújo Crisóstimo e Vera Lúcia Baima Fernandes, pelas valiosas sugestões e esclarecimentos.

Somos gratos ao professor Ph.D. Normando Vasconcelos Lopes, a Eng^a Agrônoma Francinalva Barroso Cipriano, o Ex-Secretário da Agricultura Humberto Batista do Rêgo, ao Diretor Professor Rui Inácio Soares de Alencar, ao Presidente da EMEPA-PB, Newton Marinho Coelho, M.Sc. Elson Soares dos Santos, Estatístico Helly Melo da Costa, M.Sc. Maria Rute de Sousa e a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos colegas de curso, pela amizade e convivência.

Aos amigos Ricardo Espíndola, Valderez e José Fernandes pela amizade e colaboração nos momentos difíceis.

Aos funcionários do Departamento e FUNCEME pela presteza e servidão, à bolsista do CNPq Fátima Rego pela colaboração, Sayonara e Fátima pela simpatia e presença constante.

À bibliotecária Guaracy e as demais pelo suporte bibliográfico.

Minha gratidão à esposa, filhos e irmã, pelo sacrifício, compreensão e espírito de renúncia, no transcorrer desta dissertação.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| LISTA DE TABELAS | xii |
| RESUMO | xiv |
| ABSTRACT | xvi |
| <u>INTRODUÇÃO</u> | 1 |
| 2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> | 3 |
| 2.1 - <u>Importância do Manganês para as plantas</u> | 3 |
| 2.2 - <u>Geoquímica do Manganês</u> | 4 |
| 2.3 - <u>Manganês no solo</u> | 7 |
| 2.3.1 - Manganês Total | 9 |
| 2.3.2 - Manganês Solúvel | 12 |
| 2.3.3 - Manganês Trocável | 13 |
| 2.3.4 - Manganês Orgânico | 16 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.5 - Óxidos de Manganês | 18 |
| 2.3.6 - Outros Minerais | 20 |
| 2.3.7 - Manganês Disponível | 21 |
| 3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> | 24 |
| 3.1 - <u>Seleção e Coleta dos Solos</u> | 24 |
| 3.2 - <u>Classificação, Localização e Uso Atual dos Solos</u> | 25 |
| 3.3 - <u>Caracterização Química e Física dos Solos</u> | 32 |
| 3.4 - <u>Fracionamento do manganês no Solo</u> | 36 |
| 3.4.1 - Manganês Trocável | 37 |
| 3.4.2 - Manganês Orgânico | 37 |
| 3.4.3 - Óxido de Manganês | 38 |
| 3.4.4 - Manganês ligado ao óxido de Ferro Amorfo | 38 |
| 3.4.5 - Manganês ligado ao óxido de Ferro Cristalino | 39 |
| 3.4.6 - Manganês Residual | 39 |
| 3.5 - <u>Manganês Total</u> | 39 |
| 3.6 - <u>Manganês Disponível</u> | 40 |
| 3.7 - <u>Procedimento Estatísticos</u> | 41 |
| 4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> | 43 |

| | |
|---|----|
| 4.1 - <u>Manganês Total</u> | 43 |
| 4.2 - <u>Manganês Trocável</u> | 52 |
| 4.3 - <u>Manganês no Complexos Orgânico</u> | 54 |
| 4.4 - <u>Óxido de Manganês</u> | 55 |
| 4.5 - <u>Manganês ligado aos óxidos de Ferro Amorfo e Cristalino</u> | 56 |
| 4.6 - <u>Manganês Residual</u> | 58 |
| 4.7 - <u>Manganês Disponível</u> | 59 |
| | |
| 5 - <u>CONCLUSÕES</u> | 63 |
| | |
| 6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> | 65 |
| | |
| 7 - <u>APÊNDICES</u> | 82 |
| | |
| TABELA 1a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e o pH (x) dos solos estudados | 83 |
| | |
| TABELA 2a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entres as formas de fracionamento do Mn (y) e a M.O (x) do solos estudados | 85 |

| | |
|---|----|
| TABELA 3a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e a C.T.C. (x) dos solos estudados | 87 |
| TABELA 4a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e fração Areia (x) dos solos estudados | 89 |
| TABELA 5a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e a fração Silte (x) dos solos estudados | 91 |
| TABELA 6a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e a fração Argila (x) dos solos estudados | 93 |
| TABELA 7a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e o Mn disponível extraído pelo Mehlich-1 (x) dos solos estudados . | 95 |
| TABELA 8a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e o | |

Mn disponível extraído pelo EDTA (x) dos solos estudados 97

TABELA 9a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento do Mn (y) e o

Mn disponível extraído pelo DTPA (x) dos solos estudados 99

LISTA DE TABELAS

| TABELA | Página |
|---|--------|
| 1 - Abundância de elementos micronutrientes na crosta terrestre, em rochas, solos e água do mar | 10 |
| 2 - Classificação, localização e uso atual dos perfis dos solos estudados | 26 |
| 3 - Características químicas dos solos estudados | 33 |
| 4 - Características físicas dos solos estudados | 35 |
| 5 - Teores das diversas formas de manganês determinadas em sete perfis de solos do Estado do Ceará | 44 |
| 6 - Distribuição percentual das diversas formas de manganês determinadas em sete perfis de solos do Estado do Ceará | 45 |
| 7 - Teores médios das diversas formas de manganês, em sete perfis de solos do Estado do Ceará | 46 |
| 8 - Amplitude de variação e teores médios de manganês total nos perfis de solos, ordenados segundo o material de origem | 47 |
| 9 - Teores de manganês Total e Disponíveis em sete perfis de solos do Estado do Ceará | 48 |
| 10 - Coeficientes de correlação simples (r) entre as frações de manganês, Mn- | |

| | |
|--|----|
| disponível e algumas propriedades do solo..... | 49 |
| 11 - Coeficientes de correlação simples (r) entre as frações do manganês disponível | 50 |

RESUMO

Em sete perfis de solos do Estado do Ceará foi efetuado o fracionamento do manganês, utilizando-se a técnica seqüencial e determinado o Mn disponível obtido por três extratores. Os solos foram classificados como: Areia Quartzosa distrófica-AQd; Aluvial Eutrófico-Ae; Bruno Não Cálcico-NC; Cambissolo Eutrófico latossólico-Ce; Latossolo Vermelho Amarelo distrófico-LV; Podzólico Vermelho Amarelo-PV e Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico-PE. As frações determinadas foram : manganês total, manganês trocável, manganês ligado ao complexo orgânico, óxido de manganês, manganês ligado ao óxido de ferro amorfo, manganês ligado ao óxido de ferro cristalino, manganês residual e manganês disponível extraído pelos extratores de Mehlich-1, EDTA e DTPA. Os teores de manganês total variaram de 24,9 a 1.041,6 mg/kg com média de 285,7 mg/kg, e foi condicionado pelo material de origem. Foi verificada uma tendência de diminuição do conteúdo de manganês total com a profundidade, nos perfis Ce, LV, PV e PE, enquanto nos perfis AQd, Ae e NC, verificou-se um aumento do conteúdo com a profundidade. Considerando os teores médios de manganês total nos perfis, os solos apresentaram a seguinte ordem decrescente: Ce > NC > Ae > PV > PE > LV > AQd. Os menores teores de manganês total apresentados correspondem aos solos derivados de sedimentos areno quartzosos do Grupo Barreiras e, os maiores, aos derivados de

arenito calcífero da Formação Jandaíra e sedimentos aluviais do Terciário. No entanto, os derivados de arenito da Formação Serra Grande, saprolito de gnaisses e os sedimentos siltosos/argilosos do Grupo Barreiras, ocuparam posições intermediárias. O manganês trocável e o associado à matéria orgânica, foram as frações que mais contribuíram para o Mn-disponível extraído pelas soluções de Mehlich-1, EDTA e DTPA. Nos solos pesquisados os extratores de Mehlich-1 e DTPA extraíram quantidades similares de Mn-disponível (médias 24,9 e 24,5 mg/kg, respectivamente) e superiores ao EDTA (média 15,2 mg/kg); no entanto, os três resultados foram altamente correlacionados entre si. Dentre todas as formas determinadas, a maior proporção (% do total) foi verificada no manganês residual e a menor, no manganês trocável, segundo a seguinte ordem decrescente: Mn-Res (52,5%) > OxMn (16,4%) > Mn-OxFeA (13,9%) > Mn-Org (9,6%) > Mn-OxFeC (3,9%) > Mn-Tr (3,7%).

ABSTRACT

In seven profiles of soils from Ceará State, Brazil manganese fractioning was carried out, using sequential technique and to determine the available manganese with three extractors. The soils were classified as follows: Areia quartzosa distrófica-AQd, Aluvial Eutrófico-Ae, Bruno Não Cálcico-NC, Cambissolo Eutrófico latossólico-Ce, Latossolo Vermelho Amarelo distrófico-LV, Podzólico Vermelho Amarelo-PV e Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico-PE. The determined fractions were: total manganese, exchangeble manganese, manganese linked to organic complex, manganese oxide, manganese linked to amorphous iron oxide, manganese linked to cristaline iron oxide, residual manganese and available manganese by Mehlich-1, EDTA e DTPA extractors. The total manganese contents varied from 24,9 to 1.041,6 mg/kg, average of 285,7 mg/kg favored by the parental material. A decrease tendency of total manganese content was observed according to the depth, in the Ce, LV, PV and PE profiles, while in the AQd, Ae and NC, a content increase was observed according to the depth. In relation to the total manganese contents, the soils showed a sequence: Ce > NC > Ae > PV > PE > LV > AQd. The lower contents for total manganese in quartz sand sediment originated soils of Barreira group and the higher by the ones originated of calcíferoas arenite of Jandaira formation and aluvial sediments of Tertiary. The ones originated of Serra Grande formation arenite, gnaiss

saprolitic and silt/clay sediments of Barreira group had intermediary position. The exchangeable manganese and that linked to organic matter were the major ones for available manganese extracted by the Mehlich-1, EDTA and DTPA solutions. The Mehlich-1 and DTPA extractors extracted similar content of available Mn (averages of 24,9 and 24,5 mg/kg, respectively) and higher than EDTA (average 15,2 mg/kg) , nevertheless the three results showed a high correlation among each other.

1 - INTRODUÇÃO

Micronutrientes são elementos minerais exigidos pelas culturas em quantidades mínimas, (da ordem de mg/ha a g/ha), e indispensáveis ao seu desenvolvimento, destacando-se entre eles, o Mn, presente nas rochas ígneas e sedimentares. O manganês pode ocorrer no solo nas mais diversas formas: disponível, trocável, complexado pela matéria orgânica e como quelatos, dependendo das condições de acidez e tipo de material originário do solo.

O Mn é o micronutriente mais abundante no solo depois do ferro com o qual assemelha-se tanto em comportamento químico, como em ocorrência geológica. No entanto, o manganês tem maior mobilidade em função da sua natureza mais eletropositiva e maior solubilidade dos seus compostos. Nos solos, o teor é variável ocorrendo, em alguns casos, em proporções tão reduzidas que não suprem as necessidades das plantas. No entanto, diversos solos tropicais, como alguns havaianos, apresentam de 8 a 10% de óxidos de manganês (COLLINGS, 1955). Nos solos brasileiros o Mn-total encontra-se entre 10 a 4000 mg/kg e solúvel em acetato de amônio de 0,1 a 100 mg/kg (MALAVOLTA, 1980).

Nos vegetais as funções bioquímicas do Mn^{2+} assemelham-se as do Mg^{2+} , formando pontes entre o ATP e as enzimas transferidoras de grupos (fosfoquinases e fosfotransferase). No ciclo dos ácidos tricarbóxicos atuam

descarboxilase e desidrogenases ativadas por Mn^{2+} , ocorrendo em alguns casos a sua substituição pelo Mg^{2+} . Todas as plantas têm uma necessidade específica de manganês e sua função aparentemente mais importante está relacionada aos processos de oxidação-redução (DECHEN et al., 1991).

Embora de suma importância como fator limitante da produtividade para as culturas, os micronutrientes têm sido pouco estudados no Brasil, especialmente em solos do Estado do Ceará, onde inexiste informações relativas ao assunto. O presente trabalho tem por objetivos: a) determinar, através de técnica seqüencial, o fracionamento das várias formas em que se encontra o manganês em sete perfis de diferentes classes de solos do Estado do Ceará ; b) correlacioná-los com as formas disponíveis para as plantas.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Importância do Manganês para as Plantas

O manganês é um micronutriente de fundamental importância para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. A essencialidade desse elemento para as plantas foi demonstrada em 1905, pelo pesquisador francês G. Bertrand (EPSTEIN, 1975). O teor de manganês em plantas é da ordem de 10 a 20 mg/kg na matéria seca (DECHEN et al., 1991).

O manganês é relativamente imóvel nas plantas, e, por esta razão, a sua deficiência manifesta-se primeiramente nas folhas novas. Apesar do Mn ser considerado, de maneira geral, de baixa mobilidade no floema da planta, MENGEL & KIRKBY 1982; OHKI et al., 1979, verificaram translocação do Mn dos tecidos mais velhos para os mais novos.

O manganês é absorvido ativamente pela planta como íon Mn^{2+} e na forma de quelato. A absorção de manganês pela planta é diminuída quando aumenta a concentração de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} e Na^+ no meio (MALAVOLTA, 1980). Muitas plantas aquosas podem acumular manganês na forma de $Mn(OH)_4$ (RANKANA e SAHAMA, 1962).

As principais funções atribuídas ao manganês nas plantas são: (a)

doador de elétrons para a clorofila ativada, (b) síntese da clorofila, formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos, esta última, sem explicação até o presente.

2.2 - Geoquímica do manganês

O manganês é um dos micronutrientes catiônicos Mn^{2+} mais abundantes na litosfera depois do ferro, tanto nas rochas, como nos solos; nas rochas o seu conteúdo varia entre 350 a 2000 mg/kg (BORKERT, 1991).

Nas rochas ígneas, devido ao baixo potencial de óxido-redução das fusões naturais dos silicatos, o manganês se acha quase que exclusivamente na forma do íon Mn^{2+} . O íon Mn^{4+} raramente se apresenta na rochas ígneas, sendo no entanto o estado predominante nos sedimentos e rochas sedimentares (HOROWITZ e DANTAS, 1966).

Uma das principais características geoquímicas do manganês é a de ser encontrado oculto em sua maior parte nas estruturas cristalinas dos minerais de outros elementos, principalmente do ferro (HOROWITZ e DANTAS, 1966). Ao comparar os dados analíticos médios das diversas classes de rochas ígneas, DANTAS (1971) e KRAUSKOPF (1972) mostraram que, nestas, o teor de manganês é bastante estável, ocorrendo em maior quantidade, apenas nas rochas ultrabásicas. O caráter litófilo do manganês é muito pronunciado, mas tem uma certa tendência siderófila que se manifesta em seu comportamento nos processos

metalúrgicos (OLIVEIRA, 1980).

Depois do titânio é o elemento menor mais abundante nas rochas ígneas, ocorrendo exclusivamente como íon Mn^{2+} , geralmente associado ao Fe^{2+} , a cuja família pertence e ao qual se assemelha em suas propriedades químicas. Na tabela periódica, o manganês está ao lado do grupo dos triades Fe-Co-Ni, (RANKANA e SAHAMA, 1962).

O Mn é um metal que em seu estado puro é preto e mais duro que o Fe; sua configuração eletrônica, $[Ar] 3d^5 4s^2$, sugere um número de oxidação máxima de +7, apresentando variações no número de oxidação de -3 a +7. O estado mais comum e mais estável é o +2, encontrando-se no estado sólido, em solução e em complexos (LEE, 1980). Na maioria dos minerais ocorre como Mn^{2+} , Mn^{3+} e Mn^{4+} , sendo a forma Mn^{2+} mais comum nos silicatos formadores das rochas. Tem sido demonstrado que o íon Mn^{2+} substitui, em silicatos e óxidos, cátions divalentes como Fe^{2+} e Mg^{2+} (BORKERT, 1991). Apresenta alto poder de reação e todos os tipos de ligações possíveis em química. O Mn é encontrado nas rochas graníticas e rochas pegmatíticas, em algumas gangas ou segregações magmáticas, nas formas de niobatos, tautalatos e tungstatos. Uma parte do nióbio e tungstênio encontra-se ligado ao manganês. Em alguns minerais alumino-silicatos, como as micas, turmalinas e feldspatos, o Mn encontra-se em pequenas concentrações (PAIVA NETTO, 1941b).

Nas rochas ferro-magnesianas a relação Mn/Fe é de 1:60 (BORKERT, 1991); nas rochas ácidas, é de 1:100 e, nas básicas, de 1:30. O Mn existente nas

rochas eruptivas não vai além de 0,23% e o teor médio de todas as rochas é de 0,124% como MnO. O mineral mais rico em Mn encontrado nas rochas eruptivas é o astrofilito, um titanossilicato complexo, contendo até 9% de Mn (PAIVA NETTO, 1941b). Dentre os carbonatos de manganês o mais importante é a rodocrosita (MnCO_3) que dispõe de 61,7% de Mn (RANKANA e SAHAMA, 1954).

A oxidação dos minerais de manganês é mais complexa que a dos minerais de ferro, em função deste ter dois estados de oxidação mais altos que a do íon manganoso. O estado de oxidação +3 é representado pelo mineral manganita (MnOOH) e, o +4, pela pirolusita (MnO_2). Existem inúmeros óxidos minerais mais complexos nos quais estão presentes mais de um estado de oxidação; como exemplo, os autores citam a braunita ($3\text{MnO}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$), a hausmanita (MnO_3O_4) e o psilomelânio (aproximadamente $\text{BaMn}_9\text{O}_{18.2}\text{H}_2\text{O}$). Dentre todos, o mais estável, em exposição prolongada a atmosfera, é a pirolusita (MnO_2) (RANKANA e SAHAMA, 1954).

Segundo PAIVA NETTO (1941a), a posição do Mn na tabela periódica dos elementos químicos dá uma idéia do seu comportamento quanto às reações químicas, físico-químicas e físicas no meio edáfico. Sendo os seus principais compostos os sais oxigenados, de grande facilidade à hidrólise; seus óxidos-hidratados são solubilizados pelos ácidos húmicos transformando-os em humatos. O CO_2 pode ser um fator de grande importância no transporte do manganês, pois o bicarbonato de manganês é solúvel em água. A elevação do conteúdo de CO_2 no solo, aumenta a mobilidade do manganês. Uma parte do Mn^{2+} do solo, está na forma

trocável, substituindo o Ca^{2+} no complexo. Este manganês trocável, que constitui apenas uma parte do Mn^{2+} total do solo, comporta-se como um íon divalente típico, obedecendo as leis que governam o equilíbrio desses íons (KARIN et al., 1960; HOROWITZ e DANTAS, 1966).

2.3 - Manganês no Solo

De uma maneira geral, solos derivados de rochas ígneas básicas apresentam teores mais elevados de quase todos os micronutrientes, enquanto solos formados por sedimentos arenosos apresentam menores teores de micronutrientes (MARINHO, 1988).

Swaine e Mitchell citados por VALADARES (1972), estudando cerca de cem perfis de solos escoceses admitem que o material de origem é o fator determinante do teor de micronutrientes nos solos, tendo os processos pedogênicos pequena interferência na sua distribuição.

O manganês é encontrado no solo pelo menos em duas formas: a) móvel, facilmente disponível e, b) não disponível e imobilizada. A primeira envolve os compostos de Mn^{2+} (carbonatos, bicarbonatos e sulfatos) existentes na solução do solo em pH ácido, até pH 6,0. Em pH 8,0 o manganês precipita na forma de $\text{Mn}(\text{OH})_2$, oxidando-se rapidamente em contato com o ar para Mn^{3+} . Uma oxidação subsequente transforma-o em $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ e, finalmente, em pirolusita (MnO_2) (HOROWITZ e DANTAS, 1966). O manganês tem maior mobilidade que o ferro,

em virtude da sua natureza eletropositiva e a maior solubilidade de seus compostos (RAIJ, 1991).

MALAVOLTA (1980) relatou que esse elemento ocorre nos minerais primários na forma de minerais ferro-magnesianos; nos minerais secundários, como pirolusita (MnO_2) e manganita, ($MnOOH$), nódulos de óxidos de manganês e de ferro, e, na matéria orgânica, como quelatos pouco estáveis.

No solo, o manganês apresenta uma química bastante complexa. O elemento pode existir no solo em três estados de oxidação, e em equilíbrio dinâmico: Mn^{2+} , nas formas trocável e solução do solo, ambas disponíveis as plantas; Mn^{3+} , provavelmente como óxido (Mn_2O_3), muito reativo e insolúvel, podendo ocorrer na forma solúvel desde que devidamente complexada; e Mn^{4+} , como pirolusita (MnO_2), óxido muito estável, insolúvel e não disponível às plantas (DANTAS, 1971; KRAUSKOPF, 1972; FREIRE, 1975; MARINHO, 1988 e MALAVOLTA, 1976).

O manganês no solo pode encontrar-se nas seguintes formas: na estrutura dos minerais, organicamente complexado, trocável e na solução do solo. Estas formas encontram-se em equilíbrio influenciado, principalmente, pelo pH e condições de oxi-redução. O estado do manganês no solo é governado pela umidade, temperatura, pH e matéria orgânica (BORKERT, 1991).

Conforme HOROWITZ e DANTAS (1966), BUCKMAN e BRADY (1967) e MALAVOLTA et al., (1976) a predominância de um estado de oxidação sobre o outro depende das condições atuais do solo, tais como: aeração, teor de matéria orgânica, presença de determinados cátions e ânions, textura,

microorganismos e pH. Dentre estas, o pH e a matéria orgânica são as mais importantes (MULDER & GERRETSEN, 1952; PAVAN & MIYAZAWA, 1984). LUCAS & KNEZEK (1972) referem-se aos solos bem arejados e com pH acima de 6,3 como favoráveis à oxidação do Mn^{2+} .

Segundo MALAVOLTA (1976), as reações químicas energéticas de fungos e bactérias também têm influência na transformação do estado de oxidação do manganês no solo. Assim, a redução do MnO_2 ocorre na presença de *Thiobacillus* enquanto a oxidação do Mn^{2+} ocorre sob a ação de fungos do gênero *Helminthosporium*, *Culvularia*, *Periconia* e *Cephalosporium*.

Dentre os micronutrientes catiônicos, o Fe, Mn e Zn, são caracterizados por uma solubilidade fortemente influenciada pelo pH; incluso neste grupo encontra-se o Cu que tem a sua solubilidade pouco afetada pelo pH. Estes, formam complexos mais ou menos solúveis que regulam, em alto grau, seu comportamento nos solos, FASSBENDER e BORNEMISZA (1987).

2.3.1 - Manganês Total

Os solos apresentam concentrações variadas em função do material de origem, do intemperismo e dos processos de formação dos solos. Os dados da Tabela 1, compilados de HARMSSEN & VLEK (1985), mostram que o teor de manganês é mais abundante nas rochas ígneas basálticas do que nas graníticas. Nas rochas sedimentares, os calcários são os que apresentam maiores concentrações,

Tabela 1. Abundância de elementos micronutrientes na crosta terrestre, em rochas, solos e água do mar.

| Material | Fe | Mn | Zn | Cu | B | Mo | Cl |
|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| | % | mg/kg | | | | | |
| Crosta terrestre | 5,0 | 1.000 | 80 | 70 | 10 | 2,3 | - |
| Rochas ígneas | | | | | | | |
| Granito | 2,7 | 400 | 40 | 10 | 15 | 2 | 70 |
| Basalto | 8,6 | 1.500 | 100 | 100 | 5 | 1 | 200 |
| Rochas sedimentares | | | | | | | |
| Calcário | 0,38 | 1.100 | 20 | 4 | 20 | 0,4 | - |
| Arenito | 0,98 | 10-100 | 16 | 30 | 35 | 0,2 | 10 |
| Argilito | 4,70 | 800 | 95 | 45 | 100 | 2,6 | 180 |
| Solos | 1,0-10,0 | 20-3000 | 10-300 | 2-100 | 2-100 | 0,2-5 | - |
| Água do mar | 2×10^{-3} | 2×10^{-4} | 1×10^{-6} | 5×10^{-4} | 4,4 | 0,01 | 1,9(%) |

Fonte: HARMSEN & VLEK (1985)

seguidos dos argilitos.

O manganês encontra-se amplamente distribuído em todos os tipos de solos. As quantidades totais são normalmente muito superiores às necessidades das plantas. Apesar do teor de manganês total comumente não estar relacionado com a sua disponibilidade para as plantas, a sua determinação serve como indicativo da potencialidade de suprimento pelo solo (MALAVOLTA, 1976).

Nos solos do planeta, os teores de manganês variam de 10 a 9000 mg/kg com as frequências máxima entre 200 e 800 mg/kg (RAIJ,1991). Segundo MALAVOLTA et al., (1991), nas camadas superficiais dos solos a variação dos teores totais de manganês para vários países encontra-se em torno de 243 a 840 mg/kg e, para o Brasil, entre 10 e 2200 mg/kg. BEAR (1969) indica que a quantidade de manganês na camada arável do solo normalmente varia de 225 a 11.200 kg/ha. Segundo VALADARES & CAMARGO (1983), os teores totais de manganês determinados em solos de São Paulo variam de 14 a 2.395 mg/kg, ocorrendo valores mais altos para solos derivados de rochas básicas e, mais baixos, para solos derivados de sedimentos arenosos. FERNANDES (1973) avaliando os teores de manganês total em alguns solos de São Paulo, encontrou valores de 0,315 a 7,988 cmol(+)/kg de solo. SANTANA e IGUE (1971) estudando o Mn-T em oito solos da região cacauzeira da Bahia, enquadrados nas ordens Alfisol, Ultisol, Inceptisol, Vertisol, Oxisol e um solo hidromórfico, obtiveram teores que variaram de 49,9 a 4.082,4 mg/kg, pelo método de Jackson (1958) e, de traços a 2.160 mg/kg, pelo método de Ulrich (1960).

Na análise do manganês total são utilizados, na extração, ácidos fortes como: o ácido sulfúrico 1:1 (EMBRAPA, 1979); o perclórico-fluorídrico (HANNA, 1967; HOROWITZ & ELRICK, 1985) (SINGH et al., 1988) e o ácido clorídrico 6N (FEY & DIXON, 1983). Nos extratos ácidos as determinações são feitas normalmente por espectrofotometria de absorção atômica ou por colorimetria.

2.3.2 - Manganês Solúvel

Segundo BORKERT (1991), o manganês na solução do solo encontra-se em duas formas: no estado iônico (Mn^{2+}) ou combinado com compostos orgânicos solúveis. O manganês forma íons simples e complexos na solução do solo, bem como diversos óxidos de composição variável. Estes óxidos, na sua maioria, são amorfos ocorrendo também em algumas formas cristalinas já identificadas em diversos solos. São os óxidos os principais compostos a manter as reações de equilíbrio entre as fases sólida e líquida e, em função das condições do pH e do potencial redox, mantêm e controlam a atividade das formas iônicas na solução do solo.

DECHEN et al., (1991) relataram que o manganês parece ser facilmente absorvido pelas plantas quando presente na forma solúvel no solo, ocorrendo uma relação direta entre o teor solúvel do elemento no solo e a concentração na planta. Segundo FASSBENDER & ROLDAN (1973), a concentração de Mn na solução do solo é freqüentemente inferior a 5 mg/kg,

existindo, ainda, uma correlação estreita entre as várias formas de manganês e as diferentes propriedades do solo.

MURAOKA (1984) avaliando vários métodos de extração para solos de São Paulo, encontrou para manganês e zinco solúvel em água, obtidos após 30 horas de agitação de 10 g de solo em 50 ml de água, valores de 0,0 a 1,3 e 0,0 a 0,25 mg/kg, respectivamente.

A concentração de micronutrientes solúveis em água no solo é muito baixa. Segundo Morris, citado por COX & KAMPRATH (1972), a concentração do Mn em solos ácidos é da ordem de 0,0 a 6,3 mg/kg. MURAOKA et al., (1983b) constataram que a água apresenta baixa capacidade extratora para o manganês, razão pela qual em muitas pesquisas, não é considerada.

SINGH (1984) estudando seis classes de solos predominantes no trópico úmido da Amazônia brasileira, encontrou valores médios para Mn-solúvel em água que variaram entre 0,00 a 5,85 mg/kg, correspondendo o menor valor médio ao solo Aluvial e, o maior, à Terra Roxa Estruturada.

2.3.3 - Manganês Trocável

O manganês trocável está ligado às cargas eletronegativas dos colóides minerais e orgânicos do solo (sítios de troca de cátions), onde o íon divalente (Mn^{2+}) é predominante. O processo só ocorre se a adsorção do íon for acompanhada de dessorção de outro íon em quantidade equivalente, isto é, estequiométrica, não

havendo com isso alteração de cargas da superfície da fase sólida do solo (KARIN et al., 1960; HARMSSEN & VLEK, 1985).

A fração trocável do solo é quantificada por diversas soluções extratoras, entre as quais, pode-se destacar: (a) a solução de acetato de amônio 1N ajustada a pH 7,0 (ADAMS, 1965), (b) o nitrato de magnésio 1N (SHUMAN, 1985; BORKERT et al., 1984), (c) a solução de nitrato de cálcio a várias concentrações N (PAGE, 1964) e (d) solução de HCl 0,1N (RANDALL et al., 1976).

No solo o manganês trocável apresenta uma grande variação de valores. Naqueles muito ácidos os teores podem ser superiores a 1.000 mg/kg, enquanto que nos solos orgânicos, com reação próxima a neutralidade, os teores são inferiores a 0,1 mg/kg (BORKERT, 1991).

Em solos brasileiros, investigações sobre os teores de manganês trocável mostraram valores entre 22 e 120 mg/kg, sendo que muitos desses valores são considerados tóxicos às leguminosas cultivadas em soluções nutritivas (CATANI & GALLO, 1951; PAIVA NETTO, 1941b).

O manganês na forma trocável ou na solução encontra-se em grande quantidade quando o solo está a um pH abaixo de 5,5. Ao elevar o pH o Mn^{2+} é convertido em óxidos mangânicos (Mn^{3+} e Mn^{4+}) tornando-se menos disponível às plantas, podendo, em determinadas circunstâncias, ocorrer deficiência de manganês. Essa conversão depende, direta e indiretamente da atividade dos microorganismos (MELLO, et al., 1987).

MOREIRA (1970) ao estudar um solo "Typic Haplortox" do Rio

Grande do Sul, verificou que a concentração de manganês trocável variou de 0,01 a 0,12 cmol(+)/kg. Valores estes que estão relacionados com o pH do solo, sendo mais elevados a baixos valores de pH. Nos solos coluviais hidromórficos (Entisol) a concentração de manganês trocável foi de 0,22 cmol(+)/kg em função do ambiente úmido, que favoreceu a redução do MnO_2 para Mn^{2+} estimulado pelo metabolismo microbiano.

FERNANDES (1973) ao avaliar os teores de manganês trocável em alguns solos de São Paulo, encontrou variações de traços a 0,165 cmol(+)/kg de solo e constatou a influência do pH na sua disponibilidade. O autor também afirmou que a pH em torno de 5,1 ocorreu uma maior disponibilidade do manganês trocável.

SORENSEN et al., (1971) trabalhando com solos cuja faixa de pH variava de 5,4 a 8,4; com predomínio de valores acima de 6,0; encontraram uma correlação positiva entre o Mn trocável e o pH. Bajescu citado por FERNANDES (1973), verificou que a pH entre 4,3 a 5,3 predominam as formas de manganês trocável e solúvel em água e que, acima de 6,0; ocorrem óxidos de manganês facilmente reduzíveis.

FUJIMOTO E SHERMAN (1948) observaram um aumento na quantidade de manganês trocável quando a relação C/N do solo era alta e a tensão de O_2 baixa.

HEMSTOCK & LOW (1953) explicaram o papel da argila do solo sobre o teor de manganês trocável; esta, fixaria o manganês na rede cristalina por substituição isomórfica ou por adsorção entre as placas. A concentração de

manganês trocável tem sido diretamente relacionada ao manganês absorvido pelas plantas BROWMAN et al., (1969).

SINGH (1984) ao estudar a disponibilidade de manganês em seis classes de solos predominantes no trópico úmido da Amazônia brasileira, encontrou teores de manganês trocável (acetato de amônio 1N pH 4,6) entre 3,14 a 80,42 mg/kg, sendo os valores extremos encontrados nos solos Latossolo Amarelo e Glei Pouco Húmico, respectivamente.

2.3.4 - Manganês Orgânico

O manganês na forma divalente (Mn^{2+}) forma complexos com os compostos orgânicos do solo, os quais podem ser solúveis ou insolúveis. A matéria orgânica pode adsorver cátions na forma facilmente trocável e também formar complexos de coordenação com cátions apresentando mais de uma valência tais como: Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} e Fe^{2+} . Os cátions divalentes nos complexos não são facilmente trocáveis por cátions monovalentes e não se dissociam facilmente para a solução do solo. O manganês adsorvido aos complexos pode ser quantificado pelo deslocamento por um outro cátion que é adsorvido mais fortemente, como por exemplo, o zinco ou cobre (BORKERT, 1991).

Segundo HODGSON (1963), o efeito da matéria orgânica sobre a transformação do Mn no solo pode ocorrer de três maneiras: a) formação de agentes complexantes que efetivamente reduzem a atividade do íon livre em solução, b)

diminuição no potencial de oxidação do solo, direta ou indiretamente, através do aumento da atividade microbiana e, c) uma estimulação na atividade microbiana resultando em incorporação do Mn no tecido biológico. O mesmo autor sugere ainda que o manganês adsorvido pela matéria orgânica pode formar complexos suficientemente estáveis para competir com a precipitação, como um mecanismo de controle do nível de manganês em alguns solos, particularmente naqueles com alto teor de matéria orgânica.

Segundo a teoria proposta por HAMMES & BERGER (1960), o aumento do manganês solúvel após a secagem é uma consequência da oxidação química da matéria orgânica. No entanto, deve-se salientar que, os solos com altos teores de matéria orgânica também possuem maiores quantidades de óxidos totais de Mn, o que não descarta a possibilidade de alteração do Mn após a secagem do solo ser devido ao aumento da solubilidade dos seus óxidos (KHANNA & MISHRA, 1978).

A complexação do Mn com a matéria orgânica pode também explicar a diminuição na disponibilidade do metal com a calagem (PAGE, 1962). A matéria orgânica pode afetar a disponibilidade de nutrientes quando, devido à sua presença a atividade microbiológica se intensifica e diminui o teor de oxigênio do ar do solo. Elementos como o Fe e Mn, que em solos bem arejados ocorrem nas formas oxidadas, Fe^{3+} e Mn^{3+} , de menor disponibilidade para as plantas, poderão ser reduzidos a Fe^{2+} e Mn^{2+} que são formas prontamente absorvidas. Outro processo pelo qual a matéria orgânica pode assegurar a disponibilidade do nutriente no solo é

a formação de complexos com eles. Atualmente, tem-se empregado complexos organo-metálicos sintéticos (quelatos) para corrigir deficiências de vários micronutrientes. WALKER & BARBER (1960) determinaram a quantidade de manganês complexado em 12 solos de Indiana (EUA) por deslocamento com cobre, após remover o manganês trocável com acetato de amônio. Os teores complexados variaram de zero a 24 mg/kg, e os autores também constataram que havia tanto manganês complexado pela matéria orgânica (média 12 mg/kg), quanto adsorvido na forma trocável (média 18 mg/kg), verificando uma alta correlação, entre ambas.

A fração orgânica do solo exhibe propriedades de adsorção, e apresenta grande afinidade pelos cátions e, normalmente correlaciona-se com a quantidade destes (HODGSON, 1963). A matéria orgânica embora disponha de sítios de troca de cátions, sua grande afinidade com os metais ocorre devido aos ligantes ou grupos que formam quelatos ou complexos com esses metais. Dentre esses grupos encontram-se os radicais carboxílicos, fenólicos, alcoólicos, enólicos e alguns tipos de carbonilas, importantes para a complexação dos elementos (STEVENSON & ARDAKANI, 1972; CAMARGO, 1988).

2.3.5 - Óxidos de Manganês

BESOAIN (1985) conceituando óxidos, inclui tanto óxidos anidros, como hidróxidos, oxihidróxidos cristalinos, paracristalinos e amorfos. Sendo em sua maioria os óxidos de manganês produtos de neoformação provenientes da alteração

de sedimentos e solos e por não se encontrarem unidos química e estruturalmente aos silicatos, são denominados de óxidos livres. A importância destes óxidos no solo é grande, pois não existe praticamente nenhum solo que não os contenha, pelo menos em pequenas quantidades. O óxido de manganês mais comum no solo é a pirolusita.

No solo, os óxidos de manganês se formam por alteração dos silicatos que contém Mn, por exemplo, anfibólio, piroxênio e algumas micas.

A mineralogia dos óxidos de manganês é complicada pela variedade que pode formar, com substituições de íons de Mn em diversos estados de oxidação: Mn^{2+} , Mn^{3+} e Mn^{4+} . McKENZIE, (1977) indica que os íons de manganês podem ser oxidados e reduzidos sem mudar de posição, e quando a valência de um número suficiente de íons é mudada, a estrutura se faz mecanicamente instável e se reorganiza em uma nova fase.

Através do intemperismo o manganês é liberado dos minerais das rochas na forma de íon Mn^{2+} , o qual, em condições aeróbias, se oxida formando óxidos pouco solúveis, de cor negra, de tipo MnO_2 . Dentre os óxidos cristalinos os mais conhecidos são a pirolusita $\beta-MnO_2$ e a nsutita, $\gamma-MnO_2$. Considera-se que somente a pirolusita e a ramsdelita são verdadeiras modificações do dióxido de manganês (MnO_2). Dos hidróxidos, as formas conhecidas estáveis no solo são: a manganita $\gamma-MnOOH$ e a grutita $\alpha-MnOOH$ pouco frequentes (BESOAIN, 1985). Nos sedimentos oxidados, o Fe e o Mn estão mais ou menos separados. Isto

ocorre devido a afinidade do manganês pelo oxigênio ser menor que a do ferro (HOROWITZ e DANTAS, 1966).

Segundo KABATA-PENDIAS & PENDIAS (1985), os óxidos e hidróxidos de manganês apresentam certas características físicas como: pequeno tamanho dos cristais e, conseqüentemente, elevada superfície específica, o que é de grande importância nas alterações geo-químicas. Estes, são os responsáveis pelo alto grau de associação das concreções de manganês com alguns metais pesados, principalmente cobalto, níquel, cobre, zinco e molibdênio.

2.3.6 - Outros Minerais

Os micronutrientes raramente formam minerais próprios, nos quais são o componente principal; encontram-se, geralmente dispersos, como impurezas isomórficas, nos minerais de outros elementos, existindo, em pequenas quantidades, nas rochas. No entanto, alguns elementos, tais como Mn, Ti, Zr, estão presentes nas rochas em quantidades apreciáveis, formando minerais próprios (HOROWITZ e DANTAS, 1966).

Comumente os minerais de manganês incluem óxidos, carbonatos, silicatos e sulfatos (TAYLOR et al., 1964; McKENZIE, 1977). Entre os minerais silicatados portadores de manganês estão a tefroita $Mn_2[SiO_4]$, a rodonita (Mn, Fe, Ca) SiO_3 , a piroxangita (Mn,Fe) SiO_3 , raramente encontrados nas rochas ígneas. Nas rochas, o manganês encontra-se como íon Mn^{2+} , porém nos óxidos, pode

apresentar-se como íon Mn^{3+} e Mn^{4+} . A manganomelana consiste em uma série de minerais amorfos em parte (psilomelana, wade, criptomelana) que contém elementos acessórios absorvidos (RANKANA e SAHANA, 1954, 1962).

Na forma de sulfatos podem existir como sólido cristalino: $MnSO_4$, $MnSO_4 \cdot H_2O$ e $Mn_2(SO_4)_2$, formas muito solúveis, nas condições normais de redox e de concentrações de sulfatos na natureza e, por isso, dificilmente encontrados nos solos (LINDSAY, 1979). Os sulfetos juntamente com os óxidos de manganês são as formas freqüentemente encontradas nos solos e, a sua ocorrência está associada ao ferro.

2.3.7 - Manganês Disponível

O Mn disponível encontra-se em maior concentração na superfície do solo diminuindo com a profundidade, até valores muito baixos, o que evidencia uma certa associação com a matéria orgânica (SANTANA e IGUE, 1972).

A avaliação da fração de manganês disponível para as plantas tem sido feita utilizando-se diversas soluções cuja capacidade em extrair o manganês do solo é relacionada com o manganês extraído pelas plantas. Seus teores variam de solo para solo, dependendo principalmente do material de origem, pH, matéria orgânica, textura e condições de oxi-redução (LEEPER, 1947). SHERNAN et al., (1942) propuseram a adição de 0,2% de hidroquinona à solução de acetato de amônio, resultando em um processo de extração que tem sido bastante usado para a

determinação do manganês facilmente redutível. O acetato de amônio normal e neutro contendo 0,2% de hidroquinona extrai uma fração de manganês, da qual subtraindo a fração dita trocável, se considera como Mn disponível (ADAMS, 1965; SHUMAN & ANDERSON, 1974).

Também consideram-se como disponíveis as formas do elemento extraídas por soluções fracas, como por exemplo HCl 0,1N; Na₂EDTA 1% e NH₄OAC a pH 4,8 e 7,0; que se presume, sejam facilmente absorvidos pelas plantas (SANTANA, 1971; FISKELL, 1965; RUBINSTEIN, 1968; SAIZ DEL RIO & BORNEMISZA, 1961).

O Mn disponível é constituído pelas seguintes formas: a) o iônico, trocável ou da solução do solo, b) o inorgânico, facilmente reduzível e, c) algumas combinações orgânicas MELLO, et al., (1987). Segundo MALAVOLTA et al., (1991), os teores de manganês disponível em diversos países varia de traços a 1.250 mg/kg; no Brasil, varia de 0,1a 140 mg/kg.

HOROWITZ e DANTAS (1966) trabalhando na região semi-árida do nordeste do Brasil, com 12 perfis de solos típicos da região do Sertão de Pernambuco, constataram teores de manganês facilmente redutível superiores a 20 mg/kg. Segundo JONES E LEEPER (1951b), os solos com menos de 20 mg/kg de manganês facilmente redutível não proporcionam crescimento normal às plantas, sendo considerados deficientes em manganês.

Rodrigues, citado por MARINHO (1988), descreve sintomas de deficiência de manganês em citrus, em solos alcalinos ou áreas que receberam

calagem excessiva. Também há indicações de sintomas de deficiência de manganês nas culturas: cana-de-açúcar (Alagoas e Pernambuco), mandioca (Estados do Nordeste), (SANTOS e TUPINAMBA; 1982), café (Minas Gerais, São Paulo e Paraná) e citrus (São Paulo).

Em solos de baixa capacidade tampão, e que receberam uma adubação nitrogenada excessiva, verifica-se uma acidificação do solo proporcionando elevados níveis de manganês, tornando-se tóxicos as plantas (FASSBENDER e BORNEMISZA, 1987).

Segundo MALAVOLTA (1970), o Mn pode tornar-se não assimilável em solos ricos em matéria orgânica e pH elevado devido, provavelmente, a formação de complexos insolúveis entre aquela e esse micronutriente.

HOROWITZ e DANTAS (1966) observaram que, algumas vezes, o baixo rendimento agrícola dos solos da zona da Mata de Pernambuco parece coincidir com a deficiência de manganês e, provavelmente, de outros micronutrientes associados ao manganês nas rochas sedimentares (As, Co, Mo, Ni, V e Zn).

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Seleção e Coleta dos Solos

Para o fracionamento do manganês foram selecionados perfis de sete classes de solos do Estado do Ceará. Na escolha dos mesmos foram utilizados vários critérios: a) extensão das unidades de mapeamento segundo o Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, (JACOMINE et al., 1973), b) taxonômico, c) material de origem dos solos e, d) potencial agrícola.

Na identificação dos solos foram utilizados relatórios técnicos de Levantamentos Detalhados tais como: Levantamento Detalhado de Solos, Capacidade e Alternativas de Uso do Campus do Pici, Município de Fortaleza-Ce (LIMA et al., 1980); Classificação dos Solos da Fazenda Experimental do Vale do Curu - FEVC - Parte Baixa e Alta, Município de Pentecoste (MOTA et al., 1980); Levantamento Detalhado de Solos - Projeto Jaguaribe - Apodí (MOREIRA et al., 1987); e Levantamento Semidetalhado dos Solos da Região Natural da Ibiapaba (SUDEC, 1980).

Identificadas as áreas, foram abertas trincheiras, descritos os perfis para conferências dos solos e coletadas as amostras para a realização das análises químicas e físicas dos solos.

3.2 - Classificação, Localização e Uso Atual dos Solos

De conformidade com as nomenclaturas do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS), os sete perfis selecionados estão classificados: Perfil 01: Areia Quartzosa distrófica - AQd; Perfil 02: Aluvial Eutrófico - Ae; Perfil 03: Bruno Não Cálculo - NC; Perfil 04: Cambissolo Eutrófico latossólico Tb prof. - Ce; Perfil 05: Latossolo Vermelho Amarelo - LV ; Perfil 06: Podzólico Vermelho Amarelo - PV; Perfil 07: Podzólico Vermelho Amarelo - PE. A seguir são indicadas informações referentes a localização, condições climáticas, material de origem e uso atual dos referidos solos, sumarizadas na Tabela 2.

Perfil 01- Areia Quartzosa distrófica - AQd

O solo do perfil 01, classificado como Areia Quartzosa distrófica - AQd, encontra-se localizado na Estação Experimental da EPACE no município de Tianguá-CE, na microrregião homogênea 62, no planalto da Ibiapaba, ocupando uma área de 109 ha, situada no Km-3 da rodovia CE-75.

O clima, segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw', tropical chuvoso de monção e, pela classificação de Gaussen, é do tipo 4cth - tropical quente de seca atenuada, estação seca curta de 3 a 4 meses e índice xerotérmico variável entre 40 e 100. A precipitação pluvial anual é superior a 1000 mm. Quanto a vegetação, verifica-se a predominância das florestas subperenifólia e subcaducifólia.

Tabela 2 - Classificação, localização e uso atual dos perfis dos solos estudados.

| PERFIL | SIMBOLOGIA | CLASSIFICAÇÃO | MUNICÍPIO / LOCALIZAÇÃO | USO ATUAL |
|--------|------------|--|--|--------------------------------|
| 01 | AQd | AREIA QUARTZOSA distrófica A fraco fase floresta perenifólia relevo plano. | Tianguá, fazenda Experimental da EPACE | Hortaliças |
| 02 | Ae | ALUVIAL eutrófico A fraco textura média fase caatinga hiperxerófila relevo plano | Pentecoste, Fazenda Experimental da UFC. | Milho |
| 03 | NC | BRUNO NÃO CÁLCICO fase caatinga hiperxerófila relevo suave a plano. | Pentecoste, Fazenda Experimental da UFC. | Milho e Feijão |
| 04 | Ce | CAMBISSOLO eutrófico latossólico Tb profundo A moderado textura média e argiloso cascalhenta fase caatinga hiperxerófila relevo plano. | Quixerê, Chapada do Apodí. | Caatinga Hiperxerófila |
| 05 | LV | LATOSSOLO VERMELHO AMARELO distrófico A proeminente fase floresta sub-prenifólia relevo plano e suave ondulado. | Ubajara, Estação Experimental da EPACE | Culturas anuais e Fruticultura |
| 06 | PV | PODZÓLICO VERMELHO AMARELO A moderado textura arenosa/média. | Fortaleza, Estação Meteorológica da UFC. | Capim |
| 07 | PE | PODZÓLICO VERMELHO AMARELO eutrófico raso abruptico A fraco textura arenosa fase caatinga hiperxerófila relevo suave ondulada com problema de drenagem e salinidade. | Paraipaba, Fazenda Araçás | Cana de açúcar |

FONTE: Adaptado de FERREYRA (1994).

O Planalto da Ibiapaba com relação à geologia está representado pela Formação Serra Grande, do período Siluriano Devoniano Inferior, constituído, principalmente de arenitos, ocorrendo conglomerados grosseiros de quartzo. Os arenitos de granulação grosseira parecem originar as Areias Quartzosas.

Esta classe de solo apresenta restrições ao uso agrícola devido a baixa fertilidade natural e limitações moderada a muito forte pela falta de água. Para o seu aproveitamento racional faz-se necessário a irrigação e adubação mineral e orgânica.

Perfil 02 - Aluvial Eutrófico -Ae

O solo do perfil 02, classificado como Aluvial eutrófico - Ae, encontra-se localizado na parte baixa da fazenda Experimental da U.F.C. no Vale do Curu, município de Pentecoste, na microrregião 58 do Estado do Ceará, aproximadamente entre os paralelos 3º 45' e 4º de latitude sul e os meridianos 39º 15' e 39º 3' Longitude W Gr, ocupa uma área de 612,48 ha. O relevo é plano a suave ondulado, em fase de relativa maturidade.

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw ' tropical chuvoso (quente-úmido) com ocorrências de chuvas de verão e precipitação máxima no outono. A precipitação média anual é de 1394 mm, sendo os meses mais chuvosos março, abril e maio e, de menor precipitação, outubro a novembro. A temperatura média anual varia de 22,12 a 30,08 °C, sendo as médias mais altas registradas no meses de outubro e novembro.

Este solo apresenta alta fertilidade natural e potencialidade para uso agrícola. Suas limitações são: baixas precipitações pluviais; baixa utilização de máquinas agrícolas nos solos argilosos, e má drenagem, principalmente no período chuvoso, com riscos de inundações. O material de origem é constituído por sedimentos fluviais não consolidados provenientes do Rio Curu, de natureza e granulometria muito variadas, do Holoceno.

Perfil 03 - Bruno Não Cálcico - NC

O solo do perfil 03, classificado como Bruno Não Cálcico - NC, encontra-se localizado na parte alta da fazenda Experimental da U.F.C., no Vale do Curu, município de Pentecoste-CE, cujas características climáticas são as mesmas do perfil 02. Quanto a vegetação, é do tipo caatinga.

A área estudada apresenta relevo suave ondulado e está formada essencialmente por rochas metamórficas entre as quais destaca-se o gnaiss, por abranger a maior parte da área. As rochas existentes pertencem ao embasamento cristalino, Pre-Cambriano CD. São observadas a presença de migmatitos, embrechitos, diadisitos, gnaisses, quartzitos e mármore. Dentre os minerais encontrados em abundância o quartzo, variedade leitosa, é o mais frequente, o rutilo, o menos frequente.

Os solos Bruno Não Cálcico são de alta fertilidade natural porém, de uso restrito devido a longa estiagem e elevada pedregosidade superficial.

Perfil 04 - Cambissolo Eutrófico - Ce

O solo do perfil 04, classificado como Cambissolo Eutrófico latossólico Tb profundo - Ce, está localizado no município de Quixeré-CE, Chapada do Apodí, na microrregião homogênea 61.

O clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo BSw 'h ' - clima quente e semi-árido, caracterizado por precipitações insuficientes e irregulares; segundo a classificação de Gaussen, do tipo 4aTh. A precipitação média anual é de 658 mm, ocorrendo as maiores concentrações entre os meses de fevereiro a abril. A temperatura média do mês mais frio (julho), é acima de 26°C, e a amplitude térmica mínima apresenta valores inferiores a 2°C. As temperaturas máximas registram-se entre setembro a janeiro, que coincide, também, com os meses de menores precipitações. A precipitação anual média varia de 600 a 800 mm, com 7 a 8 meses secos, fator limitante para agricultura intensiva.

Quanto a vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila-capoeira.

O material de origem destes solos é o calcário e arenito calcífero da formação Jandaíra do Cretáceo. São solos de alta fertilidade natural, possuem relevo plano e favorável à mecanização.

Perfil 05 - Latossolo Vermelho Amarelo - LV

O solo do perfil 05, foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico - LV, encontra-se situado na Estação Experimental da EPACE no município de Ubajara-CE, na microrregião homogênea 62, dentro do planalto da Ibiapaba.

O clima, segundo a classificação do Koppen, é do tipo Amw ' (clima tropical chuvoso de monção) e, pela classificação de Gaussen, é do tipo 4cTh. A precipitação pluvial média anual é de 2.183 mm. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm. A temperatura média é de 24°C e a mínima chega a 14°C.

A vegetação é do tipo floresta subperenifólia.

São solos de baixa fertilidade natural, formados a partir de materiais provenientes dos arenitos da formação Serra Grande, pobres em minerais primários, profundos a muito profundos, com seqüência de horizontes A, B e C pouco diferenciados.

Perfil 06 - Podzólico Vermelho Amarelo - PV

O perfil 06 localiza-se na Estação de Meteorologia, da UFC, campus do Pici, em unidade de solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo, A moderado, textura arenosa a média (COELHO & MOTA, 1978). Encontra-se na microrregião 59 na parte de tabuleiros costeiros, que compreendem relevos da classe plana e do tipo normal e subnormal, com declives variando na maior parte de 0 a 5%.

O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Aw' e, pela de Gaussen, do tipo 4cTh. A precipitação pluvial média anual é 1365,6 mm sendo os meses mais chuvosos fevereiro, março, abril e maio, enquanto outubro é o mês de menor precipitação, 9,0 mm. A temperatura média anual varia de 26,0 a 27,2°C, ocorrendo as médias mais altas nos meses de dezembro a fevereiro.

A área apresenta-se quase que totalmente desprovida de sua vegetação natural, em consequência das construções e das culturas nela instaladas. No entanto, alguns setores remanescentes estão recobertos por vegetação tipicamente litorânea de composição bastante diversificada, podendo ser classificada como Floresta Seca/Mata de Tabuleiro Subperenifólia (LIMA et al., 1980a).

O solo apresenta fertilidade natural muito baixa, elevada acidez e boas condições de mecanização, porém limitação de precipitação pluvial escassa.

Perfil 07 - Podzólico Vermelho Amarelo - PE

O perfil 07, foi coletado em área de solo classificado como Podzólico Vermelho Amarelo eutrófico - PE, encontra-se situado na fazenda Araçás, município de Paraipaba-CE, na 009 microrregião do Baixo do Curu, na 02 mesorregião do Norte Cearense, (IBGE-CE, 1990).

A área estudada é constituída, predominantemente, por sedimentos arenosos do grupo Barreiras. Quanto ao clima, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw ' e, segundo Gaussen, é do tipo 4aTh com números de meses secos

variando entre 5 a 8 meses. É utilizada no cultivo de cana de açúcar, sob irrigação. Este, no entanto, não se desenvolve devido ao alto índice de salinidade.

Em geral, os solos Podzólicos Vermelho Amarelo Eutrófico encontram-se por todas as zonas fisiográficas do Estado. São solos de fertilidade média a alta apresentando elevado potencial agrícola, ocorrendo limitações a mecanização devido ao relevo (serras), pedregosidade e falta de água.

3.3 - Caracterização Química e Física dos Solos

As características químicas e físicas dos sete perfis de solos estudados são apresentadas nas Tabelas 3 e 4. As análises químicas e físicas foram realizadas nos laboratórios do Departamento de Ciências do Solo do Centro de Ciências Agrárias da U.F.C., de acordo com os métodos descritos em EMBRAPA (1979).

Para todas as determinações, empregou-se terra fina seca ao ar (TFSA) e metodologias relacionadas a seguir: a análise granulométrica da fração mineral foi determinada pelo método da pipeta, usando-se o hidróxido de sódio (NaOH) 1N como dispersante. A umidade a tensão de 1/3 e 15 atm foi determinada gravimetricamente, em amostras deformadas, utilizando-se o extrator de Richards de placa porosa. O pH foi medido potenciometricamente, na relação solo: água de 1:1 e a condutividade elétrica (CE) foi determinada no extrato de saturação e medida em ponte salina Soil bridge. O carbono orgânico foi determinado pelo ataque com o bicromato de potássio e titulação com sulfato ferroso amoniacal. A percentagem de

Tabela 3 - Caracterização química dos perfis dos solos estudados.

| Horiz. | Prof. | pH | C.E. | MO | C | N | C/N | P | Complexo sortivo | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----|-------|------------|------|------|-----|----|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|------------------|------|------|-----|
| | | | | | | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ +Al ³⁺ | Al ³⁺ | S | T | V |
| cm | dS/m | % | mg/kg | Cmol(±)/kg | | | | | % | | | | | | | | |
| Perfil 01 - Arcia Quartzosa - AQd | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-33 | 3,8 | 1,33 | 0,96 | 0,56 | 0,04 | 14 | 11 | 0,2 | 0,2 | 0,05 | 0,05 | 1,65 | 1,20 | 0,5 | 2,1 | 24 |
| C ₁ | 33-66 | 4,5 | 0,11 | 0,59 | 0,34 | 0,02 | 17 | 6 | 0,2 | 0,1 | 0,03 | 0,03 | 1,32 | 0,90 | 0,4 | 1,7 | 24 |
| C ₂ | 66-106 | 4,3 | 0,06 | 0,31 | 0,18 | 0,01 | 18 | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,04 | 0,12 | 1,15 | 0,80 | 0,4 | 1,5 | 27 |
| C ₃ | 106-153 | 4,4 | 0,05 | 0,31 | 0,18 | 0,01 | 18 | 1 | 0,1 | 0,1 | 0,03 | 0,03 | 0,99 | 0,60 | 0,3 | 1,3 | 23 |
| C ₄ | 153 ⁺ | 4,4 | 0,05 | 0,30 | 0,17 | 0,01 | 17 | 1 | 0,1 | 0,2 | 0,03 | 0,06 | 0,99 | 0,70 | 0,4 | 1,4 | 29 |
| Perfil 02 - Aluvial Eutrófico - Ac | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A _p | 0-9 | 7,1 | 1,07 | 1,22 | 0,71 | 0,03 | 24 | 3 | 8,0 | 1,5 | 0,35 | 0,78 | 0,00 | 0,00 | 10,6 | 10,6 | 100 |
| 2C | 9-39 | 7,2 | 0,54 | 0,81 | 0,47 | 0,02 | 23 | 1 | 7,8 | 2,1 | 0,23 | 0,78 | 0,00 | 0,00 | 10,9 | 10,9 | 100 |
| 3C ₁ | 39-63 | 7,0 | 0,63 | 0,65 | 0,38 | 0,01 | 38 | 1 | 7,3 | 1,4 | 0,14 | 0,80 | 0,00 | 0,00 | 9,6 | 9,6 | 100 |
| 3C ₂ | 63-80 | 6,8 | 0,92 | 0,60 | 0,35 | 0,01 | 35 | 2 | 6,0 | 2,5 | 0,13 | 1,15 | 0,08 | 0,00 | 9,8 | 9,8 | 99 |
| 4C | 80 ⁺ | 6,7 | 0,92 | 0,57 | 0,33 | 0,01 | 33 | 2 | 7,0 | 4,0 | 0,12 | 1,55 | 0,08 | 0,00 | 13,0 | 13,0 | 99 |
| Perfil 03 - Bruno Não Cálcico - NC | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 0-5 | 6,0 | 1,07 | 2,46 | 1,43 | 0,04 | 36 | 21 | 4,5 | 0,9 | 0,45 | 0,13 | 1,15 | 0,20 | 6,0 | 7,1 | 84 |
| A ₂ | 5-20 | 6,3 | 0,54 | 2,50 | 1,45 | 0,02 | 73 | 5 | 2,3 | 0,7 | 0,17 | 0,11 | 0,41 | 0,10 | 3,3 | 3,7 | 89 |
| AB | 20-40 | 6,6 | 0,63 | 0,24 | 0,14 | 0,01 | 14 | 4 | 2,2 | 1,4 | 0,16 | 0,12 | 0,49 | 0,30 | 3,9 | 4,4 | 89 |
| B ₁ | 40-60 | 5,6 | 0,92 | 0,48 | 0,28 | 0,01 | 28 | 2 | 8,8 | 7,8 | 0,11 | 1,24 | 1,73 | 0,90 | 17,9 | 19,7 | 91 |
| C | 60-75 | 6,0 | 0,92 | 0,22 | 0,13 | 0,01 | 13 | 1 | 12,8 | 9,6 | 0,09 | 1,90 | 0,91 | 0,60 | 24,4 | 24,4 | 96 |
| Perfil 04 - Cambissolo Eutrófico latossólico Tb profundo - Cc | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 0-4 | 6,6 | 0,82 | 2,86 | 1,66 | 0,08 | 20 | 5 | 7,5 | 1,4 | 0,83 | 0,11 | 1,30 | 0,00 | 9,8 | 11,1 | 88 |
| BA | 4-17 | 6,2 | 0,84 | 0,98 | 0,57 | 0,06 | 10 | 2 | 5,8 | 0,4 | 0,50 | 0,09 | 1,40 | 0,00 | 6,8 | 8,2 | 83 |
| B ₁ | 17-61 | 6,2 | 0,05 | 0,46 | 0,27 | 0,04 | 7 | 2 | 4,6 | 0,6 | 0,32 | 0,08 | 1,30 | 0,00 | 5,6 | 6,9 | 81 |
| B ₂ | 61-118 | 5,9 | 0,05 | 0,48 | 0,28 | 0,03 | 9 | 2 | 4,7 | 0,7 | 0,12 | 0,14 | 1,30 | 0,00 | 5,7 | 7,0 | 81 |
| B ₃ | 118-198 ⁺ | 5,3 | 0,10 | 0,27 | 0,16 | 0,03 | 5 | 12 | 4,6 | 0,9 | 0,12 | 0,13 | 0,90 | 0,00 | 5,8 | 6,7 | 87 |

Continuação da Tabela 3 - Caracterização química dos perfis dos solos estudados.

| Horiz. | Prof. | pH | C.E. | MO | C | N | C/N | P | Complexo sortivo | | | | | | | | |
|---|------------------|-----|------|------|------|------|-------|----|------------------|------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|------------------|------|------|----|
| | | | | | | | | | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | K ⁺ | Na ⁺ | H ⁺ +Al ³⁺ | Al ³⁺ | S | T | V |
| | cm | | dS/m | | % | | mg/kg | | Cmol(±)/kg | | | | | | | | |
| Perfil 05 - Latossolo Vermelho Amarelo - LV | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₀ | 0-18 | 5,2 | 0,48 | 2,25 | 1,31 | 0,12 | 11 | 17 | 1,8 | 0,6 | 0,10 | 0,13 | 2,72 | 0,60 | 2,6 | 5,3 | 49 |
| A | 18-75 | 4,7 | 0,17 | 1,80 | 1,05 | 0,08 | 13 | 3 | 0,3 | 0,2 | 0,06 | 0,09 | 3,00 | 0,80 | 0,6 | 3,6 | 17 |
| AB | 75-135 | 5,5 | 0,08 | 1,99 | 1,16 | 0,04 | 40 | 4 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 0,05 | 2,89 | 0,50 | 0,4 | 3,3 | 12 |
| BA | 135 ⁺ | 5,0 | 0,10 | 1,10 | 0,64 | 0,03 | 21 | 4 | 0,2 | 0,1 | 0,04 | 0,03 | 1,73 | 0,30 | 0,4 | 2,1 | 19 |
| Perfil 06 - Podzólico Vermelho Amarelo - PV | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₀ | 0-15 | 5,1 | 0,51 | 1,24 | 0,72 | 0,04 | 17 | 2 | 0,4 | 0,1 | 0,15 | 0,16 | 1,89 | 0,30 | 0,8 | 2,7 | 30 |
| AB | 15-35 | 4,4 | 0,19 | 0,65 | 0,38 | 0,03 | 12 | 1 | 0,3 | 0,1 | 0,09 | 0,17 | 2,05 | 0,50 | 0,6 | 2,8 | 24 |
| BA | 35-57 | 4,5 | 0,17 | 0,58 | 0,34 | 0,02 | 14 | 1 | 0,3 | 0,2 | 0,09 | 0,18 | 2,05 | 0,50 | 0,7 | 2,8 | 26 |
| B ₀₁ | 57-92 | 4,5 | 0,13 | 0,57 | 0,33 | 0,02 | 18 | 1 | 0,4 | 0,1 | 0,09 | 0,16 | 1,73 | 0,40 | 0,7 | 2,5 | 30 |
| B ₀₂ | 92-124 | 4,9 | 0,16 | 0,45 | 0,26 | 0,02 | 14 | 1 | 0,4 | 0,1 | 0,15 | 0,15 | 1,26 | 0,30 | 0,8 | 2,1 | 39 |
| BC | 124 ⁺ | 5,0 | 0,10 | 0,52 | 0,30 | 0,01 | 20 | 1 | 0,4 | 0,1 | 0,15 | 0,16 | 1,26 | 0,20 | 0,8 | 2,1 | 39 |
| Perfil 07 - Podzólico Vermelho Amarelo - PE | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A ₀ | 0-12 | 6,4 | 38,0 | 1,15 | 0,67 | 0,05 | 13 | 14 | 2,2 | 3,6 | 0,60 | 2,90 | 0,2 | 0,00 | 9,3 | 9,5 | 98 |
| A | 12-25 | 6,6 | 15,2 | 0,39 | 0,23 | 0,02 | 11 | 3 | 1,2 | 3,5 | 0,30 | 0,40 | 0,1 | 0,00 | 2,4 | 2,5 | 96 |
| B ₀₁ | 25-50 | 6,5 | 13,8 | 0,39 | 0,23 | 0,01 | 23 | 4 | 1,1 | 4,3 | 0,20 | 0,70 | 0,1 | 0,00 | 6,3 | 6,4 | 98 |
| B ₀₂ | 50-80 | 6,6 | 5,4 | 0,39 | 0,17 | 0,01 | 17 | 1 | 3,9 | 10,1 | 0,20 | 1,70 | 0,1 | 0,00 | 15,9 | 16,0 | 99 |

Tabela 4 - Características físicas dos perfis dos solos estudados

| Horiz. | Prof. cm | Separados de solo | | | Classe textural |
|---|-------------|-------------------|-------|--------|------------------|
| | | Arcia | Silte | Argila | |
| | |% | | | |
| Perfil 01 - Arcia Quartzosa - AQd | | | | | |
| A | 0-33 | 79 | 14 | 7 | Arcia franca |
| C ₁ | 33-66 | 77 | 14 | 9 | Arcia franca |
| C ₂ | 66-106 | 76 | 15 | 9 | Arcia franca |
| C ₃ | 106-153 | 71 | 14 | 15 | Franco arenoso |
| C ₄ | 153+ | 70 | 15 | 15 | Franco arenoso |
| Perfil 02 - Aluvial Eutrófico - Ac | | | | | |
| Ap | 0-9 | 55 | 27 | 18 | Franco arenoso |
| 2C | 9-39 | 50 | 30 | 20 | Franco |
| 3C ₁ | 39-63 | 57 | 24 | 19 | Franco arenoso |
| 3C ₂ | 63-80 | 58 | 27 | 18 | Franco arenoso |
| 4C | 80+ | 47 | 31 | 22 | Franco |
| Perfil 03 - Bruno Não Cálcico - NC | | | | | |
| A ₁ | 0-5 | 79 | 16 | 5 | Franco arenoso |
| A ₂ | 5-20 | 86 | 11 | 3 | Franco |
| AB | 20-40 | 84 | 12 | 4 | Franco arenoso |
| B _t | 40-60 | 43 | 22 | 35 | Franco arenoso |
| C | 60-75 | 63 | 23 | 14 | Franco |
| Perfil 04 - Cambissolo Eutrófico latos. Tb prof. - Cc | | | | | |
| A | 0-4 | 59 | 15 | 26 | Fr. arg. arenoso |
| BA | 4-17 | 34 | 17 | 49 | Argila |
| B ₁ | 17-61 | 32 | 20 | 48 | Argila |
| B ₂ | 61-118 | 33 | 29 | 38 | Fr. argiloso |
| B ₃ | 118-198+ | 34 | 29 | 37 | Fr. argiloso |
| Perfil 05 - Latossolo Vermelho Amarelo - LV | | | | | |
| Ap | 0-18 | 45 | 14 | 11 | Franco arenoso |
| A | 18-75 | 71 | 16 | 13 | Franco arenoso |
| AB | 75-135 | 68 | 24 | 11 | Franco arenoso |
| BA | 135+ | 65 | 23 | 12 | Franco arenoso |
| Perfil 06 - Podzólico Vermelho Amarelo - PV | | | | | |
| Ap | 0-15 | 83 | 10 | 7 | Arcia franca |
| AB | 15-35 | 70 | 13 | 17 | Franco arenoso |
| BA | 35-57 | 70 | 9 | 21 | Fr. arg. aren. |
| B _{t1} | 57-92 | 61 | 7 | 32 | Fr. arg. aren. |
| B _{t2} | 92-124 | 62 | 8 | 30 | Fr. arg. aren. |
| BC | 124+ | 61 | 13 | 26 | Fr. arg. aren. |
| Perfil 07 - Podzólico Vermelho Amarelo -PE | | | | | |
| Ap | 0-12 | 71 | 25 | 4 | Franco arenoso |
| A | 12-25 | 72 | 21 | 7 | Franco arenoso |
| B ₁ | 25-50 | 76 | 18 | 6 | Franco arenoso |
| B _{2t} | 50-80 | 60 | 19 | 21 | Fr. arg. aren. |

matéria orgânica foi calculada multiplicando-se o resultado do carbono orgânico por 1,724. Os cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+) foram extraídos com acetato de amônio 1N pH 7,0; determinando-se $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e Ca^{2+} por titulação com EDTA, obtendo-se o Mg^{2+} por diferença, potássio e o sódio por fotometria de chama. O alumínio trocável (Al^{3+}) foi extraído com KCl 1N pH 7,0 e o hidrogênio e alumínio trocáveis ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foram extraídos com acetato de cálcio 1N pH 7,0 e, titulada a acidez resultante com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N, obtendo-se o H^+ por diferença do ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$).

O valor T (capacidade de troca de cátions) foi obtido pelo somatório das bases trocáveis (S) mais a acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$). O valor V (saturação de bases), calculado pela fórmula $V = S \times 100/T$. O nitrogênio total por digestão sulfúrica e destilação Kjeldahl. O fósforo assimilável pelo método Mehlich-1 (extrator H_2SO_4 0,025N + HCl 0,05 N) e determinado por colorimetria.

3.4 - Fracionamento do Manganês no Solos

Nas amostras dos sete perfis das várias classes de solos, foram determinadas as diferentes formas de manganês, utilizando-se uma metodologia seqüencial, semelhante a de SIMS (1986). Para a determinação do manganês trocável, do manganês orgânico e óxido de manganês foi utilizada a metodologia sugerida por SHUMAN (1983, 1985) e, para a dissolução do ferro amorfo e cristalino, a metodologia de CHAO & ZHOW (1983). Também foram determinados

os teores de manganês residual e total e, ainda, o manganês disponível usando as soluções extratoras de: Mehlich-1, EDTA e DTPA. A síntese dos procedimentos adotados é indicada a seguir:

3.4.1 - Manganês trocável (Mn-Tr)

O manganês trocável foi extraído pela solução de nitrato de magnésio 1M (SHUMAN, 1985). Em tubo de centrífuga de 50 ml foi colocado 5,0 g de TFSA e adicionados 20 ml da solução extratora. Após agitação por 2 h, o extrato foi centrifugado a 9000 rpm por 15 minutos e o sobrenadante filtrado. Ao resíduo do tubo foram adicionados 20 ml de água destilada, agitado por 3 minutos, centrifugado e o sobrenadante novamente filtrado e adicionado ao primeiro, para a determinação do teor de manganês trocável.

3.4.2 - Manganês no Complexo Orgânico (Mn-Org)

Na determinação do manganês ligado ao complexo orgânico foi utilizado como extrator uma solução de hipoclorito de sódio a 5,3% e pH 8,5, (SHUMAN, 1983). Ao tubo da determinação do Mn-Tr foram adicionados 10 ml da solução extratora, seguido de aquecimento em banho maria a 100°C por 30 minutos, centrifugação e filtragem do sobrenadante. Estes passos foram repetidos mais uma vez e os filtrados combinados. Em seguida, foram adicionados 10 ml de

água destilada ao tubo, agitado por 3 minutos, centrifugado e o sobrenadante filtrado e combinado ao extrato anterior e o manganês determinado.

Dando continuidade ao fracionamento seqüencial - os remanescentes das extrações anteriores foram secos ao ar, triturados em grau de porcelana, passados por uma peneira de aço inoxidável com malha de 0,5 mm e utilizados nas determinações seguintes.

3.4.3 - Óxido de Manganês (OxMn)

Os óxidos de manganês foram extraídos pelo cloridrato de hidroxilamina 0,1M e pH 2,0 CHAO, (1972). Duas e meia gramas de solo (anteriormente secos e triturados) foram colocados em tubo de centrífuga de 50 ml e adicionados 25 ml da solução extratora; a seguir, o tubo foi agitado por 30 minutos, centrifugado a 9000 rpm por 10 minutos e o sobrenadante filtrado e utilizado para a determinação do manganês. Antes da determinação seguinte, o solo foi lavado pela adição de 25 ml de água destilada, agitado por 3 minutos, centrifugado e o sobrenadante descartado.

3.4.4 - Manganês ligado ao óxido de Ferro Amorfo (Mn-OxFeA)

O manganês ligado ao óxido de ferro amorfo foi extraído com a solução de cloridrato de hidroxilamina mais ácido clorídrico 0,25M (CHAO and

ZHOU, 1983). Ao tubo com solo lavado na etapa anterior foram adicionados 25 ml de solução extratora, agitado por 45 minutos a 50°C em banho maria, centrifugado a 9000 rpm por 10 minutos, o sobrenadante filtrado e analisado.

O solo remanescente foi lavado seguindo o procedimento indicado no 3.4.3.

3.4.5 - Manganês ligado ao óxido de Ferro Cristalino (Mn-OxFeC)

O manganês ligado ao óxido de ferro cristalino foi extraído com uma solução de oxalato de amônio 0,2M mais ácido oxálico 0,2M a pH 3,0 (SIMS, 1986). Ao tubo com solo lavado (3.4.4.) foram adicionados 25 ml da solução extratora, aquecido a 100°C por 30 minutos em banho maria com agitação intermitentemente, centrifugado e o sobrenadante filtrado e analisado.

3.4.6 - Manganês Residual (Mn-Res)

O manganês residual foi estimado pela diferença entre a soma das frações de manganês e o manganês total.

3.5 - Manganês Total (Mn-T)

O manganês total foi extraído utilizando o procedimento descrito por HOROWITZ e ELRICK (1985).

Em cadinho de teflon adicionou-se 0,5 g de solo triturado, 6 ml de ácido nítrico concentrado seguido de aquecimento por 30 min. a 200°C. O cadinho foi retirado da placa aquecedora e após 5 min, acrescidos 6 ml ácido fluorídrico concentrado, 2 ml de ácido perclórico concentrado e novamente aquecido até o aparecimento de fumos brancos, não deixando que evapore completamente. O cadinho foi retirado da placa aquecedora por 5 min. acrescido 2 ml de HClO₄ e retornado à placa aquecedora até o aparecimento de fumos brancos, tomando-se o cuidado de evitar a completa secagem. Em seguida, o cadinho foi retirado da placa aquecedora e adicionados 2 ml de HCl diluído (1:1) e 10 ml de água destilada, tornando-o a aquecer a 100°C até total dissolução dos resíduos. Após o resfriamento, filtrou-se e completou-se o volume a 50 ml com água destilada, obtendo-se o extrato para análise.

Em todos os extratores a dosagem do Mn foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica, em comprimento de onda de 280,2 nm.

3.6 - Manganês Disponível

O manganês disponível foi determinado utilizando-se três extratores: Mehlich-1 (HCl 0,05N + H₂SO₄ 0,025N); ácido etileno diamino tetracético - EDTA + CaCl₂ e o ácido dietileno triamino pentacético - DTPA + trietanolamina

(TEA).

Manganês extraível com HCl + H₂SO₄ (Mn-Mehlich-1): pesou-se 5,0 g de solo (TFSA) em tubo de centrífuga, adicionou-se 25 ml da solução extratora, agitou-se por 15 min. centrifugou-se, filtrado o sobrenadante e realizou-se a leitura do manganês (LANTMANN & MEURER, 1982; RIBEIRO TUCUMANGO SARABIA, 1984).

Manganês extraível com EDTA + CaCl₂ (Mn-EDTA): pesou-se 10,0 g de solo, adicionou-se 25 ml de Na-EDTA 0,005M + CaCl₂ 0,01M em erlenmeyer de 125 ml, agitou-se por 60 minutos, e, em seguida, filtrou-se obtendo-se o extrato para análise (MURAOKA et al., 1983b).

Manganês extraível com DTPA (Mn-DTPA): pesou-se 10,0 g de solo (TFSA), adicionou-se 20 ml da solução extratora de DTPA 0,005M + TEA 0,01M pH 7,3; agitou-se por 60 minutos, e, em seguida, filtrou-se obtendo-se o extrato para análise (LINDSAY E NORVELL, 1978).

3.7 - Procedimento Estatístico

Para as diferentes formas de manganês nos solos estudados, realizou-se análise de variância, segundo o delineamento inteiramente casualizado. A

comparação das médias dos perfis foi efetuada pelo teste de Tukey, ao nível de 5 e 1% de probabilidade (GOMES, 1985).

O grau de associação entre as diversas formas de manganês no solo como algumas propriedades químicas, físicas e com manganês disponível foi determinado através de análise de correlação e regressão simples.

Nas análises estatísticas foi utilizado o programa de computação SOC (Software Científico) descrito por (PANIAGO et al., 1989).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores das várias frações de manganês, obtidas pelo emprego de diferentes extratores e a sua distribuição percentual estão indicados nas Tabelas 5 e 6, respectivamente. Os teores médios e percentuais das diferentes formas de Mn nos perfis encontram-se na Tabela 7. Na Tabela 8 estão indicados a amplitude de variação e os teores médios de Mn-T, ordenados segundo o material de origem. Na Tabela 9 encontra-se o manganês disponível obtido com os extratores de Mehlich-1, EDTA e DTPA. As correlações obtidas entre as frações de manganês, o Mn-Disponível, com algumas propriedades do solo estão contidas na Tabela 10 e, entre as frações de Mn e o disponível, na Tabela 11. As equações de regressão entre as formas de manganês e algumas propriedades dos solos estudadas, e os seus coeficientes de correlação e de determinação estão apresentados no Apêndice.

4.1 - Manganês Total (Mn-T)

Levando em consideração as amostras de solos de todos os perfis estudados, os teores totais de manganês variaram de 24,9 mg/kg (solo AQd, horizonte C₁) a 1.041,6 mg/kg (solo Ce, horizonte A) com um teor médio de 285,7 mg/kg Tabela 5. Estes resultados encontram-se na faixa de variação indicada por HARMSSEN & VLEK (1985), para solos de diversos países (20 - 3000 mg/kg) e,

Tabela 5 - Teores das diversas formas de Manganês determinados em sete perfis de solos do Estado do Ceará.

| Horiz. | Prof. cm | M a n g a n ê s ⁽¹⁾ | | | | | | | Res | T |
|---|-------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---|
| | | Tr. | Org. | Ox | OxFeA | OxFeC | Soma | mg/kg. | | |
| Perfil 01 - Areia Quartzosa - AqD | | | | | | | | | | |
| A | 0-33 | 1,6 | 2,4 | 1,8 | 1,9 | 0,7 | 8,4 | 21,7 | 30,1 | |
| C ₁ | 33-66 | 0,7 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 0,9 | 5,5 | 19,4 | 24,9 | |
| C ₂ | 66-106 | 0,8 | 1,1 | 1,5 | 1,6 | 0,9 | 5,9 | 21,3 | 27,2 | |
| C ₃ | 106-153 | 0,4 | 0,9 | 1,3 | 1,7 | 0,9 | 5,2 | 23,9 | 29,1 | |
| C ₄ | 153+ | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,6 | 0,5 | 4,8 | 27,0 | 31,8 | |
| Perfil 02 - Aluvial - Ae | | | | | | | | | | |
| Ap | 0-9 | 27,6 | 86,0 | 19,1 | 30,3 | 15,0 | 178,0 | 69,8 | 247,8 | |
| 2C | 9-39 | 1,7 | 19,2 | 96,3 | 67,5 | 22,2 | 206,9 | 82,2 | 289,1 | |
| 3C ₁ | 39-63 | 2,7 | ND | 127,7 | 79,8 | 22,4 | 232,6 | 76,0 | 308,6 | |
| 3C ₂ | 63-80 | 15,5 | ND | 115,4 | 76,6 | 16,7 | 224,2 | 82,2 | 306,4 | |
| 4C | 80+ | 14,7 | ND | 160,0 | 137,4 | 24,4 | 336,5 | 134,3 | 470,8 | |
| Perfil 03 - Bruno Não Cálcico - NC | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 0-5 | 29,6 | 94,5 | 36,2 | 36,8 | 7,8 | 204,9 | 80,7 | 285,6 | |
| A ₂ | 5-20 | 4,6 | 46,2 | 66,0 | 68,6 | 7,5 | 192,9 | 90,2 | 283,1 | |
| AB | 20-40 | 2,8 | 19,4 | 83,9 | 87,4 | 9,5 | 203,0 | 88,6 | 291,6 | |
| B _t | 40-60 | 10,0 | 9,9 | 182,6 | 213,9 | 24,1 | 440,5 | 105,0 | 545,5 | |
| C | 60-75 | 11,7 | 17,5 | 171,3 | 188,6 | 27,5 | 416,6 | 218,7 | 635,3 | |
| Perfil 04 - Cambissolo Eutrófico latos.Tb prof. - Ce | | | | | | | | | | |
| A | 0-4 | 73,8 | 421,8 | 213,9 | 56,8 | 41,6 | 807,9 | 233,7 | 1.041,6 | |
| BA | 4-17 | 10,9 | 331,2 | 266,0 | 57,6 | 49,6 | 715,3 | 166,2 | 881,5 | |
| B ₁ | 17-61 | 68,5 | 145,4 | 433,3 | 72,9 | 53,6 | 773,7 | 173,5 | 947,2 | |
| B ₂ | 61-118 | 122,9 | 110,9 | 477,1 | 92,0 | 54,1 | 857,0 | 179,9 | 1.036,9 | |
| B ₃ | 118-198+ | 3,4 | 39,1 | 292,4 | 88,8 | 69,2 | 492,9 | 175,0 | 667,9 | |
| Perfil 05 - Latossolo Vermelho Amarelo - LV | | | | | | | | | | |
| Ap | 0-18 | 1,0 | 13,5 | 10,3 | 27,0 | 3,1 | 54,9 | 36,2 | 91,1 | |
| A | 18-75 | 1,0 | 10,2 | 11,7 | 19,7 | 3,1 | 45,7 | 38,4 | 84,1 | |
| AB | 75-135 | ND ⁽²⁾ | 1,2 | 1,5 | 2,4 | 2,1 | 7,2 | 43,4 | 50,6 | |
| BA | 135+ | ND | 0,8 | 1,1 | 1,8 | 0,8 | 4,5 | 37,3 | 41,8 | |
| Perfil 06 - Podzólico Vermelho Amarelo - PV | | | | | | | | | | |
| Ap | 0-15 | 19,4 | 20,4 | 5,3 | 3,7 | 1,3 | 50,1 | 74,9 | 125,0 | |
| AB | 15-35 | 4,2 | 5,7 | 3,3 | 3,1 | 0,8 | 17,1 | 65,4 | 82,5 | |
| BA | 35-57 | 1,9 | 2,9 | 2,2 | 1,4 | 0,7 | 9,1 | 54,8 | 63,9 | |
| B _{t1} | 57-92 | 1,2 | 1,6 | 1,5 | 2,3 | 1,3 | 7,9 | 44,2 | 52,1 | |
| B _{t2} | 92-124 | 0,4 | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 0,5 | 4,7 | 39,6 | 44,3 | |
| BC | 124+ | 0,6 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 0,5 | 4,5 | 46,4 | 50,9 | |
| Perfil 07 - Podzólico Vermelho Amarelo - PE | | | | | | | | | | |
| Ap | 0-12 | 29,8 | 33,3 | 7,6 | 8,3 | 5,6 | 84,6 | 148,4 | 233,0 | |
| A | 12-25 | 3,5 | 7,6 | 8,7 | 7,4 | 5,3 | 32,5 | 106,4 | 138,9 | |
| B ₁ | 25-50 | 2,1 | 3,7 | 4,8 | 3,7 | 3,7 | 18,0 | 75,7 | 93,7 | |
| B _{2t} | 50-80 | 0,7 | 2,7 | 17,2 | 76,8 | 12,0 | 109,4 | 70,4 | 179,8 | |

(1) Tr - trocável, Org - orgânico, Ox - óxido, OxFeA - óxido de ferro amorfo, OxFeC - óxido de ferro cristalino, S - soma das frações, Res - residual = (T - S) e T - Total.

(2) Não Detectado

Tabela 6 - Distribuição percentual das diversas formas de manganês determinadas em sete perfis de solos do Estado do Ceará.

| | | M a n g a n ê s ⁽¹⁾ | | | | | | | | |
|--|----------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|--|
| Horiz. | Prof. | Tr. | Org. | Ox | OxFeA | OxFeC | Soma | Res | T | |
| cm | | % | | | | | | | | |
| Perfil 01 - Areia Quartzosa - AQ_d | | | | | | | | | | |
| A | 0-33 | 5,32 | 7,97 | 5,98 | 6,31 | 2,33 | 27,91 | 72,09 | 100 | |
| C ₁ | 33-66 | 2,81 | 4,82 | 5,22 | 5,62 | 3,62 | 22,09 | 77,91 | 100 | |
| C ₂ | 66-106 | 2,94 | 4,04 | 5,52 | 5,88 | 3,31 | 21,69 | 78,31 | 100 | |
| C ₃ | 106-153 | 1,38 | 3,09 | 4,47 | 5,84 | 3,09 | 17,87 | 82,13 | 100 | |
| C ₄ | 153+ | 1,89 | 2,83 | 3,77 | 5,03 | 1,57 | 15,09 | 84,91 | 100 | |
| Perfil 02 - Aluvial - Ae | | | | | | | | | | |
| A _p | 0-9 | 11,14 | 34,70 | 7,71 | 12,23 | 6,05 | 71,83 | 28,17 | 100 | |
| 2C | 9-39 | 0,59 | 6,64 | 33,31 | 23,35 | 7,68 | 71,57 | 28,43 | 100 | |
| 3C ₁ | 39-63 | 0,87 | ND | 41,38 | 25,86 | 7,26 | 75,37 | 24,63 | 100 | |
| 3C ₂ | 63-80 | 5,06 | ND | 37,66 | 25,00 | 5,45 | 73,17 | 26,83 | 100 | |
| 4C | 80+ | 3,12 | ND | 33,99 | 29,18 | 5,18 | 71,47 | 28,53 | 100 | |
| Perfil 03 - Bruno Não Cálcico - NC | | | | | | | | | | |
| A ₁ | 0-05 | 10,36 | 33,09 | 12,68 | 12,88 | 2,73 | 71,74 | 28,26 | 100 | |
| A ₂ | 05-20 | 1,63 | 16,32 | 23,31 | 24,23 | 2,65 | 68,14 | 31,86 | 100 | |
| AB | 20-40 | 0,96 | 6,65 | 28,77 | 29,97 | 3,27 | 69,62 | 30,38 | 100 | |
| B _t | 40-60 | 1,83 | 1,82 | 33,47 | 39,21 | 4,42 | 80,75 | 19,25 | 100 | |
| C | 60-75 | 1,84 | 2,76 | 26,96 | 29,69 | 4,33 | 65,58 | 34,42 | 100 | |
| Perfil 04 - Cambissolo Eutrófico latos. Tb prof. - Ce | | | | | | | | | | |
| A | 0-4 | 7,09 | 40,50 | 20,54 | 5,45 | 3,99 | 77,57 | 22,43 | 100 | |
| BA | 4-17 | 1,24 | 37,57 | 30,18 | 6,53 | 5,63 | 81,15 | 18,85 | 100 | |
| B ₁ | 17-61 | 7,23 | 15,35 | 45,74 | 7,70 | 5,66 | 81,68 | 18,32 | 100 | |
| B ₂ | 61-118 | 11,85 | 10,70 | 46,01 | 8,87 | 5,22 | 82,65 | 17,35 | 100 | |
| B ₃ | 118-198+ | 0,51 | 5,85 | 43,78 | 13,30 | 10,36 | 73,80 | 26,20 | 100 | |
| Perfil 05 - Latossolo Vermelho Amarelo - LV | | | | | | | | | | |
| A _p | 0-18 | 1,09 | 14,82 | 11,31 | 29,64 | 3,40 | 60,26 | 39,74 | 100 | |
| A | 18-75 | 1,19 | 12,13 | 13,91 | 23,42 | 3,69 | 54,34 | 45,66 | 100 | |
| AB | 75-135 | ND ⁽²⁾ | 2,37 | 2,97 | 4,74 | 4,15 | 14,23 | 85,77 | 100 | |
| BA | 135+ | ND | 1,92 | 2,63 | 4,31 | 1,91 | 10,77 | 89,23 | 100 | |
| Perfil 06 - Podzólico Vermelho Amarelo - PV | | | | | | | | | | |
| A _p | 0-15 | 15,52 | 16,32 | 4,24 | 2,96 | 1,04 | 40,08 | 59,92 | 100 | |
| AB | 15-35 | 5,09 | 6,91 | 4,00 | 3,76 | 0,97 | 20,73 | 79,27 | 100 | |
| BA | 35-57 | 2,97 | 4,54 | 3,44 | 2,19 | 1,10 | 14,24 | 85,76 | 100 | |
| B _{t1} | 57-92 | 2,30 | 3,07 | 2,88 | 4,41 | 2,50 | 15,16 | 84,84 | 100 | |
| B _{t2} | 92-124 | 0,90 | 2,71 | 3,16 | 2,71 | 1,13 | 10,61 | 89,39 | 100 | |
| BC | 124+ | 1,18 | 1,97 | 2,16 | 2,55 | 0,98 | 8,84 | 91,16 | 100 | |
| Perfil 07 - Podzólico Vermelho Amarelo - PE | | | | | | | | | | |
| A _p | 0-12 | 12,79 | 14,29 | 3,26 | 3,56 | 2,41 | 36,31 | 63,69 | 100 | |
| A | 12-25 | 2,52 | 5,47 | 6,26 | 5,33 | 3,82 | 23,40 | 76,60 | 100 | |
| B ₁ | 25-50 | 2,24 | 3,95 | 5,12 | 3,95 | 3,95 | 19,21 | 80,79 | 100 | |
| B _{2t} | 50-80 | 0,39 | 1,50 | 9,57 | 42,71 | 6,67 | 60,84 | 39,16 | 100 | |

(1) Tr - trocável, Org - orgânico, Ox - óxido, OxFeA - óxido de ferro amorfo, OxFeC - óxido de ferro cristalino, S - soma das frações, Res - residual = (T - S) e T - Total.

(2) Não Detectado.

Tabela 7 - Teores médios das diversas formas do Mn, com sete perfis de solos do Estado do Ceará.

| Classe de Solo | M a n g a n ê s ⁽¹⁾ | | | | | | | |
|----------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|--------------------------|
| | Tr | Org. | Ox | OxFeA | OxFeC | Soma | Res | T |
| AQd | 0,82 b ⁽²⁾ (2,87) ⁽³⁾ | 1,30 b (4,55) | 1,42 b (4,99) | 1,64 c (5,74) | 0,78 d (2,78) | 5,96 (20,93) | 22,66 c (79,07) | 28,62 d (100,00) |
| Ae | 2,44 b (4,16) | 21,04 b (8,27) | 103,70 b (30,81) | 78,32 ab (23,12) | 20,14 b (6,32) | 235,64 (72,68) | 88,90 bc (27,32) | 324,54 bc (100,00) |
| NC | 11,74 b (3,32) | 37,50 b (12,13) | 108,00 b (25,04) | 119,06 a (27,20) | 15,28 b (3,48) | 291,59 (71,17) | 116,64 b (28,83) | 408,22 b (100,00) |
| Ce | 55,90 a (5,59) | 209,68 a (21,99) | 336,54 a (37,25) | 73,62 abc (8,37) | 53,62 a (6,17) | 729,36 (79,37) | 185,66 a (20,63) | 915,02 a (100,00) |
| LV | 0,50 b (0,57) | 6,42 b (7,81) | 6,15 b (7,70) | 12,72 bc (15,53) | 2,28 d (3,29) | 28,07 (34,90) | 38,83 dc (65,10) | 66,90 d (100,00) |
| PV | 4,62 b (4,66) | 5,46 b (5,92) | 2,47 b (3,31) | 2,17 c (3,10) | 0,85 d (1,29) | 15,57 (18,28) | 54,21 cde (81,72) | 69,78 d (100,00) |
| PE | 9,03 b (4,49) | 11,83 b (6,30) | 9,57 b (6,05) | 24,05 bc (13,89) | 6,65 cd (4,21) | 61,13 (34,94) | 100,22 bc (65,06) | 161,35 cd (100,00) |
| x | 13,58 (3,64) | 41,89 (9,57) | 81,12 (16,45) | 44,51 (13,85) | 14,23 (3,93) | 195,33 (47,47) | 86,73 (52,53) | 282,06 (100,00) |

⁽¹⁾ Tr - trocável, Org - orgânico, Ox - óxido, OxFeA - óxido de ferro amorfo, OxFeC - óxido de ferro cristalino,

S - soma das frações, Res - residual = (T - S) e T - Total.

⁽²⁾ Nas colunas, as médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste Tuckey, a 5% de probabilidade

⁽³⁾ Valores dentro dos parênteses expressam a percentagem em relação ao total

Tabela 8 - Amplitude de variação e teores médios de manganês total nos perfis de solos, ordenados segundo o material de origem.

| PERFIL | CLASSE DE SOLO | Mn T O T A L | |
|--------|--|-----------------|----------------|
| | | Amplitude | Média |
| | |mg/kg..... | |
| | ARENITO DA FORMAÇÃO SERRA GRANDE | | |
| 01 | Arcia Quartzosa Distrófica - AQd | 24,9 - | 31,8 28,62 |
| 05 | Latossolo Vermelho Amarelo - LV | 41,8 - | 91,1 66,90 |
| | SEDIMENTOS ALUVIAIS DO TERCIÁRIO | | |
| 02 | Aluvial Eutrófico - Ac | 247,8 - | 470,8 324,54 |
| | SAPROLITO DE GNAISSE | | |
| 03 | Bruno Não Cálcico - NC | 283,1 - | 635,5 408,32 |
| | ARENITO CALCÍFERO DA FORMAÇÃO JANDAÍRA | | |
| 04 | Cambissolo Eutrófico latos. - Cc | 667,9 - | 1.041,6 915,02 |
| | SEDIMENTOS ARENO SILTOSOS/ARGILOSOS DO GRUPO BARREIRAS | | |
| 06 | Podzólico Vermelho Amarelo - PV | 44,3 - | 125,0 69,78 |
| 07 | Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico - PE | 93,7 - | 233,0 161,35 |

Tabela 9 - Teores de manganês Total e Disponível analisados em sete perfis de solo do Estado do Ceará.

| Horiz. | Prof. cm | Mn T | Mn Disponível | | |
|--|-------------|---------|---------------|-------|-------|
| | | | Mehlich-1 | EDTA | DTPA |
| | | mg/kg | | | |
| Perfil 01 - Areia Quartzosa -AQd | | | | | |
| A | 0-33 | 30,1 | 1,7 | 2,0 | 1,8 |
| C ₁ | 33-66 | 24,9 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| C ₂ | 66-106 | 27,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| C ₃ | 106-153 | 29,1 | 0,1 | 0,4 | 0,3 |
| C ₄ | 153+ | 31,8 | 0,1 | 0,5 | 0,1 |
| Perfil 02 - Aluvial - Ae | | | | | |
| Ap | 0-9 | 247,8 | 89,8 | 31,8 | 47,1 |
| 2C | 9-39 | 289,1 | 32,3 | 6,8 | 26,7 |
| 3C ₁ | 39-63 | 308,6 | 21,9 | 8,6 | 23,3 |
| 3C ₂ | 63-80 | 306,4 | 29,4 | 22,5 | 35,6 |
| 4C | 80+ | 470,8 | 18,5 | 23,0 | 44,8 |
| Perfil 03 - Bruno Não Cálcico - NC | | | | | |
| A ₁ | 0-5 | 285,6 | 97,1 | 63,0 | 91,3 |
| A ₂ | 5-20 | 283,1 | 13,9 | 6,0 | 10,0 |
| AB | 20-40 | 291,6 | 12,1 | 4,5 | 9,0 |
| B _t | 40-60 | 545,5 | 14,6 | 15,3 | 15,6 |
| C | 60-75 | 635,3 | 24,3 | 26,6 | 32,7 |
| Perfil 04 - Cambissolo Eutrófico latos. Tb prof. - Ce | | | | | |
| A | 0-4 | 1.041,6 | 210,1 | 115,5 | 174,9 |
| BA | 4-17 | 881,5 | 65,5 | 40,8 | 90,4 |
| B ₁ | 17-61 | 947,2 | 27,7 | 26,2 | 64,6 |
| B ₂ | 61-118 | 1.036,9 | 25,5 | 19,9 | 39,2 |
| B ₃ | 118-198+ | 667,9 | 17,3 | 10,5 | 23,3 |
| Perfil 05 - Latossolo Vermelho Amarelo - LV | | | | | |
| Ap | 0-18 | 91,1 | 5,2 | 2,1 | 3,0 |
| A | 18-75 | 84,1 | 1,7 | 1,3 | 2,9 |
| AB | 75-135 | 50,6 | 0,5 | 0,4 | 0,7 |
| BA | 135+ | 41,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Perfil 06 - Podzólico Vermelho Amarelo -PV | | | | | |
| Ap | 0-15 | 125,0 | 33,8 | 28,0 | 30,4 |
| AB | 15-35 | 82,5 | 4,7 | 4,7 | 6,4 |
| BA | 35-57 | 63,9 | 2,6 | 2,2 | 2,3 |
| B _{t1} | 57-92 | 52,1 | 1,5 | 1,0 | 0,8 |
| B _{t2} | 92-124 | 44,3 | 0,7 | 0,3 | 0,4 |
| BC | 124+ | 50,9 | 0,7 | 0,3 | 0,3 |
| Perfil 07 - Podzólico Vermelho Amarelo - PE | | | | | |
| Ap | 0-12 | 233,0 | 68,4 | 44,2 | 45,7 |
| A | 12-25 | 138,9 | 10,2 | 4,3 | 4,5 |
| B ₁ | 25-50 | 93,7 | 5,9 | 2,1 | 2,3 |
| B _{2t} | 50-80 | 179,8 | 9,3 | 1,8 | 2,9 |
| x | | 285,7 | 24,9 | 15,2 | 24,5 |

Tabela 10 - Coeficientes de correlação simples (r) entre as frações de manganês, Mn-disponível e algumas propriedades do solo.

| Propriedades do solo | | | | | | | | |
|----------------------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|--|--|
| Manganês | pH | M.Org. | CTC | Arcia | Silte | Argila | | |
| Frações | | | | | | | | |
| Tr | 0,29 ns | 0,17 ns | 0,20 ns | -0,43 * | 0,29 ns | 0,40 * | | |
| ORG. | 0,31 ns | 0,43 * | 0,19 ns | -0,36 * | 0,01 ns | 0,46 ** | | |
| Ox | 0,36 * | -0,11 ns | 0,40 * | -0,76 ** | 0,46 ** | 0,72 ** | | |
| OxFcA | 0,48 ** | -0,15 ns | 0,85 ** | -0,48 ** | 0,49 ** | 0,35 * | | |
| OxFcC | 0,42 * | -0,08 ns | 0,45 ** | -0,79 ** | 0,53 ** | 0,72 ** | | |
| Rcs | 0,54 ** | 0,06 ns | 0,61 ** | -0,51 ** | 0,44 ** | 0,45 ** | | |
| T | 0,47 ** | 0,08 ns | 0,53 ** | -0,68 ** | 0,42 * | 0,65 ** | | |
| Disponível | | | | | | | | |
| Mehlich-1 | 0,46 ** | 0,55 ** | 0,33 ns | -0,14 ns | 0,14 ns | 0,12 ns | | |
| EDTA | 0,41 * | 0,51 ** | 0,38 * | -0,16 ns | 0,14 ns | 0,16 ns | | |
| DTPA | 0,47 ** | 0,47 ** | 0,37 * | -0,31 ns | 0,19 ns | 0,32 ns | | |

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 11 - Coeficientes de correlação simples (r) entre as frações do manganês disponível.

| FRAÇÃO | Manganês disponível | | |
|------------|---------------------|---------|---------|
| | Mehlich-1 | EDTA | DTPA |
| Tr | 0,53 ** | 0,59 ** | 0,62 ** |
| ORG. | 0,82 ** | 0,82 ** | 0,89 ** |
| Ox | 0,28 ns | 0,37 * | 0,51 ** |
| OxFcA | 0,13 ns | 0,23 ns | 0,26 ns |
| OxFcC | 0,39 * | 0,44 ** | 0,57 ** |
| Res | 0,59 ** | 0,67 ** | 0,71 ** |
| T | 0,56 ** | 0,64 ** | 0,74 ** |
| DISPONÍVEL | | | |
| Mehlich-1 | 1 | 0,97 ** | 0,94 ** |
| EDTA | | 1 | 0,97 ** |
| DTPA | | | 1 |

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

também, na faixa indicada por MALAVOLTA et al., (1991) para solos do Brasil (10 a 2200 mg/kg).

Os teores de manganês total variaram de solo para solo e, dentro de cada perfil, com a profundidade (Tabela 5). As maiores variações foram verificadas entre solos, e podem ser atribuídas, principalmente, as diferenças no conteúdo de manganês do material originário, condicionados pelos processos de formação dos solos. O solo que apresentou maior teor de Mn-T foi o Cambissolo Eutrófico Latossólico (667 a 1.041,6 mg/kg), originado do calcário e arenito calcífero da Formação Jandaíra do Cretáceo e, o de menor teor, a Areia Quartzosa distrófica (24,9 a 31,8 mg/kg), cujo material originário é o arenito da Formação Serra Grande (Tabela 8).

Considerando-se todos os solos, quanto ao teor médio de Mn-T (Tabelas 7 e 8) observou-se que os mesmos apresentaram a seguinte ordem decrescente: Ce > NC > Ae > PE > PV > LV > AQd, sugerindo que o conteúdo de Mn dos materiais originários também variaram nesta ordem: calcário e arenito calcífero da Formação Jandaíra > saprolito de gnaiss > sedimentos aluviais do Rio Curu > sedimento arenoso do grupo Barreiras > arenito de Formação Serra Grande.

Na Tabela 5 também verificou-se que os teores de manganês nos perfis variaram com a profundidade sendo estas variações muito menores que aquelas observadas entre os solos. Com exceção dos solos Aluvial e Bruno Não Cálculo, os demais solos apresentaram os maiores valores de Mn-T nos horizontes superficiais, que também exibiram maiores teores de matéria orgânica. Nessa camada, uma alta

proporção do Mn encontra-se associada aos complexos orgânicos, conforme pode ser verificado na Tabela 6. Comportamento similar também foram encontrados por DANTAS (1971) em solos dos Estados de Pernambuco e Alagoas.

Nos resultados obtidos para o manganês total apresentados na (Tabela 5), observou-se que o valor mais alto, 1.041,6 mg/kg, é inferior àqueles encontrados por VALADARES & CAMARGO (1983), FERNANDES (1973), CATANI & GALLO (1951), VERDADE (1960b), todos em São Paulo; SHUMAN (1979, 1988) nos Estados Unidos; SINGH (1984), no trópico úmido brasileiro. Os maiores teores encontrados pelos autores citados verificaram-se em solos originários de rochas básicas, e com maiores teores de argila. Por outro lado, SINGH et al. (1988), em solos calcários da Índia e DANTAS (1971) em solos de Pernambuco e Alagoas, encontraram teores inferiores aos do trabalho.

Ao relacionar o Mn-T com algumas propriedades do solo (Tabela 10) verificou-se correlação positiva e altamente significativa (nível de 1%) com o pH, CTC e argila e, ao nível de 5%, com silte, enquanto que, com a fração areia, a correlação foi negativa e altamente significativa.

4.2 - Manganês Trocável (Mn-Tr)

Os resultados analíticos do manganês trocável dos solos estudados variaram de traços a 122,9 mg/kg, (Tabela 5). Nesta fração encontraram-se incluídas as formas solúveis em água, as quais não foram determinadas.

Nos solos estudados, a faixa de teores de manganês trocável foi inferior à obtida em solos de São Paulo por PAIVA NETTO (1941b) que foi de 2,75 a 302,5 mg/kg usando como extrator o cloreto de amônio; CATANI & GALLO (1951), de traços a 169,4 mg/kg, extraído com $Mg(NO_3)_2$, 1N pH 5,15; VALADARES & CAMARGO (1983) de 0,6 a 180 mg/kg, com acetato de amônio 1N pH 7,0; ADAMS (1965) e FERNANDES (1973), de traços a 45,4 mg/kg, com KNO_3 N. No Nordeste, resultados semelhantes foram verificados em solos das regiões do Litoral (zona da Mata) e Sertão do Estado de Pernambuco (HOROWITZ e DANTAS, 1966 e DANTAS, 1971). Em solos de outros países, diversos pesquisadores (SHUMAN, 1979, 1985, 1988; SIMS, 1986; SINGH et al., 1988), também indicaram faixas de variações de Mn-Tr inferiores e, algumas, superiores as do presente trabalho. As grandes variações observadas nesta fração do manganês podem ser justificadas em função de que os solos estudados são originários de materiais diversos, pertencentes a diferentes classes de solos e com propriedades variando entre elas.

As maiores concentrações de Mn-Tr foram encontradas nos horizontes superficiais, excetuando-se o Cambissolo Eutrófico Latossolo Tb Profundo-Ce, que apresentou o maior teor no horizonte B₂. Os solos Aluvial e Bruno Não Cálcico apresentaram um padrão de distribuição de Mn-Tr no perfil similar, porém, com maior teor no horizonte superficial (27,6 e 29,6 mg/kg, respectivamente) que decresceram nos horizontes subsuperficiais (1,7 e 2,8 mg/kg, respectivamente), aumentando, em seguida, nos horizontes mais profundos (15,5 e 11,7 mg/kg,

respectivamente). Nos demais solos (AQd, LV, PV, e PE), verificou-se uma diminuição do Mn-Tr com a profundidade (Tabela 5).

O estudo das relações entre o Mn-Tr e algumas propriedades dos solos estudados revelou correlação positiva significativa ao nível de 5% para a argila e, negativa para a areia (Tabela 10). De modo geral, a distribuição desta fração seguiu as variações dos teores da matéria orgânica e CTC dos horizontes no perfil. No entanto, a falta de correlação do Mn-Tr com as propriedades pH, M.O, CTC e silte, observadas por outros pesquisadores (SHUMAN, 1979, 1985, 1988; SINGH et al., 1988), possivelmente foi causada pela dispersão dos dados, por tratar-se de classes de solos com materiais de origem diferentes.

4.3 - Manganês no Complexo Orgânico (Mn-Org)

Os teores de manganês ligado ao complexo-orgânico em todas as amostras variaram de traços a 421,8 mg/kg (Tabela 5) e, nos perfis, as médias oscilaram de 1,30 a 209,68 mg/kg (Tabela 7). Teores de Mn-Org nos solos, na faixa de valores encontrados no presente trabalho, também são indicados por (SHUMAN, 1979, 1985, 1988; SIMS, 1986; SINGH et al., 1988). Os teores médios nos perfis dos solos estudados apresentaram a seguinte ordem decrescente: Ce > NC > Ae > PE > LV > PV > AQd.

Analisando os perfis de forma individual, observou-se que os maiores teores de Mn-Org foram encontrados nos horizontes superficiais e diminuíram com a

profundidade, seguindo a mesma distribuição da matéria orgânica (Tabela 3). Isto, justifica a presença de complexos orgânicos com manganês. Segundo HODGSON (1963), STEVENSON & ARDAKANI (1972) e CAMARGO (1988), a matéria orgânica apresenta grande afinidade pelos metais, com os quais, através de ligações com radicais orgânicos carboxílicos, fenólicos e outros ligantes, forma quelatos ou complexos.

Os teores extremos do Mn-Org foram verificados no Cambissolo Eutrófico (421,8 mg/kg) e na Areia Quartzosa distrófica (2,4 mg/kg) apresentando, entre eles, uma variação em torno de 176 vezes nos horizontes superficiais. No entanto, a diferença do conteúdo de matéria orgânica desses solos foi de 3 vezes (2,86 e 0,96%, respectivamente), indicando diferenças nos teores de manganês na matéria orgânica desses solos. Para isso deve ter influenciado, o conteúdo de manganês dos materiais de origem, vez que a concentração de Mn-Org seguiu o mesmo comportamento que a do Mn-T no solo.

O Mn-Org correlacionou-se, de forma positiva e significativa, com argila e matéria orgânica aos níveis de 1 e 5%, respectivamente e, negativa, com a areia ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 10).

4.4 - Óxidos de Manganês (Mn-Ox)

Os teores de óxidos de manganês nos solos estudados variaram de 1,1 a 477,1 mg/kg (Tabela 5), apresentando as menores quantidades na AQd e, as

maiores, no Ce, com teores médios de 1,42 a 336,54 mg/kg, respectivamente (Tabela 7). Estes resultados estão em concordância com aqueles encontrados por SHUMAN (1985), SIMS(1986) e SINGH et al., (1988).

Levando-se em consideração o teor médio desta forma de manganês nos solos estudados, observou-se a seguinte ordem crescente: AQd < PV < LV < PE < Ae < NC < Ce , a qual é praticamente a mesma do manganês total.

Em relação a distribuição no perfil, não se verificou uma uniformidade em todas as classes de solos: nos solos AQd, LV e PV ocorreu uma tendência a diminuir com a profundidade; nos solos Ae e PE ocorreu o inverso e, nos solos NC e Ce, as maiores concentrações encontraram-se no horizonte B (Tabela 5). Essa diversidade de comportamento é justificada em função da química do manganês no solo ser complexa e pouco conhecida. É um elemento que apresenta vários estados de oxidação (+2, +3 e +4), que forma inúmeros óxidos, os quais podem ser novamente transformados segundo as condições de oxiredução que ocorrem durante os processos pedogênicos (BESOAIN, 1985).

Ao relacionar o Ox-Mn com as propriedades do solo, obteve-se correlação, positiva e significativa ao nível de (1%), com argila e silte e, negativa, com areia; correlacionou-se positivamente a (5%) com o pH e CTC, não se verificando correlação com a matéria orgânica (Tabela 10).

4.5 - Manganês ligado aos óxidos de Ferro Amorfo e Cristalino

(Mn-OxFeA e Mn-OxFeC)

Nos solos estudados, as quantidades de Mn-OxFeA foram sempre superiores aos de Mn-OxFeC, com uma amplitude de valores de 1,2 a 213,9 mg/kg e de 0,5 a 69,2 mg/kg, respectivamente (Tabela 5). Tais resultados estão em concordância com os relatados por SHUMAN,(1979, 1985, 1988), SIMS, (1986) e SINGH et al., (1988).

Segundo os valores médios dos perfis, (Tabela 7) os solos apresentaram as seguintes ordens decrescentes: NC > Ae > Ce > PE > LV > PV > AQd, para as concentrações de Mn-OxFeA e, Ce > Ae > NC > PE > LV > PV > AQd, para as concentrações de Mn-OxFeC.

Os solos Aluvial, Bruno Não Cálcico e Cambissolo Eutrófico apresentaram os maiores teores de ambos os óxidos, bem como os maiores teores de Mn-T (Tabela 5). Nestes solos, os teores médios de Mn-OxFeA nos perfis constituíram-se de 23,12; 27,20 e 8,37% do Mn-T, respectivamente. Para o Mn-OxFeC, estas percentagens foram de 6,32; 3,48 e 6,17%, respectivamente (Tabela 7). Nos demais solos (AQd, LV, e PE) os teores médios de Mn-OxFeA e Mn-OxFeC foram de 6,0 a 70 vezes inferiores, representando os Mn-OxFeA 3,1 a 15,5% e, o Mn-OxFeC. 1,3 a 4,2% do Mn-T.

O manganês associado aos óxidos de ferro nos perfis dos solos Ae, NC e Ce aumentaram com a profundidade. Nos solos LV, PV e AQd os maiores teores destes óxidos foram verificados nos horizontes superficiais e diminuíram com a profundidade, enquanto que no PE, o maior teor foi verificado no horizonte B_{2t}. A

diferença de comportamento observada entre solos, certamente está associada a diferença nos processos de formação dos mesmos e aos teores de manganês total no material de origem. Nos solos mais ricos em Mn-T (NC, Ae e Ce) possivelmente houve transporte de manganês das camadas superficiais para as mais profundas, concentrando-se nelas. Nos solos LV, PV e AQd, com baixos teores em Mn-T, a maior quantidade de manganês associada aos óxidos de ferro na superfície é explicada pelos maiores teores de matéria orgânica dos horizontes superficiais.

Ao se relacionar o Mn-OxFeA e o Mn-OxFeC com algumas propriedades do solo (Tabela 10), verificou-se correlações significativas aos níveis de 1% ou 5%, de forma positiva com pH, CTC, silte e argila e, de forma negativa, com areia.

4.6 - Manganês Residual (Mn-Res)

Nesta fração verificou-se uma variação de 19,4 a 233,7 mg/kg nos solos, AQd e Ce, representando 77,91 a 22,43% do Mn-T, respectivamente. O manganês residual foi a fração que apresentou as maiores variações dentre aquelas determinadas, com valores correspondentes a 17,35 a 91,16% do Mn-T, respectivamente (Tabelas 5 e 6). O conteúdo médio do Mn-Res nos solos estudados seguiu a seguinte ordem decrescente: Ce > NC > PE > Ae > PV > LV > AQd porém, quando foi considerada a percentagem do total, essa ordem foi alterada para PV > AQd > LV = PE > NC > Ce (Tabela 7). Os solos com maiores conteúdos de

Mn-T (Ce, NC e Ae) foram os que apresentaram as menores proporções de Mn-Res, e o manganês, em sua maior parte, encontra-se nas formas de OxMn e OxFeA e OxFeC. Tais resultados estão em concordância com aqueles relatados por MALAVOLTA, (1980) e KUO et al., (1983).

Segundo GUIMARÃES (1993), os solos Ce, NC e Ae apresentam maiores quantidades de Fe-Total e óxidos de ferro amorfos e cristalinos que os demais solos estudados. As altas relações Feo/Fed observadas indicam uma predominância dos óxidos de ferro amorfos sobre os óxidos de ferro cristalinos e que se trata de solos relativamente pouco intemperizados.

A fração de Mn-Res apresentou variações nos perfis, verificando-se que, nos solos AQd, Ae, NC os teores aumentaram com a profundidade, enquanto nos Ce, LV, PV e PE, o comportamento foi inverso.

O manganês residual correlacionou-se significativamente, ao nível de (1%), de forma positiva, com o pH, CTC, silte e argila e, de forma negativa, com a areia (Tabela 10).

4.7 - Manganês Disponível

Nos horizontes superficiais dos solos estudados, os teores de manganês extraídos pela solução de Mehlich-1, ficaram compreendidos entre 1,7 (AQd) a 210,1 mg/kg (Ce) apresentando uma faixa de variação superior a apresentada por SHUMAN & ANDERSON (1974) e LOPES & COX (1977) que relataram valores

variando de 0,6 a 112 mg/kg. Com o DTPA, os teores variaram de 1,8 (AQd) a 174,9 mg/kg (Ce), valores estes superiores aos citados por SHUMAN & ANDERSON (1974), LINDSAY & NORVELL (1978) e VALADARES & CAMARGO (1983), todos trabalhando com solos com teores mais elevados Mn-T. Com o extrator EDTA, os teores variaram de 2,0 (AQd) a 115,5 mg/kg (Ce), valores superiores aos encontrados por GOUGH et al., (1980) e RANDALL et al., (1976). Em relação a distribuição do manganês disponível no perfil, invariavelmente os maiores teores foram encontrados nos horizontes superficiais, de todos os solos, observando-se uma tendência a diminuir com a profundidade, exceto nos solos Ae e NC.

Comparando os extratores, verificou-se que o Mehlich-1 e o DTPA extraíram quantidades similares de manganês (média geral 24,9 e 24,5 mg/kg, respectivamente), fato também comprovado por CAMARGO et al., (1982), enquanto o EDTA extraiu menos (média 15,2 mg/kg). Quando os extratores foram comparados entre si, observou-se coeficientes de correlação significativa ao nível de (1%) para Mehlich-1 x EDTA, ($r = 0,97$), Mehlich-1 x DTPA ($r = 0,94$) e para EDTA x DTPA ($r = 0,97$) sugerindo que os mesmos extraem quantidades semelhantes de manganês (Tabela 11).

Quando se correlacionou o Mn-disponível com as diferentes formas determinadas no fracionamento (Tabela 11), detectou-se correlações altamente significativas (1%) com o Mn-Org e o Mn-Tr, para os três extratores e, com o Mn-OxMn, apenas para o DTPA. O Mn-OxFeA não apresentou correlação significativa

com nenhum dos extratores, enquanto que, o Mn-OxFeC correlacionou-se, de maneira significativa (5%), com Mehlich-1 e EDTA e, altamente significativo (1%) com DTPA. O Mn-Res e o Mn-T também foram altamente correlacionados (1%) com o manganês disponível nos três extratores.

Levando-se em consideração que na determinação das diferentes formas de manganês no solo, seguiu-se um procedimento seqüencial, onde primeiro foram extraídas as formas de manganês mais fracamente retidas, estes resultados sugerem que as frações Mn-Org e Mn-Tr são as que mais contribuem para o Mn-disponível, enquanto que, as demais formas contribuem ou não, em menores proporções. As correlações significativas verificadas com as frações Mn-OxFeC e Mn-Res, possivelmente, foram causadas pelas maiores quantidades dessas frações, presentes nos solos mais ricos em manganês-Total e não porque fossem disponíveis.

Relacionando o Mn-disponível com as propriedades do solo (Tabela 10), também se comprova a grande influência da matéria orgânica e do pH em face das correlações positivas e altamente significativas (1%) encontradas entre estas propriedades e as quantidades de manganês obtidas pelos extratores. Com a CTC a correlação foi significativa apenas para EDTA e DTPA e, para as demais propriedades, não ocorreram correlações.

Considerando como nível crítico 5 mg/kg para o extrator de Mehlich-1 (COX & KAMPRATH, 1972; GALRÃO et al., 1978, LOPES 1984), dentre os solos estudados apenas a AQd e o LV apresentaram teores insuficientes deste nutriente para atender as necessidades das plantas. O PV embora com teores superiores ao

nível crítico na camada superficial, se cultivado intensivamente poderá apresentar, a médio prazo, deficiência de manganês devido aos teores deste nutriente reduzirem-se drasticamente com a profundidade. Já os solos, PE, NC e Ce apresentaram-se bem supridos deste nutriente.

5 - CONCLUSÕES

1 - Os solos estudados apresentaram teores totais de manganês que variaram de 24,9 a 1.041,6 mg/kg, com média de 285,7 mg/kg, verificando-se os menores teores na Areia Quartzosa distrófica (24,9 a 31,8 mg/kg) e os maiores no Cambissolo Eutrófico (667,9 a 1.041,6 mg/kg).

2 - O material de origem contribuiu para o teor de manganês total dos solos segundo a seguinte ordem: Arenito da Formação Serra Grande < Sedimentos Arenos Siltosos/Argilosos do Grupo Barreiras < Sedimentos Aluviais do Terciário < Saprolito de Gnaisse < Arenito Calcífero da Formação Jandaíra.

3 - Todos os solos apresentaram os maiores teores de manganês total no horizonte superficial, porém a distribuição nos horizontes subsuperficiais variou, verificando-se no Latossolo Vermelho Amarelo, Podzólico Vermelho Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico um decréscimo dos teores com a profundidade enquanto que, na Areia Quartzosa distrófica, Aluvial Eutrófico, Bruno Não Cálcico e Cambissolo Eutrófico houve um decréscimo inicial, seguido de um aumento com a profundidade.

4 - O manganês trocável e o associado à matéria orgânica foram as frações que mais contribuíram para o manganês disponível extraído pelas soluções de Mehlich-1, EDTA e DTPA.

5 - Nos solos estudados o extrator de Mehlich-1 e DTPA extraíram quantidades similares de Mn-disponível (média 24,9 e 24,5 mg/kg, respectivamente) e superiores ao EDTA (média 15,2 mg/kg), apresentando resultados altamente correlacionados entre si.

6 - Os solos mais ricos em manganês total apresentaram as mais baixas proporções de manganês residual e vice-versa.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F. Manganese. In: Black et al. (ed) **Methods of Soil Analysis**.
Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.p.1011-1018.
- BEAR, F. C. **Los suelos en relacion con el crecimiento de los cultivos**.
Tradução, por J.A.Veloso, Barcelona: Omega 1969. 368p.
- BESOAIN, E. **Mineralogia de arcillas de suelos**. San José, Costa Rica: IICA, 1985.
1205p.
- BORKERT, C. M., LANTMANN, A.F. PALHANO, J. B. et al. Determinação
química do manganês absorvível pela soja. IN: SEMINÁRIO NACIONAL DE
PESQUISA DA SOJA, 3, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP:
EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de soja, 1984. p.879-87.
- BORKERT, C. M. Manganês In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C.P.,
Micronutrientes na agricultura, POTAFOS/CNPq, Piracicaba, 1991, 734p.
p.173-190

- BROWMAN, M.G., CHESTERS, G., PIONKE, H.B. Evaluation of tests for predicting the availability of soil manganese to plants. **J.Agric. Sci.**, Cambridge, V.72, n.13, p.335-40, 1969.
- BUCKMAN, H.O., BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. USAID. Rio de Janeiro, 1967, 594p.
- CAMARGO, O.A. Micronutrientes no solo In: BORKERT, C. M., LANTMANN, A.F. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina: EMBRAPA/IAPAR/SBCS, 1988. p. 103-120. Anais do Simpósio: Enxofre e micronutrientes no solo.
- CAMARGO, O.A., VALADARES, J.M.A.S., DECHEN, A. R. Efeitos do pH e da incubação na extração do manganês, zinco, cobre e ferro do solo. **R. bras. Ci. do Solo**, Campinas, SP, V.6. p. 83-88. 1982.
- CATANI, R.A., GALLO, J.R. A extração do manganês e suas formas de ocorrência em alguns solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, SP, V.11, p.255-266, 1951.
- CHAO, T.T. Selective dissolution of manganese oxides from soils and sediments with acidified hydroxylamine hydrochloride. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** V.36, p.764-768, 1972.

CHAO, T.T., ZHOU, L. Extraction techniques for selective dissolution of amorphous iron oxides from soils and sediments. **Soil Sci. Soc. Am J.** V.47, p.225-232, 1983.

COELHO, M.A., MOTA, F.O.B. Regimes hídricos e térmicos de solos do Estado do Ceará I - Podzólico Vermelho Amarelo, Equivalente Eutrófico, do Município de Fortaleza. **Ciência Agronomica.** Fortaleza. V.8, n.1,2, p.3-8, 1978.

COLLINGS, G.H. **Em comercial fertilizers**, 5th ed. MaC Graw Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, London, p.335, 1955.

COX, F.R., KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil tests. In. MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L., ed. **Micronutrients in agriculture.** Madison: Soil Sc. Soc. Am. 1972. p.289-317.

DANTAS, H.S. Manganês e cátions permutáveis na Utinga. **Pesq. Agr. Bras. Série Agronomica,** Rio de Janeiro, V.6, p.27-30, 1971.

DECHEN, A.R., HAAG, H.P., CARMELLO, Q.A, de C. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. P. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991, 734p. p.65-78.

DECHEN, A.R., HAAG, H.P., CARMELLO, Q. A. de C. Diagnose visual, In: FERREIRA, M.E., CRUZ, M.C. P. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba:

POTAFOS/CNPq, 1991, 734p. p.273-288.

EMBRAPA - **Manual de métodos de análises de solo.** Rio Janeiro, 1979, 247p.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975. 341p.

FASSBENDER, H.W., BORNEMISZA, E. **Química de suelos con énfasis en suelos da América Latina.** 2.Ed. Costa Rica: San José/IICA, 1987. 420p.

-----, ROLDAN, J.A. Formas y equilibrios del manganeso en suelos de America Central. **Turrialba** V.23, n.1, p.30-36. 1973.

FERNANDES, V.L.B. **Avaliação dos teores de manganês total e trocável em alguns solos do Estado de São Paulo.** Piracicaba, 1973. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", USP, 1973.

FERREYRA, H.F.F. **Avaliação do zinco em solos do Estado do Ceará.** Fortaleza, 1994. 118p. Dissertação (Professor Titular Departamento de Ciências do Solo) - Centro de Ciências Agrárias - UFC, 1994.

FEY, MU., DIXON, J.B. Rapid estimation of iron oxides in soils and clays by

spectrophotometric analysis. **Soil Si. Soc. Am. J.**, Madison, V.47, p.1261-1263. 1983.

FISKELL, J.G.A. Copper. In Black, C.A. et al., eds *Methods of soil analysis*. Madison: Wisconsin, **Am. Soc.Agr.** 1965. V.2, p.1078-1089.

FREIRE, J.P., **Efeito de cálcio e do pH na absorção do manganês pelos solos e na toxidez às plantas**. Piracicaba, 1975. 49p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", USP, 1975.

FUJIMOTO, C. K., SHERMAN, G.D. Behaviour of manganese in the soil and the manganese cycle. **Soil. Sci.** , V.66, p.131-176. 1948.

FUNDAÇÃO: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA. Departamento de Geografia. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões**. Rio de Janeiro, 1990. V.2 T.2: Região Nordeste - Brasil.

GALRÃO, E.Z., SUHET, A. R., SOUZA, D.M.G. de Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa L.*) em solo de Cerrado. **R. bras. Ci. do Solo**. V.2, p.129-132, 1978.

GOMES, F.P. **Curso de Estatística Experimental**, 11 ed. Piracicaba: Nobel, 1985.

466p.

GOUCH, L.P., McNEAL, J.M., SEVERSON, R.C. Predicting native plant copper, iron, manganese, and zinc levels using DTPA and EDTA soil extractants, northern Great Plains. **Soil Sci. Soc. Am. J.** V.44, p.1030-1036, 1980.

GUIMARÃES, F.V.A. **Fracionamento do ferro em seis solos do Estado do Ceará.** Fortaleza, 1993. 80p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal do Ceará, 1993.

HAMMES, J.K., BERGER, K.C. Chemical extraction and crop removal of manganese from air-dried and moist soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, V.24, p.361-64, 1960.

HANNA, W.J. Methods for chemical analysis of soils. In: BEAR, F.E., ed. **Chemistry of the soil.** New York, Reinhold, 1967, p.474-502.

HARMSSEN, K., VLEK, P.L.G. The chemistry of micronutrients in soil. **Fertilizer Research**, Dordrecht, V. 7, P.1-42, 1985.

HEMSTOCK, C. A., LOW, P.F. Mechanisms responsible for retention of manganese in the colloidal fraction of soil. **Soil Sci.** V.76, n.5, p.331-374. 1953.

HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. **Advances in Agronomy**, New York, V. 15, p.119-159, 1963.

HOROWITZ, A. J., ELRICK, K. A. Multielement analysis of rocks and sediments by wet digestion and atomic absorption spectroscopy. **Varian Instruments at Work**, Georgia, AA-47, p.1-7, April, 1985.

HOROWITZ, A., DANTAS, H.S. Geoquímica dos elementos menores nos solos de Pernambuco. I Manganês na Zona da Mata e no Sertão. **Pesq. Agrop. Bras.** Rio de Janeiro. V.1, p.383-390, 1966.

JACOMINE, P.K.T., ALMEIDA, J.C., MEDEIROS, L.A.R. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: MA/DNPEA/SUDENE/DRN. 1973. 2v. Boletim Técnico, 28 - Série Pedologia, 16.

JONES, L.P., LEEPER, G.W. Available manganese oxides in neutral and alkaline soils. **Plant and Soil**, V.3, p.154-59, 1951b .

KHANNA, P., MISHRA, B. Behaviour of manganese in some acid soils in western Germany in relation to pH and air-drying. **Geoderma**, Amsterdam, V.20, p.289-297. 1978.

KRAUSKOPF, K.B. Geochemistry of micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.,

GIORDANO, P.M., LINDSAY, W.L. **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Sci.Soc. Am. 1972, p.7-40.

-----, **Introdução à geoquímica**. São Paulo, USP/Polígono, 1972. V.2, 605p.

KUO, S., HEILMAN, P.E., BAKER, A. S. Distribution and forms of copper, zinc, cadmium, iron, and manganese in soils near a copper smelter. **Soil Sci.** V. 135, p.101-109, 1983.

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 1985. 315p.

KARIM, A.Q.M.B., HUSSARIN, M., & CHOUDHURY, S. Studies on the manganese content and its distribution on some East Pakistan soils. **Soil. Sci.** V.90, p.129-132, 1960.

LANTMANN, A.F., MEURER, E.J. Estudo da eficiência de extratores para avaliação do zinco disponível do solo para o milho. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, V. 6, p.131-135, 1982.

LEE, J.D. **Química Inorgânica: um novo texto conciso**. 3 ed. Tradução por Juergem Heinrich Maar. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 507p. Tradução de: A new concise inorganic chemistry.

LEEPER, G.W. Forms and reactions of manganese in soil. **Soil Sci.** Baltimore, V.63, p.79-94, 1947.

LIMA, F.A.M., COELHO, M.A., MOTA, F.O.B. et al. **Levantamento detalhado de solos, capacidade e alternativas de uso do campus do Pici.** Fortaleza: UFC/CCA/DNAE, 1980a.

LINDSAY, W.L., NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper, **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, V.42, p.421-428, 1978.

LINDSAY, W.L. **Chemical equilibria in soils.** New York: John Wiley & Sons, 1979, 449p.

LOPES, A.S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1., Brasília, 1984. **Anais. ... Brasília: EMBRAPA, 1984.** p.347-382.

LOPES, A.S., COX, F.R. A survey of the fertility status of surface soils under "cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Sci. Soc. Am J.** Madison: V.41, p.742-747, 1977.

LUCAS, R.E., KNEZEK, B.D. Climat and soil conditions promoting micronutrients deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P.M. LINDSAY,

- W.L. Micronutrients in agriculture. Madison: **Soil Sci. Soc. Am.** 1972, p.265-288.
- MALAVOLTA, E., BOARETTO, A.E., PAULINO, V.T. Micronutrientes - Uma visão geral In: FERREIRA, M. E., CURZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura.** Piracicaba, POTAFOS/CNPq, 1991, 734p. p.1-23.
- MALAVOLTA, E. Funções dos micronutrientes. In: -----, **Curso pós-Graduado de solos e nutrição de plantas; nutrição mineral de plantas.** Piracicaba. 1970. p.49-82. Mimeografado.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química Agrícola, nutrição de plantas e fertilidade do solo,** São Paulo, Editora Agronomica Ceres, 1976, 528p.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E., SARRUGE, J.R., BITTENCOURT, V.C. Toxidez de alumínio e de manganês. In: **SIMPÓSIO SOBRE CERRADO - BASES PARA UTILIZAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4.,** Belo Horizonte, 1976. Editora Itatiaia Ltda. p. 275-301.
- MARINHO, M.L. Respostas das culturas aos micronutrientes ferro, manganês e cobre. In: **SIMPÓSIO ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA**

BRASILEIRA, Londrina: **Anais.** ... Londrina: EMBRAPA/IAPAR/SBCS, 1988.
317p. p.239-264.

MELLO, F.A.F., BRASIL SOBRINHO, M.O.C., ARZOLLA, S., et al., **Fertilidade do solo** 3 ed.. São Paulo, Nobel, 1987. 400p.

MENGEL, K., KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** Bern/Swotzerçamd:
International Potash Institute, 3. ed. 1982. 655p.

McKENZIE, R.M. Manganese oxides and hidroxides. In. Dixon, J.B. Weed, S.B. Eds.
Minerals in soil environments. Madison. Wisc.: U.S.A. Soil Sci. Soc. Am. Inc.,
1977, p.181-193.

MOREIRA, E.S., AQUINO, B.F., MOTA, F.O.B., et al. **Projeto Jaguaribe - Apodí - Levantamento detalhado de solos : Pedologia.** Fortaleza: DNOCS/ASTEF/UFC,
1987.

MOREIRA, E.G.S. **Morfologia, gênese e classificação de solos do Posto Agropecuário de Carazinho R.S.** Porto Alegre, 1970. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1970.

MOTA F.O.B., LIMA, F.A.M., MOREIRA, E.G.S. **Classificação de solos da Fazenda**

Experimental do Vale do Curu (FEVC) - Parte Alta. **Ci. Agr.**, Fortaleza, V.10, n.1, p. 53-55, 1980.

MULDER, E.G., GERRETSEN, F.C. Soil manganese in relation to plant growth. **Advance Agronomy**, New York, V.4 p.221-272, 1952.

MURAOKA, T. Avaliação dos teores totais de zinco e manganês do solo. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, V.6, n.1, p.155-158, jan/abr. 1984.

MURAOKA, T., NEPTUNE, A.M.L., NASCIMENTO FILHO, V.F. Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. II Manganês. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, V.7.,n.2, p.177-182, maio/ago. 1983b.

OHKI, K., BOWELL, F.C., PARKER, M.B., et al. Critical manganese deficiency level of soybean related to leaf position. **Agron. J.**, Madison, V.71, p.233-234, 1979.

OLIVEIRA, I.P. **Efeito do alumínio e de micronutrientes no feijoeiro** (*Phaseolus vulgaris* L.) Piracicaba, 1980. Tese (Doutor em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz", USP, 1980.

PAGE, E.R. Studies on soil and plant manganese. II The relationship of soil pH to manganese availability. **Pl. Soil.**, Hague, V. 16. p.247-257, 1962.

----- The extractable manganese of soil, **Soil Sci. J.** V.15, p.93-102, 1964.

PAIVA NETTO, J.E. DE. Dosagem do manganês no solo. **Rev. de Agricultura.** V. 16, p.371-374, 1941a.

----- O manganês e os solos do Estado de S.Paulo, **Rev. de Agricultura.** V. 16, p.461-480. 1941b.

PANIAGO, C.A.F., ANDRADE, D.P.DE, TSURUTA, J.H., et al. **Software Científico - SOC.** Campinas: NTIA - EMBRAPA, 1989. 1V.

PAVAN, M.A., MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês no solo; dificuldades e problemas na interpretação da análise para fins de fertilidade. **R. bras. Ci. do Solo,** Campinas, V.8, n.3, p.285-289, set/dez. 1984.

RAIJ, B.VAN. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Agronômica Ceres/ Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991, 343p.

RANDALL, G.W., SCHULTE, E.E., COREY, R.B. Correlation of plant manganese with extractable soil manganese and soil factors. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison: V. 40, p.282- 287, 1976.

RANKAMA, K., SAHAMA, Th. G. **Geoquímica**. Madrid: Aguilar, 1962, 862p.

----- **Geoquímica**. Madrid: Aguilar, 1954. 535p.

RIBEIRO, A.C., TUCUMANGO SARABIA, W.A. Avaliação de extratores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. **R. bras. Ci. Solo**. Campinas, V. 8, n.1, p.85-89, jan/abr. 1984.

RUBINSTEIN, J.K. **Determinacion de cobre y zinc en suelos y plantas de café por espectrofotometria de absorção atômica**. San José, 1968. 68p. Dissertacion (Lic. Química) Universidad de Costa Rica, 1968, 68p.

SANTANA, C.J.L., IGUE, K. Formas de micronutrientes em solos da região cacauceira da Bahia. **Turrialba**, San José, V.22, p.73-80, 1972.

SANTANA, C.J.L. **Formas totales y disponibles de zinc, cobre, manganeso, hierro y molibdeno en suelos de la region cacaotera de Bahia, Brasil**, Turrialba, IICA, 1971, (Tesis de Grado de Magister Scientiae)

SAIZ DER RIO, J.F., BORNEMISZA, E.S. Análise química de suelos, métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. **Turrialba**. Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciências Agrícola, 1961, 107p

SANTOS, Z.G., TUPINAMBÁ, E.A. Deficiência de manganês em mandioca no

- Estado do Sergipe. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasilia, V. 17, p.1541-1546, nov. 1982.
- SHERMAN, G.D., McHARGUE, J.S., HODGKISS, W.S. Determination of active manganese in soil. **Soil Sci.** Baltimore, V.54, p.253-257, 1942.
- SHUMAN, L.M., ANDERSON, O.E. Evaluation of six extractants for their ability to predict manganese concentrations in wheat and soybeans, **Soil Sci. Soc. of Am. Proc.** Madison, V.38, p.788-790, 1974.
- SHUMAN, L.M. Zinc, manganese, and copper in soil fractions. **Soil Sci.** Baltimore. V.127, p.10-17, 1979.
- SHUMAN, L.M. Sodium hypochlorite methods for extracting microelements associated with soil organic matter. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, V. 47, p.656-660, 1983.
- SHUMAN, L.M. Fractionation method for soil microelements. **Soil Sci.** Baltimore. V.140. n.1, p.11-22, 1985b.
- SHUMAN, L.M. Effect of organic matter on the distribution of manganese, copper, iron, and zinc in soil fractions. **Soil Sci.** V.146, p.192-198, 1988.
- SIMS, J.T. Soil pH effects on the distribution and plant availability of manganese, copper, and zinc. **Soil Sci. Soc. Am. J.** Madison, V. 50. p.367-373, 1986.

SINGH, J.P., KARWASRA, S.P.S., SINGH, M. Distribution and forms of copper, iron, manganese, and zinc in calcareous soils of India. **Soil Sci.** V.146, p.359-366, 1988.

SINGH, R. **Disponibilidade de micronutrientes em classes dominantes de solos do trópico úmido brasileiro.** II. Manganês, Belém, EMBRAPA/CPATU, 1984, 42p. (EMBRAPA- CPTU. Boletim de Pesquisa, 62).

SORENSEM, R.C. , OELSLIGLE, D.D., KNUDSEN, D. 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.** V.111, n.6, p.352-411. 1971.

STEVENSON, F.J., ARDAKANI, M.S. Organic matter reactions involving micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J., GIORDANO, P. M., LINDSAY, W. L. Micronutrients in agriculture. **Soil Sci. Soc. Am.** Madison, p.79-114, 1972.

SUDEC. **Levantamento de reconhecimento semidetalhado dos solos da região natural da Ibiapaba.** Fortaleza, 1980. 350p.

TAYLOR, R.N., MCKENZIE, R.N. y NORRISH, K, The mineralogy and chemistry of manganese in some australian soils, Austr. **J.Soil Res.** V.2 p.235-248, 1964.

VALADARES, J.M.A.S., CAMARGO, O.A. Manganês em solos do Estado de São Paulo. **R. bras. Ci. Solo,** Campinas, V.7, n.2, p.123-130, maio/ago. 1983.

VALADARES, J.M.A.S. **O zinco em solos do Estado de São Paulo**. Piracicaba, 1972, 72 p. Tese (Doutor em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", USP, 1972.

VERDADE, F.C. Composição química de alguns solos de Estado de São Paulo. II - Fósforo e Manganês. **Bragantia**, V. 19, p.567-577, 1960b.

WALKER, J.M. & BARBER, S.A. The availability of chelated Mn to millet and its equilibria with other forms of Mn in the soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** Madison, V.24, p.285-88, 1960.

APÊNDICES

Tabela 1a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade química pH (X) dos solos estudados.

| Perf Solos | Equação de regressão | r | R ² % |
|----------------------|-----------------------------|------------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = pH | | | |
| 1 AQd | Y = 7,4623 - 1,5519 X | - 0,94 * | 87,48 |
| 2 Ae | Y = 90,2140 - 11,1744 X | - 0,22 ns | 4,73 |
| 3 NC | Y = 85,9204 - 12,1607 X | - 0,43 ns | 18,28 |
| 4 Ce | Y = -166,4524 + 36,8133 X | + 0,36 ns | 12,96 |
| 5 LV | Y = 5,0000 - 0,8824 X | - 0,51 ns | 26,47 |
| 6 PV | Y = -49,8515 + 11,5074 X | + 0,47 ns | 22,10 |
| 7 PE | Y = 830,5818 - 125,9091 X | - 0,87 ns | 75,25 |
| # | Y = -29,9411 + 7,7596 X | + 0,29 ns | 8,50 |
| Y = Mn-Org; X = pH | | | |
| 1 AQd | Y = 10,3325 - 2,1104 X | - 0,94 * | 86,82 |
| 2 Ae | Y = -652,6233 + 96,7907 X | + 0,54 ns | 29,03 |
| 3 NC | Y = 7,1089 + 4,9821 X | + 0,05 ns | 0,29 |
| 4 Ce | Y = -1527,1699 + 289,5579 X | + 0,87 ns | 75,01 |
| 5 LV | Y = 41,3750 - 6,8529 X | - 0,36 ns | 12,96 |
| 6 PV | Y = -46,7044 + 11,0221 X | + 0,44 ns | 19,48 |
| 7 PE | Y = 838,1273 - 126,6364 X | - 0,84 ns | 70,19 |
| # | Y = -119,9109 + 28,8341 X | + 0,31 ns | 9,39 |
| Y = Mn-Ox; X = pH | | | |
| 1 AQd | Y = 4,8662 - 0,8052 X | - 0,94 * | 87,58 |
| 2 Ae | Y = 1284,0674 - 169,5930 X | - 0,67 ns | 44,59 |
| 3 NC | Y = 727,8036 - 101,6071 X | - 0,58 ns | 33,86 |
| 4 Ce | Y = 670,2824 - 55,2554 X | - 0,24 ns | 5,57 |
| 5 LV | Y = 53,3000 - 9,2353 X | - 0,55 ns | 29,95 |
| 6 PV | Y = -2,8235 + 1,1176 X | + 0,21 ns | 4,45 |
| 7 PE | Y = -197,4454 + 31,7272 X | + 0,57 ns | 32,34 |
| # | Y = -175,6266 + 45,8671 X | + 0,36 * | 12,80 |
| Y = Mn-OxFeA; X = pH | | | |
| 1 AQd | Y = 4,0857 - 0,5714 X | - 0,87 ns | 76,19 |
| 2 Ae | Y = 1063,4837 - 141,5465 X | - 0,76 ns | 58,22 |
| 3 NC | Y = 904,1082 - 128,6964 X | - 0,62 ns | 38,42 |
| 4 Ce | Y = 241,4957 - 27,7939 X | - 0,81 ns | 64,96 |
| 5 LV | Y = 78,7250 - 12,9412 X | - 0,35 ns | 11,90 |
| 6 PV | Y = 2,0971 - 0,9470 X | - 0,004 ns | 0,002 |
| 7 PE | Y = -1206,2091 + 188,5454 X | + 0,51 ns | 26,27 |
| # | Y = -105,6420 + 26,6691 X | + 0,48 ** | 22,93 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 1a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade química pH (X) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de Regressão | r | R ² % |
|----------------------|-------------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-OxFeC; X = pH | | | |
| 1 | AQd Y = 0,1129 + 0,1558 X | + 0,24 ns | 5,84 |
| 2 | Ae Y = 48,1419 - 4,0233 X | - 0,21 ns | 4,23 |
| 3 | NC Y = 116,9104 - 16,6607 X | - 0,64 ns | 41,23 |
| 4 | Ce Y = 176,5845 - 20,3584 X | - 0,97 ** | 95,71 |
| 5 | LV Y = 4,8250 - 0,5000 X | - 0,15 ns | 2,38 |
| 6 | PV Y = 1,2676 + 0,0882 X | + 0,07 ns | 0,52 |
| 7 | PE Y = -113,1727 + 18,3636 X | + 0,48 ns | 23,04 |
| # | Y = -30,7275 + 8,0012 X | + 0,42 * | 17,56 |
| Y = Mn-Res; X = pH | | | |
| 1 | AQd Y = 17,2961 + 1,2532 X | + 0,12 ns | 1,43 |
| 2 | Ae Y = 717,3233 - 90,2907 X | - 0,72 ns | 52,28 |
| 3 | NC Y = 335,5864 - 35,8929 X | - 0,23 ns | 5,41 |
| 4 | Ce Y = -12 2472 + 32,7661 X | + 0,58 ns | 33,56 |
| 5 | LV Y = 10,4750 + 5,5588 X | + 0,59 ns | 34,64 |
| 6 | PV Y = 38,1721 + 3,3897 X | + 0,07 ns | 0,56 |
| 7 | PE Y = 1804,4364 - 261,1818 X | - 0,70 ns | 48,73 |
| # | Y = -96,8033 + 32,5449 X | + 0,54 ** | 29,57 |
| Y = Mn-T; X = pH | | | |
| 1 | AQd Y = 44,1558 - 3,6299 X | - 0,38 ns | 14,30 |
| 2 | Ae Y = 2550,6070 - 319,8372 X | - 0,78 ns | 60,42 |
| 3 | Nc Y = 2177,4379 - 290,0357 X | - 0,64 ns | 41,07 |
| 4 | Ce Y = -617,1639 + 253,6698 X | + 0,80 ns | 63,75 |
| 5 | LV Y = 193,9500 - 24,9118 X | - 0,34 ns | 11,87 |
| 6 | PV Y = -57,8426 + 26,9632 X | + 0,27 ns | 7,22 |
| 7 | PE Y = 1956,3182 - 275,0909 X | - 0,44 ns | 19,72 |
| # | Y = -558,6513 + 149,6759 X | + 0,47 ** | 22,42 |

Perf - perfil

* e ** Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 2a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade química M.O. (X) dos solos estudados.

| Perf. Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|------------------------|------------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 0,1117 + 1,4327 X | + 0,90 * | 80,41 |
| 2 | Ae Y = -5,2132 + 22,9262 X | + 0,58 ns | 33,24 |
| 3 | Nc Y = 6,9385 + 4,0691 X | + 0,46 ns | 20,75 |
| 4 | Ce Y = 49,0530 + 6,7792 X | + 0,15 ns | 2,15 |
| 5 | LV Y = -0,6774 + 0,6596 X | + 0,56 ns | 31,66 |
| 6 | PV Y = -12,4078 + 25,4685 X | + 0,99 ** | 98,91 |
| 7 | PE Y = -12,1145 + 36,4474 X | + 0,99 * | 99,32 |
| # | Y = 8,3435 + 6,0709 X | + 0,17 ns | 2,88 |
| Y = Mn-Org; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 0,2710 + 2,0831 X | + 0,95 * | 91,10 |
| 2 | Ae Y = -84,7024 + 137,3278 X | + 0,99 ** | 97,64 |
| 3 | Nc Y = 8,3996 + 24,6614 X | + 0,85 ns | 71,71 |
| 4 | Ce Y = 76,0202 + 132,3364 X | + 0,88 * | 77,63 |
| 5 | LV Y = -8,6078 + 8,4217 X | + 0,65 ns | 41,88 |
| 6 | PV Y = -11,8492 + 25,9090 X | + 0,99 ** | 98,35 |
| 7 | PE Y = -10,0268 + 37,6754 X | + 0,99 * | 97,87 |
| # | Y = -6,5095 + 54,4803 X | + 0,43 * | 18,58 |
| Y = Mn-Ox; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 1,0989 + 0,6499 X | + 0,78 ns | 61,46 |
| 2 | Ae Y = 249,7026 - 186,6138 X | - 0,97 ** | 93,14 |
| 3 | Nc Y = 157,4116 - 41,8742 X | - 0,76 ns | 58,30 |
| 4 | Ce Y = 407,4642 - 70,2220 X | - 0,66 ns | 43,96 |
| 5 | LV Y = -5,1129 + 6,3778 X | + 0,55 ns | 30,18 |
| 6 | PV Y = -1,0158 + 5,2106 X | + 0,94 ** | 88,33 |
| 7 | PE Y = 11,5846 - 3,4694 X | - 0,25 ns | 6,08 |
| # | Y = 100,8488 - 19,6116 X | - 0,11 ns | 1,30 |
| Y = Mn-OxFeA; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 1,4878 - 0,3081 X | + 0,49 ns | 23,85 |
| 2 | Ae Y = 168,7240 - 117,4078 X | - 0,82 ns | 66,94 |
| 3 | Nc Y = 176,2900 - 48,5000 X | - 0,74 ns | 55,30 |
| 4 | Ce Y = 84,9776 - 11,2452 X | - 0,72 ns | 51,96 |
| 5 | LV Y = -16,9788 + 16,6408 X | + 0,65 ns | 42,12 |
| 6 | PV Y = 0,1442 + 3,0262 X | + 0,83 * | 68,88 |
| 7 | PE Y = 40,0763 - 27,6316 X | - 0,30 ns | 0,09 |
| # | Y = 55,0906 - 11,3787 X | - 0,15 ns | 2,31 |

Perf - perfil

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo

Continuação da Tabela 2a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade química M.O. (X) dos solos estudados.

| Perf. Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|------------------------|------------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-OxFeC; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 0,8032 - 0,0470 X | - 0,08 ns | 0,57 |
| 2 | Ae Y = 27,5587 - 9,6347 X | - 0,64 ns | 40,57 |
| 3 | Nc Y = 21,9983 - 5,6935 X | - 0,70 ns | 48,80 |
| 4 | Ce Y = 61,1353 - 7,4409 X | - 0,79 ns | 62,48 |
| 5 | LV Y = -1,0867 + 1,8833 X | + 0,85 ns | 72,35 |
| 6 | PV Y = 0,2765 - 0,8581 X | + 0,67 ns | 45,19 |
| 7 | PE Y = 7,7184 - 1,8421 X | - 0,19 ns | 3,65 |
| # | Y = 16,2278 - 2,0119 X | - 0,08 ns | 0,62 |
| Y = Mn-Res; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 25,0132 - 4,7637 X | - 0,47 ns | 22,29 |
| 2 | Ae Y = 129,7738 - 53,0828 X | - 0,55 ns | 30,19 |
| 3 | Nc Y = 146,6547 - 25,4362 X | - 0,52 ns | 27,55 |
| 4 | Ce Y = 161,9120 + 23,5129 X | + 0,92 * | 84,86 |
| 5 | LV Y = 36,9718 + 1,0382 X | + 0,16 ns | 2,59 |
| 6 | PV Y = 26,9480 + 40,8010 X | + 0,86 * | 74,29 |
| 7 | PE Y = 51,2048 + 84,5175 X | + 0,90 ns | 80,38 |
| # | Y = 82,5154 + 4,7259 X | + 0,06 ns | 0,35 |
| Y = Mn-T; X = M.O. | | | |
| 1 | AQd Y = 28,7859 - 0,3358 X | + 0,04 ns | 0,13 |
| 2 | Ae Y = 485,8435 - 209,4850 X | - 0,66 ns | 43,31 |
| 3 | Nc Y = 517,6926 - 92,7734 X | - 0,65 ns | 42,59 |
| 4 | Ce Y = 840,5835 + 73,6797 X | + 0,51 ns | 26,28 |
| 5 | LV Y = 4,6862 + 34,8536 X | + 0,71 ns | 49,74 |
| 6 | PV Y = 2,0990 + 101,2733 X | + 0,96 ** | 93,10 |
| 7 | PE Y = 88,4430 + 125,7018 X | + 0,81 ns | 64,85 |
| # | Y = 256,5167 + 32,2749 X | + 0,08 ns | 0,58 |

Perf - perfil

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo

Tabela 3a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade química C.T.C. (X) dos solos estudados.

| Perf. Solo | Equações de regressões | r | R ² % |
|--------------------------|------------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = C.T.C. | | | |
| 1 | AQd Y = -1,3800 + 1,3750 X | + 0,94 * | 89,18 |
| 2 | Ae Y = -1,5263 + 1,2956 X | + 0,16 ns | 2,71 |
| 3 | Nc Y = 10,8985 + 0,0709 X | + 0,06 ns | 0,40 |
| 4 | Ce Y = 35,9441 + 2,5007 X | + 0,09 ns | 0,87 |
| 5 | LV Y = -0,6968 + 0,3348 X | + 0,77 ns | 58,58 |
| 6 | PV Y = -22,5983 + 10,9590 X | + 0,46 ns | 21,59 |
| 7 | PE Y = 8,4938 + 0,0618 X | + 0,03 ns | 0,06 |
| # | Y = 7,4736 + 0,9622 X | + 0,20 ns | 4,12 |
| Y = Mn-Org; X = C.T.C. | | | |
| 1 | AQd Y = -1,7400 + 1,9000 X | + 0,96 * | 91,39 |
| 2 | Ae Y = 40,4228 - 1,7980 X | - 0,07 ns | 0,43 |
| 3 | Nc Y = 59,4993 - 1,8549 X | - 0,51 ns | 25,99 |
| 4 | Ce Y = -422,4046 + 79,2086 X | + 0,91 * | 82,73 |
| 5 | LV Y = -8,6427 + 4,2147 X | + 0,87 ns | 75,35 |
| 6 | PV Y = -23,8078 + 11,7884 X | + 0,49 ns | 24,00 |
| 7 | PE Y = 12,2258 - 0,0466 X | - 0,02 ns | 0,03 |
| # | Y = 22,1918 + 3,1103 X | + 0,19 ns | 3,44 |
| Y = Mn-Ox; X = C.T.C. | | | |
| 1 | AQd Y = 0,4200 + 0,6250 X | + 0,83 ns | 68,53 |
| 2 | Ae Y = -42,7303 + 13,5835 X | + 0,35 ns | 12,19 |
| 3 | Nc Y = 34,8423 + 6,1684 X | + 0,90 * | 81,04 |
| 4 | Ce Y = 680,4705 - 43,0991 X | - 0,70 ns | 49,26 |
| 5 | LV Y = -4,9952 + 3,1315 X | + 0,73 ns | 52,94 |
| 6 | PV Y = -5,8055 + 3,3311 X | + 0,65 ns | 42,55 |
| 7 | PE Y = 3,3651 + 0,7221 X | + 0,77 ns | 59,46 |
| # | Y = 23,4202 + 9,0330 X | + 0,40 * | 15,63 |
| Y = Mn-OxFeA; X = C.T.C. | | | |
| 1 | AQd Y = 1,2400 + 0,2500 X | + 0,44 ns | 18,94 |
| 2 | Ae Y = -125,3379 + 18,8921 X | + 0,66 ns | 44,19 |
| 3 | Nc Y = 32,4590 + 7,3019 X | + 0,89 * | 80,29 |
| 4 | Ce Y = 128,2030 - 6,8399 X | - 0,76 ns | 57,19 |
| 5 | LV Y = -17,1966 + 8,3697 X | + 0,87 ns | 76,55 |
| 6 | PV Y = -2,9017 + 2,0410 X | + 0,61 ns | 36,90 |
| 7 | PE Y = -21,9814 + 5,3525 X | + 0,87 ns | 75,14 |
| # | Y = -11,0533 + 8,4518 X | + 0,85 ** | 72,51 |

Perf - perfil

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 3a - Equação de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do Fracionamento (Y) e a propriedades química C.T.C. (X) dos solos estudados.

| Perf. | Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|--------------------------|------|---------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-OxFeC; X = C.T.C. | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,8600 - 0,0500 X | - 0,09 ns | 0,78 |
| 2 | Ae | Y = 3,4669 + 1,5467 X | + 0,52 ns | 26,66 |
| 3 | Nc | Y = 3,3879 + 1,0027 X | + 0,98 ** | 96,97 |
| 4 | Ce | Y = 88,2412 - 4,3385 X | - 0,79 ns | 63,18 |
| 5 | LV | Y = -0,2331 + 0,7016 X | + 0,85 ns | 72,12 |
| 6 | PV | Y = -0,7519 + 0,6451 X | + 0,55 ns | 30,10 |
| 7 | PE | Y = 1,9483 + 0,5467 X | + 0,85 ns | 72,49 |
| # | | Y = 4,2055 + 1,5439 X | + 0,45 ** | 20,59 |
| Y = Mn-Res; X = C.T.C. | | | | |
| 1 | AQd | Y = 30,3000 - 4,7750 X | - 0,52 ns | 27,01 |
| 2 | Ae | Y = -95,2927 + 17,0865 X | + 0,89 * | 79,76 |
| 3 | Nc | Y = 58,4321 + 4,9079 X | + 0,81 ns | 65,71 |
| 4 | Ce | Y = 80,7997 + 13,1404 X | + 0,89 * | 78,47 |
| 5 | LV | Y = 41,2511 - 0,6786 X | - 0,28 ns | 0,08 |
| 6 | PV | Y = -24,7160 + 31,7850 X | + 0,73 ns | 53,15 |
| 7 | PE | Y = 114,4139 - 1,6499 X | - 0,26 ns | 0,07 |
| # | | Y = 43,6588 + 6,5260 X | + 0,61 ** | 37,45 |
| Y = Mn-T; X = C.T.C. | | | | |
| 1 | AQd | Y = 29,7000 - 0,6750 X | - 0,08 ns | 0,64 |
| 2 | Ae | Y = -220,9974 + 50,6064 X | + 0,80 ns | 64,45 |
| 3 | Nc | Y = 199,5191 + 17,5970 X | + 0,99 ** | 98,16 |
| 4 | Ce | Y = 591,4177 + 40,5492 X | + 0,49 ns | 23,68 |
| 5 | LV | Y = 9,6726 + 16,0077 X | + 0,87 ns | 75,37 |
| 6 | PV | Y = -80,5812 + 60,5495 X | + 0,63 ns | 39,23 |
| 7 | PE | Y = 118,4654 + 4,9866 X | + 0,48 ns | 22,99 |
| # | | Y = 89,8965 + 29,6271 X | + 0,53 ** | 27,67 |

Perf - perfil

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 4a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento (Y) e a propriedade física Areia (X) dos solos estudados.

| Perf Solos | | Equação de regressão | r | R ² % |
|-------------------------|-----|---------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = Areia | | | | |
| 1 | AQd | Y = -6,0549 + 0,0922 X | + 0,78 ns | 61,29 |
| 2 | Ae | Y = -2,7179 + 0,2839 X | + 0,13 ns | 1,58 |
| 3 | NC | Y = 13,4470 - 0,0240 X | - 0,04 ns | 0,17 |
| 4 | Ce | Y = 30,3120 + 0,6664 X | + 0,16 ns | 2,43 |
| 5 | LV | Y = 1,7758 - 0,0205 X | - 0,42 ns | 17,42 |
| 6 | PV | Y = -49,5298 + 0,7982 X | + 0,92 ** | 86,03 |
| 7 | PE | Y = -16,4591 + 0,3654 X | + 0,18 ns | 3,24 |
| # | | Y = 59,2978 - 0,7285 X | - 0,43 * | 18,13 |
| Y = Mn-Org; X = Areia | | | | |
| 1 | AQd | Y = -7,9641 + 0,1242 X | + 0,77 ns | 59,73 |
| 2 | Ae | Y = -22,2547 - 0,8108 X | + 0,10 ns | 1,06 |
| 3 | NC | Y = -32,3040 + 0,9832 X | + 0,51 ns | 26,22 |
| 4 | Ce | Y = -188,6041 + 10,3720 X | + 0,75 ns | 55,83 |
| 5 | LV | Y = 26,6159 + 0,3244 X | - 0,60 ns | 35,40 |
| 6 | PV | Y = -50,6122 + 0,8267 X | + 0,94 ** | 88,67 |
| 7 | PE | Y = -15,6909 + 0,3945 X | + 0,19 ns | 3,49 |
| # | | Y = 178,7879 - 2,1797 X | - 0,36 * | 12,98 |
| Y = Mn-Ox; X = Areia | | | | |
| 1 | AQd | Y = -2,1637 + 0,0480 X | + 0,79 ns | 61,94 |
| 2 | Ae | Y = 301,4357 - 3,7029 X | - 0,33 ns | 11,02 |
| 3 | NC | Y = 331,5956 - 3,1492 X | - 0,87 ns | 75,87 |
| 4 | Ce | Y = 581,4070 - 6,3767 X | - 0,65 ns | 42,44 |
| 5 | LV | Y = 16,2711 - 0,1618 X | - 0,33 ns | 11,21 |
| 6 | PV | Y = -9,8056 + 0,1809 X | + 0,97 ** | 94,30 |
| 7 | PE | Y = 63,4052 - 0,7718 X | - 0,99 * | 97,93 |
| # | | Y = 471,5279 - 6,2233 X | - 0,76 ** | 57,00 |
| Y = Mn-OxFeA; X = Areia | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,0549 + 0,0078 X | + 0,17 ns | 2,85 |
| 2 | Ae | Y = 330,1980 - 4,7168 X | - 0,58 ns | 33,53 |
| 3 | NC | Y = 392,9699 - 3,8579 X | - 0,90 * | 80,50 |
| 4 | Ce | Y = 105,1236 - 0,8204 X | - 0,57 ns | 32,38 |
| 5 | LV | Y = 53,9436 - 0,6621 X | - 0,62 ns | 38,01 |
| 6 | PV | Y = -4,1698 + 0,0934 X | + 0,76 ns | 58,06 |
| 7 | PE | Y = 370,2726 - 4,9638 X | - 0,97 * | 93,17 |
| # | | Y = 151,9151 - 1,7162 X | - 0,48 ** | 22,97 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 4a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento (Y) e a propriedade física Areia (X) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|-------------------------|---------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-OxFeC; X = Areia | | | |
| 1 AQd | Y = -0,3902 + 0,0157 X | + 0,34 ns | 11,76 |
| 2 Ae | Y = 50,1805 - 0,5626 X | - 0,66 ns | 42,93 |
| 3 NC | Y = 47,7030 - 0,4567 X | - 0,85 ns | 72,24 |
| 4 Ce | Y = 75,2931 - 0,5644 X | - 0,65 ns | 42,08 |
| 5 LV | Y = 4,0873 - 0,0291 X | - 0,31 ns | 9,85 |
| 6 PV | Y = -0,5831 + 0,0211 X | + 0,49 ns | 24,26 |
| 7 PE | Y = 43,7922 - 0,5325 X | - 0,99 ** | 99,16 |
| # | Y = 74,7272 - 0,9665 X | - 0,79 ** | 61,99 |
| Y = Mn-Res; X = Areia | | | |
| 1 AQd | Y = 69,4435 - 0,6271 X | - 0,84 ns | 71,27 |
| 2 Ae | Y = 313,7547 - 4,2108 X | - 0,77 ns | 58,97 |
| 3 NC | Y = 200,3178 - 1,1786 X | - 0,37 ns | 13,61 |
| 4 Ce | Y = 97,0001 + 2,3088 X | + 0,97 * | 95,34 |
| 5 LV | Y = 29,2680 + 0,1535 X | + 0,57 ns | 32,23 |
| 6 PV | Y = -46,8060 + 1,4893 X | + 0,94 ** | 87,65 |
| 7 PE | Y = -4,6478 + 1,5036 X | + 0,29 ns | 8,26 |
| # | Y = 209,3262 - 1,9634 X | - 0,51 ** | 26,04 |
| Y = Mn-T; X = Areia | | | |
| 1 AQd | Y = 53,9255 - 0,3392 X | - 0,50 ns | 24,81 |
| 2 Ae | Y = 970,5962 - 12,0984 X | - 0,67 ns | 44,84 |
| 3 NC | Y = 953,7294 - 7,6832 X | - 0,82 ns | 67,21 |
| 4 Ce | Y = 700,6600 + 5,5818 X | + 0,42 ns | 17,66 |
| 5 LV | Y = 131,3939 - 1,0360 X | - 0,50 ns | 25,05 |
| 6 PV | Y = -161,5064 + 3,4097 X | + 0,97 ** | 93,45 |
| 7 PE | Y = 440,6721 - 4,0046 X | - 0,46 ns | 21,39 |
| # | Y = 1145,5424 - 13,7770 X | - 0,68 ** | 45,97 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 5a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade física silte (X) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|-------------------------|-----------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = Silte | | | |
| 1 | AQd Y = 3,7000 - 0,2000 X | - 0,24 ns | 5,66 |
| 2 | Ae Y = 6,9883 + 0,1961 X | + 0,05 ns | 0,26 |
| 3 | NC Y = 3,4303 + 0,4946 X | + 0,26 ns | 6,63 |
| 4 | Ce Y = 33,9000 + 1,0000 X | + 0,13 ns | 1,81 |
| 5 | LV Y = 2,6890 - 0,1137 X | - 0,98 ** | 96,66 |
| 6 | PV Y = 2,0854 + 0,2531 X | + 0,09 ns | 0,75 |
| 7 | PE Y = -77,9626 + 4,1922 X | + 0,93 ns | 87,21 |
| # | Y = -6,8732 + 1,1264 X | + 0,29 ns | 8,52 |
| Y = Mn-Org; X = Silte | | | |
| 1 | AQd Y = 8,5000 - 0,5000 X | - 0,44 ns | 18,99 |
| 2 | Ae Y = 45,0130 - 0,8623 X | - 0,06 ns | 0,41 |
| 3 | NC Y = 75,3547 - 2,2533 X | - 0,36 ns | 12,95 |
| 4 | Ce Y = 690,8550 - 21,8716 X | - 0,91 * | 81,94 |
| 5 | LV Y = 30,9736 - 1,2753 X | - 0,99 ** | 98,63 |
| 6 | PV Y = 2,3417 + 0,3125 X | + 0,11 ns | 1,11 |
| 7 | PE Y = -80,9365 + 4,4704 X | + 0,96 * | 91,45 |
| # | Y = 40,1951 + 0,1388 X | + 0,01 ns | 0,01 |
| Y = Mn-Ox; X = Silte | | | |
| 1 | AQd Y = 3,1000 - 0,1167 X | - 0,27 ns | 7,16 |
| 2 | Ae Y = -14,5403 + 4,2532 X | + 0,22 ns | 5,02 |
| 3 | NC Y = -55,7726 + 9,7484 X | + 0,83 ns | 68,36 |
| 4 | Ce Y = 124,9650 + 9,6170 X | + 0,56 ns | 31,86 |
| 5 | LV Y = 27,2913 - 1,0957 X | - 0,96 * | 92,66 |
| 6 | PV Y = 1,3104 + 0,1156 X | + 0,18 ns | 3,36 |
| 7 | PE Y = 15,9443 - 0,3070 X | - 0,18 ns | 3,16 |
| # | Y = -74,8280 + 8,5926 X | + 0,46 ** | 21,35 |
| Y = Mn-OxFeA; X = Silte | | | |
| 1 | AQd Y = 2,6000 - 0,0667 X | + 0,20 ns | 4,04 |
| 2 | Ae Y = -101,6760 + 6,4747 X | + 0,47 ns | 21,82 |
| 3 | NC Y = -77,2264 + 11,6837 X | + 0,83 ns | 69,43 |
| 4 | Ce Y = 19,3450 + 2,4670 X | + 0,98 * | 96,65 |
| 5 | LV Y = 61,0431 - 2,5100 X | - 0,99 ** | 98,44 |
| 6 | PV Y = 1,3854 + 0,0781 X | + 0,19 ns | 3,54 |
| 7 | PE Y = 101,6009 - 3,7374 X | - 0,33 ns | 10,79 |
| # | Y = -27,8468 + 3,9521 X | + 0,49 ** | 23,94 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 5a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas de fracionamento (Y) e a propriedade física silte (X) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % | |
|-------------------------|----------------------|---------------------------|------------------|-------|
| Y = Mn-OxFeC; X = Silte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 2,7000 - 0,1333 X | - 0,41 ns | 16,67 |
| 2 | Ae | Y = 5,3013 + 0,5338 X | + 0,37 ns | 13,35 |
| 3 | NC | Y = -12,1472 + 1,6326 X | + 0,93 * | 86,81 |
| 4 | Ce | Y = 26,5325 + 1,2323 X | + 0,81 ns | 66,11 |
| 5 | LV | Y = 5,7194 - 0,1789 X | - 0,82 ns | 67,08 |
| 6 | PV | Y = 1,3813 - 0,0531 X | - 0,37 ns | 13,38 |
| 7 | PE | Y = 11,0165 - 0,2104 X | - 0,18 ns | 3,16 |
| # | | Y = -12,5727 + 1,4678 X | + 0,53 ** | 28,10 |
| Y = Mn-Res; X = Silte | | | | |
| 1 | AQd | Y = -13,1000 + 2,4833 X | + 0,47 ns | 21,91 |
| 2 | Ae | Y = -91,8000 + 6,5000 X | + 0,70 ns | 48,52 |
| 3 | NC | Y = -4,9739 + 7,2389 X | + 0,69 ns | 48,28 |
| 4 | Ce | Y = 226,8600 - 1,8727 X | - 0,46 ns | 20,70 |
| 5 | LV | Y = 30,7967 - 0,4171 X | + 0,65 ns | 42,87 |
| 6 | PV | Y = 32,7167 + 2,1500 X | + 0,40 ns | 15,93 |
| 7 | PE | Y = -135,0078 + 11,3365 X | + 0,98 * | 95,97 |
| # | | Y = 17,3889 + 3,7753 X | + 0,44 ** | 18,92 |
| Y = Mn-T; X = Silte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 7,5000 + 1,4667 X | + 0,30 ns | 9,09 |
| 2 | Ae | Y = -150,7136 + 17,0955 X | + 0,56 ns | 30,91 |
| 3 | NC | Y = -71,3352 + 28,5450 X | + 0,93 * | 82,98 |
| 4 | Ce | Y = 1122,3500 - 9,4250 X | - 0,41 ns | 16,62 |
| 5 | LV | Y = 158,1926 - 4,7425 X | - 0,97 * | 94,60 |
| 6 | PV | Y = 41,2208 + 2,8563 X | + 0,24 ns | 5,72 |
| 7 | PE | Y = -165,3452 + 15,7444 X | + 0,82 ns | 67,52 |
| # | | Y = -64,5603 + 19,0538 X | + 0,42 * | 17,28 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo..

Tabela 6a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade física Argila (X) dos solos estudados.

| Perf. Solo | | Equação de regressão | r | R ² % |
|--------------------------|-----|---------------------------|------------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = Argila | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,8807 - 0,0964 X | - 0,78 ns | 61,40 |
| 2 | Ae | Y = 50,8589 - 1,9804 X | - 0,31 ns | 9,66 |
| 3 | Nc | Y = 12,2325 - 0,0404 X | - 0,05 ns | 0,26 |
| 4 | Ce | Y = 115,4682 - 1,5042 X | - 0,29 ns | 8,20 |
| 5 | LV | Y = -1,6364 + 0,1818 X | + 0,30 ns | 9,09 |
| 6 | PV | Y = 20,0990 - 0,6985 X | - 0,88 * | 77,36 |
| 7 | PE | Y = 18,0500 - 0,9500 X | - 0,53 ns | 28,19 |
| # | | Y = -1,7307 + 0,8412 X | + 0,40 * | 15,88 |
| Y = Mn-Org; X = Argila | | | | |
| 1 | AQd | Y = 2,6750 - 0,1250 X | - 0,74 ns | 55,38 |
| 2 | Ae | Y = 209,6357 - 9,7214 X | - 0,44 ns | 19,07 |
| 3 | Nc | Y = 54,4084 - 1,3859 X | - 0,54 ns | 28,99 |
| 4 | Ce | Y = 398,1433 - 4,7592 X | - 0,28 ns | 7,79 |
| 5 | LV | Y = 1,8000 + 0,7000 X | + 0,10 ns | 1,09 |
| 6 | PV | Y = 21,5844 - 0,7271 X | - 0,90 * | 80,56 |
| 7 | PE | Y = 21,4851 - 1,0169 X | - 0,55 ns | 29,79 |
| # | | Y = -20,1844 + 3,4017 X | + 0,46 ** | 20,76 |
| Y = Mn-Ox; X = Argila | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,9700 - 0,0500 X | - 0,78 ns | 61,40 |
| 2 | Ae | Y = -302,3143 + 20,9286 X | + 0,67 ns | 44,22 |
| 3 | Nc | Y = 59,0556 + 4,0118 X | + 0,83 ns | 68,52 |
| 4 | Ce | Y = 145,1011 + 4,8343 X | + 0,40 ns | 16,16 |
| 5 | LV | Y = -19,0091 + 2,1455 X | + 0,36 ns | 13,07 |
| 6 | PV | Y = 6,0716 - 0,1626 X | - 0,95 ** | 89,49 |
| 7 | PE | Y = 3,4105 + 0,6489 X | + 0,94 * | 89,03 |
| # | | Y = -52,0828 + 7,3081 X | + 0,72 ** | 51,61 |
| Y = Mn-OxFeA; X = Argila | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,7186 - 0,0071 X | - 0,15 ns | 2,16 |
| 2 | Ae | Y = -296,1000 + 19,3000 X | + 0,84 ns | 70,49 |
| 3 | Nc | Y = 58,5696 + 4,9582 X | + 0,86 ns | 73,99 |
| 4 | Ce | Y = 73,2567 + 0,0092 X | + 0,005 ns | 0,003 |
| 5 | LV | Y = -0,2000 + 1,1000 X | + 0,08 ns | 0,70 |
| 6 | PV | Y = 4,0583 - 0,0853 X | - 0,75 ns | 56,90 |
| 7 | PE | Y = -18,2591 + 4,4536 X | + 0,98 ** | 96,46 |
| # | | Y = 16,4934 + 1,5302 X | + 0,35 * | 11,99 |

Perf - perfil

* e ** significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 6a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e a propriedade física Argila (X) dos solos estudados

| Perf. Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|--------------------------|------------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-OxFeC; X = Argila | | | |
| 1 | AQd Y = 0,9371 - 0,0143 X | - 0,30 ns | 8,93 |
| 2 | Ae Y = -20,4268 + 2,0911 X | + 0,86 ns | 74,48 |
| 3 | Nc Y = 8,6341 + 0,5447 X | + 0,76 ns | 57,21 |
| 4 | Ce Y = 44,1752 + 0,2385 X | + 0,22 ns | 4,97 |
| 5 | LV Y = 1,5273 + 0,0636 X | + 0,06 ns | 0,31 |
| 6 | PV Y = 1,1613 - 0,0140 X | - 0,35 ns | 12,59 |
| 7 | PE Y = 2,3986 + 0,4475 X | + 0,95 * | 90,06 |
| # | Y = -5,8256 + 1,0938 X | + 0,72 ** | 52,13 |
| Y = Mn-Res; X = Argila | | | |
| 1 | AQd Y = 15,7064 + 0,6321 X | + 0,81 ns | 66,26 |
| 2 | Ae Y = -180,1018 + 13,8661 X | + 0,90 * | 80,29 |
| 3 | Nc Y = 105,7248 + 0,8947 X | + 0,21 ns | 4,36 |
| 4 | Ce Y = 286,7319 - 2,5523 X | - 0,88 * | 77,18 |
| 5 | LV Y = 48,9727 - 0,8636 X | - 0,26 ns | 6,76 |
| 6 | PV Y = 85,8648 - 1,4277 X | - 0,97 ** | 94,61 |
| 7 | PE Y = 128,4390 - 2,9699 X | - 0,64 ns | 41,47 |
| # | Y = 47,3485 + 2,1319 X | + 0,45 ** | 20,16 |
| Y = Mn-T; X = Argila | | | |
| 1 | AQd Y = 24,8879 + 0,3393 X | + 0,48 ns | 22,71 |
| 2 | Ae Y = -538,4482 + 44,4839 X | + 0,87 ns | 76,11 |
| 3 | Nc Y = 298,6251 + 8,9832 X | + 0,72 ns | 51,13 |
| 4 | Ce Y = 1062,7040 - 3,7299 X | - 0,23 ns | 5,22 |
| 5 | LV Y = 27,1636 + 3,3818 X | + 0,13 ns | 1,77 |
| 6 | PV Y = 138,8396 - 3,1153 X | - 0,96 ** | 91,61 |
| 7 | PE Y = 155,5240 + 0,6133 X | + 0,08 ns | 0,65 |
| # | Y = -15,9817 + 16,3070 X | + 0,65 ** | 42,28 |

Perf - perfil

* e ** Significativo a nível de 5% e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 7a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e o extrator Mehlich-1 (X) dos solos estudados.

| Perf. Solo | Equação de regressão | r | R ² % | |
|---------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|-------|
| Y = Mn-Tr; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,5262 + 0,6387 X | + 0,96 ** | 92,95 |
| 2 | Ae | Y = 1,9961 + 0,2721 X | + 0,75 ns | 55,85 |
| 3 | NC | Y = 2,6071 + 0,2819 X | + 0,97 ** | 93,38 |
| 4 | Ce | Y = 50,7134 + 0,0749 X | + 0,12 ns | 1,51 |
| 5 | LV | Y = 0,1071 + 0,1989 X | + 0,77 ns | 58,69 |
| 6 | PV | Y = 0,4865 + 0,5632 X | + 0,99 ** | 99,45 |
| 7 | PE | Y = -1,7828 + 0,4609 X | + 0,99 ** | 99,15 |
| # | | Y = 5,4026 + 0,3380 X | + 0,53 ** | 28,61 |
| Y = Mn-Org; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,8881 + 0,8954 X | + 0,99 ** | 98,04 |
| 2 | Ae | Y = -27,1572 + 1,2558 X | + 0,99 ** | 97,40 |
| 3 | NC | Y = 9,8187 + 0,8544 X | + 0,90 * | 80,71 |
| 4 | Ce | Y = 90,0265 + 1,7286 X | + 0,87 ns | 76,17 |
| 5 | LV | Y = 1,3924 + 2,5481 X | + 0,88 ns | 78,12 |
| 6 | PV | Y = 1,2720 + 0,5720 X | + 0,99 ** | 98,57 |
| 7 | PE | Y = 0,6129 + 0,4781 X | + 0,99 ** | 98,39 |
| # | | Y = -3,0869 + 1,8377 X | + 0,82 ** | 67,63 |
| Y = Mn-Ox; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,2762 + 0,3126 X | + 0,91 * | 82,82 |
| 2 | Ae | Y = 170,0279 - 1,7282 X | - 0,96 ** | 92,29 |
| 3 | NC | Y = 139,7728 - 0,9806 X | - 0,55 ns | 29,98 |
| 4 | Ce | Y = 402,3087 - 0,9501 X | - 0,68 ns | 46,29 |
| 5 | LV | Y = 2,6289 + 1,8081 X | + 0,71 ns | 50,06 |
| 6 | PV | Y = 1,6416 + 0,1125 X | + 0,92 ** | 84,68 |
| 7 | PE | Y = 10,4532 - 0,0374 X | - 0,21 ns | 4,43 |
| # | | Y = 61,7340 + 0,8576 X | + 0,28 ns | 7,93 |
| Y = Mn-OxFeA; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,5476 + 0,2008 X | + 0,77 ns | 59,03 |
| 2 | Ae | Y = 118,4736 - 1,0462 X | - 0,80 ns | 63,40 |
| 3 | NC | Y = 155,5660 - 1,1267 X | - 0,53 ns | 27,99 |
| 4 | Ce | Y = 83,8524 - 0,1478 X | - 0,72 ns | 51,64 |
| 5 | LV | Y = 2,6735 + 5,0894 X | + 0,90 ns | 80,28 |
| 6 | PV | Y = 1,7092 + 0,0624 X | + 0,76 ns | 60,12 |
| 7 | PE | Y = 31,6515 - 0,3242 X | - 0,28 ns | 7,63 |
| # | | Y = 40,3619 + 0,1781 X | + 0,13 ns | 1,81 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 7a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e o extrator Mehlich-1 (X) dos solos estudados.

| Perf | Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|---------------------------|------|-------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-0xFeC; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,8048 - 0,0538 X | - 0,21 ns | 4,37 |
| 2 | Ae | Y = 24,2581 - 0,1073 X | - 0,77 ns | 60,03 |
| 3 | NC | Y = 18,1936 - 0,0899 X | - 0,34 ns | 11,42 |
| 4 | Ce | Y = 60,2468 - 0,0957 X | - 0,77 ns | 59,48 |
| 5 | LV | Y = 1,6267 + 0,3283 X | + 0,67 ns | 44,79 |
| 6 | PV | Y = 0,7228 + 0,0173 X | + 0,62 ns | 37,94 |
| 7 | PE | Y = 7,1117 - 0,0197 X | - 0,16 ns | 2,60 |
| # | | Y = 10,0067 + 0,1766 X | + 0,39 * | 1,52 |
| Y = Mn-Res; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 23,1357 - 1,0342 X | - 0,25 ns | 6,12 |
| 2 | Ae | Y = 106,4888 - 0,4583 X | - 0,52 ns | 26,85 |
| 3 | NC | Y = 128,1228 - 0,3544 X | - 0,22 ns | 5,02 |
| 4 | Ce | Y = 164,1201 + 0,3112 X | + 0,92 * | 85,07 |
| 5 | LV | Y = 40,5363 - 0,8665 X | - 0,61 ns | 36,71 |
| 6 | PV | Y = 47,9974 + 0,8481 X | + 0,81 * | 66,00 |
| 7 | PE | Y = 74,7650 + 1,0857 X | + 0,91 ns | 82,80 |
| # | | Y = 65,9886 + 0,8339 X | + 0,59 ** | 34,44 |
| Y = Mn-T; X = C.Norte | | | | |
| 1 | AQd | Y = 28,1786 + 0,9596 X | + 0,25 ns | 6,27 |
| 2 | Ae | Y = 394,0873 - 1,8121 X | - 0,62 ns | 38,66 |
| 3 | NC | Y = 454,0810 - 1,4155 X | - 0,30 ns | 9,30 |
| 4 | Ce | Y = 851,2852 + 0,9205 X | + 0,49 ns | 23,59 |
| 5 | LV | Y = 49,0008 + 9,0629 X | + 0,83 ns | 68,53 |
| 6 | PV | Y = 53,8296 + 2,1755 X | + 0,94 ** | 88,34 |
| 7 | PE | Y = 112,8115 + 1,6434 X | + 0,83 ns | 69,20 |
| # | | Y = 180,4026 + 4,2216 X | + 0,56 ** | 31,64 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 8a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e o extrator EDTA (X) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|------------------------|-------------------------|-----------|------------------|
| Y = Mn-Tr; X = EDTA | | | |
| 1 AQd | Y = 0,3139 + 0,6488 X | + 0,96 ** | 92,73 |
| 2 Ae | Y = -6,0210 + 0,9957 X | + 0,99 ** | 97,74 |
| 3 NC | Y = 1,5758 + 0,4404 X | + 0,99 ** | 98,64 |
| 4 Ce | Y = 47,8786 + 0,1884 X | + 0,16 ns | 2,60 |
| 5 LV | Y = -0,2119 + 0,6623 X | + 0,91 ns | 82,78 |
| 6 PV | Y = 0,4917 + 0,6781 X | + 0,99 ** | 99,86 |
| 7 PE | Y = 0,2639 + 0,6688 X | + 0,99 ** | 99,84 |
| # | Y = 3,8395 + 0,6558 X | + 0,59 ** | 34,78 |
| Y = Mn-Org; X = EDTA | | | |
| 1 AQd | Y = 0,5943 + 0,9047 X | + 0,98 ** | 96,77 |
| 2 Ae | Y = -16,8216 + 2,0422 X | + 0,58 ns | 33,66 |
| 3 NC | Y = 11,3740 + 1,1320 X | + 0,78 ns | 61,31 |
| 4 Ce | Y = 66,2985 + 3,3673 X | + 0,89 * | 78,71 |
| 5 LV | Y = -2,0397 + 7,8742 X | + 0,97 * | 94,95 |
| 6 PV | Y = 1,2697 + 0,6899 X | + 0,99 ** | 99,33 |
| 7 PE | Y = 2,7340 + 0,6940 X | + 0,99 ** | 99,13 |
| # | Y = -6,1133 + 3,2064 X | + 0,82 ** | 66,50 |
| Y = Mn-Ox; X = EDTA | | | |
| 1 AQd | Y = 1,1770 + 0,3116 X | + 0,89 * | 79,53 |
| 2 Ae | Y = 144,0899 - 2,1785 X | - 0,44 ns | 19,17 |
| 3 NC | Y = 128,6274 - 0,8937 X | - 0,33 ns | 10,78 |
| 4 Ce | Y = 409,2200 - 1,7069 X | - 0,63 ns | 40,68 |
| 5 LV | Y = -0,4921 + 6,2252 X | + 0,87 ns | 75,53 |
| 6 PV | Y = 1,6319 + 0,1372 X | + 0,93 ** | 87,25 |
| 7 PE | Y = 10,4599 - 0,0675 X | - 0,26 ns | 6,89 |
| # | Y = 52,9803 + 1,9781 X | + 0,37 * | 13,64 |
| Y = Mn-OxFeA; X = EDTA | | | |
| 1 AQd | Y = 1,4797 + 0,2056 X | + 0,77 ns | 59,80 |
| 2 Ae | Y = 89,3995 - 0,5976 X | - 0,16 ns | 2,70 |
| 3 NC | Y = 142,3737 - 1,0101 X | - 0,31 ns | 9,73 |
| 4 Ce | Y = 86,0976 - 0,2930 X | - 0,74 ns | 55,26 |
| 5 LV | Y = -4,0493 + 15,6040 X | + 0,98 * | 96,07 |
| 6 PV | Y = 1,7005 + 0,0766 X | + 0,79 ns | 62,85 |
| 7 PE | Y = 31,2975 - 0,5532 X | - 0,33 ns | 10,64 |
| # | Y = 36,8357 + 0,5228 X | + 0,23 ns | 5,05 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 8a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e o extrator EDTA (x) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % |
|------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|
| Y = Mn-OxFeC; X = EDTA | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,8312 - 0,0707 X | - 0,27 ns 7,29 |
| 2 | Ae | Y = 24,6682 - 0,2442 X | - 0,64 ns 40,65 |
| 3 | NC | Y = 16,1210 - 0,0364 X | - 0,09 ns 0,81 |
| 4 | Ce | Y = 61,8569 - 0,1934 X | - 0,81 ns 66,13 |
| 5 | LV | Y = 1,1374 + 1,0583 X | + 0,77 ns 59,25 |
| 6 | PV | Y = 0,7234 + 0,0208 X | + 0,62 ns 37,83 |
| 7 | PE | Y = 7,1441 - 0,0377 X | - 0,21 ns 4,57 |
| # | | Y = 9,0909 + 0,3490 X | + 0,44 ** 19,14 |
| Y = Mn-Res; X = EDTA | | | |
| 1 | AQd | Y = 23,3131 - 0,8373 X | + 0,20 ns 3,88 |
| 2 | Ae | Y = 83,5383 + 0,2892 X | + 0,12 ns 1,40 |
| 3 | NC | Y = 116,7636 - 0,0054 X | - 0,00 ns 0,00 |
| 4 | Ce | Y = 160,5292 + 0,5902 X | + 0,91 * 83,34 |
| 5 | LV | Y = 41,6713 - 2,6477 X | - 0,66 ns 43,63 |
| 6 | PV | Y = 47,8636 + 1,0443 X | + 0,83 * 69,33 |
| 7 | PE | Y = 79,4538 + 1,5856 X | + 0,92 ns 84,46 |
| # | | Y = 61,1095 + 1,6852 X | + 0,67 ** 45,42 |
| Y = Mn-T; X = EDTA | | | |
| 1 | AQd | Y = 27,7131 + 1,1627 X | + 0,30 ns 8,90 |
| 2 | Ae | Y = 318,8533 + 0,3067 X | + 0,04 ns 0,14 |
| 3 | NC | Y = 416,8355 - 0,3733 X | - 0,05 ns 0,28 |
| 4 | Ce | Y = 831,9042 + 1,9515 X | + 0,54 ns 28,87 |
| 5 | LV | Y = 36,0824 + 28,6676 X | + 0,93 ns 87,28 |
| 6 | PV | Y = 53,6809 + 2,6470 X | + 0,95 ** 90,59 |
| 7 | PE | Y = 131,3531 + 2,2898 X | + 0,80 ns 64,25 |
| # | | Y = 157,7399 + 8,3969 X | + 0,64 ** 40,43 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Tabela 9a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e o extrator DTPA (X) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % | |
|------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|-------|
| Y = Mn-Tr; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,5112 + 0,5938 X | + 0,93 * | 85,99 |
| 2 | Ae | Y = -20,1380 + 0,9177 X | + 0,91 * | 82,89 |
| 3 | NC | Y = 2,1530 + 0,3022 X | + 0,98 ** | 96,78 |
| 4 | Ce | Y = 48,8363 + 0,0900 X | + 0,11 ns | 1,18 |
| 5 | LV | Y = -0,2519 + 0,4236 X | + 0,99 ** | 99,55 |
| 6 | PV | Y = 0,3922 + 0,6243 X | + 0,99 ** | 99,93 |
| 7 | PE | Y = -0,0147 + 0,6527 X | + 0,99 ** | 99,64 |
| # | | Y = 2,9497 + 0,4435 X | + 0,62 ** | 38,60 |
| Y = Mn-Org; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,8574 + 0,8511 X | + 0,97 ** | 94,80 |
| 2 | Ae | Y = -44,7192 + 1,8524 X | + 0,53 ns | 27,65 |
| 3 | NC | Y = 10,7702 + 0,8427 X | + 0,84 ns | 70,78 |
| 4 | Ce | Y = 10,5120 + 2,5378 X | + 0,94 * | 89,13 |
| 5 | LV | Y = -1,7989 + 4,6332 X | + 0,98 * | 96,62 |
| 6 | PV | Y = 1,1592 + 0,6366 X | + 0,99 ** | 99,83 |
| 7 | PE | Y = 2,4505 + 0,6769 X | + 0,99 ** | 98,81 |
| # | | Y = -12,4749 + 2,2507 X | + 0,89 ** | 79,47 |
| Y = Mn-Ox; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,2646 + 0,2988 X | + 0,90 * | 81,00 |
| 2 | Ae | Y = 158,0031 - 1,5297 X | - 0,31 ns | 9,43 |
| 3 | NC | Y = 134,1675 - 0,8250 X | - 0,44 ns | 19,13 |
| 4 | Ce | Y = 430,8882 - 1,2022 X | - 0,63 ns | 40,23 |
| 5 | LV | Y = -1,1624 + 4,1478 X | + 0,99 ** | 98,56 |
| 6 | PV | Y = 1,5997 + 0,1281 X | + 0,95 ** | 89,79 |
| 7 | PE | Y = 10,4239 - 0,0613 X | - 0,24 ns | 5,95 |
| # | | Y = 40,2967 + 1,7455 X | + 0,51 ** | 25,75 |
| Y = Mn-OxFeA; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 1,5329 + 0,2060 X | + 0,82 ns | 66,48 |
| 2 | Ae | Y = 72,8126 - 0,1551 X | - 0,04 ns | 0,18 |
| 3 | NC | Y = 149,1133 - 0,9475 X | - 0,42 ns | 17,84 |
| 4 | Ce | Y = 92,1777 - 0,2364 X | - 0,85 ns | 71,74 |
| 5 | LV | Y = -3,3892 + 9,0784 X | + 0,98 * | 95,57 |
| 6 | PV | Y = 1,6782 + 0,0722 X | + 0,81 ns | 65,84 |
| 7 | PE | Y = 31,0870 - 0,5081 X | - 0,31 ns | 9,40 |
| # | | Y = 35,1605 + 0,3930 X | + 0,26 ns | 6,92 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.

Continuação da Tabela 9a - Equações de regressão, coeficientes de correlação e coeficientes de determinação entre as formas do fracionamento (Y) e o extrator DTPA (x) dos solos estudados.

| Perf Solo | Equação de regressão | r | R ² % | |
|------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|-------|
| Y = Mn-OxFeC; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 0,8021 - 0,0426 X | - 0,17 ns | 2,93 |
| 2 | Ae | Y = 25,3816 - 0,1477 X | - 0,39 ns | 14,83 |
| 3 | NC | Y = 17,1015 - 0,0574 X | - 0,20 ns | 4,20 |
| 4 | Ce | Y = 65,1286 - 0,1466 X | - 0,87 ns | 75,76 |
| 5 | LV | Y = 0,9927 + 0,7224 X | + 0,90 ns | 81,15 |
| 6 | PV | Y = 0,7224 + 0,0188 X | + 0,61 ns | 36,67 |
| 7 | PE | Y = 7,1133 - 0,0335 X | - 0,19 ns | 3,77 |
| # | | Y = 7,2076 + 0,2935 X | + 0,57 ** | 32,83 |
| Y = Mn-Res; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 23,1241 - 0,8926 X | - 0,22 ns | 4,88 |
| 2 | Ae | Y = 55,8609 + 0,9307 X | + 0,38 ns | 14,45 |
| 3 | NC | Y = 120,8858 - 0,1339 X | - 0,08 ns | 0,65 |
| 4 | Ce | Y = 155,9482 + 0,3786 X | + 0,83 ns | 68,36 |
| 5 | LV | Y = 40,9584 - 1,2019 X | - 0,51 ns | 26,42 |
| 6 | PV | Y = 47,5577 + 0,9841 X | + 0,85 * | 72,67 |
| 7 | PE | Y = 78,9006 + 1,5397 X | + 0,91 ns | 83,44 |
| # | | Y = 58,6474 + 1,1470 X | + 0,71** | 51,03 |
| Y = Mn-T; X = DTPA | | | | |
| 1 | AQd | Y = 28,0925 + 1,0145 X | + 0,27 ns | 7,50 |
| 2 | Ae | Y = 247,2009 + 2,1786 X | + 0,27 ns | 7,29 |
| 3 | NC | Y = 434,1914 - 0,8188 X | - 0,17 ns | 2,80 |
| 4 | Ce | Y = 803,5242 + 1,4204 X | + 0,55 ns | 30,49 |
| 5 | LV | Y = 35,3772 + 17,7594 X | + 0,99 ** | 98,45 |
| 6 | PV | Y = 53,1095 + 2,4641 X | + 0,96 ** | 92,67 |
| 7 | PE | Y = 129,9606 + 2,2664 X | + 0,81 ns | 65,95 |
| # | | Y = 131,7841 + 6,2730 X | + 0,74 ** | 54,73 |

Perf - perfil

* e ** Significativo ao nível de 5 e 1% de probabilidade respectivamente, ns: não significativo.