

BERNARDO VAN RAIJ

ENGENHEIRO-AGRÔNOMO

SEÇÃO DE AGROGEOLOGIA

INSTITUTO AGRÔNOMICO DE CAMPINAS

A CAPACIDADE DE TROCA DE CATÍONS  
DAS FRAÇÕES ORGÂNICA E MINERAL  
EM SOLOS

Tese apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz"  
da Universidade de São Paulo para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia.

CAMPINAS — ESTADO DE SÃO PAULO

1967

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Renato A. Catani, orientador desta tese, pelas valiosas críticas e sugestões apresentadas; ao Eng.<sup>o</sup>-Quim. Alcyr César do Nascimento, Chefe da Seção de Agrogeologia, pelo apoio dado à realização do trabalho; ao Geólogo Adilson Carvalho e ao Bacharel em História Natural Dr. Antonio Carlos Meniz, pela execução das análises mineralógicas; aos Eng.<sup>os</sup>-Agr.<sup>os</sup> Igo Fernando Lepsch e Maria Tereza Sacchetto, pela colaboração na caracterização física e química dos solos; ao Sr. Ulysses Viana de Camargo, pela inestimável colaboração nas determinações químicas; ao Sr. Renato Ramalho, pelo desenho da capa; à Srta. Maria Aparecida do Canto Oliveira, pelos trabalhos datilográficos; ao Sr. Raphael Pompeu de Camargo, pelo desenho das figuras; aos Srs. Miguel C. Torre, Benedicto Ferreira e Luiz Afonso, pela impressão e encadernação; às demais pessoas que contribuíram para a execução e apresentação dêste trabalho

## ÍNDICE GERAL

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA .....	3
3 - MATERIAL E METODOS .....	7
3.1 - Amostras de solos .....	7
3.2 - Caracterização dos solos empregados .....	7
3.3 - Determinação da capacidade de troca de cátions ..	35
3.4 - Destruição da matéria orgânica pelo peróxido de hidrogênio .....	36
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
4.1 - Cálculo da capacidade de troca de cátions da matéria orgânica e da fração mineral .....	38
4.2 - A capacidade de troca de cátions da matéria orgânica .....	46
4.3 - A capacidade de troca de cátions da fração mi- neral .....	50
4.3.1 - A capacidade de troca de cátions da fração argila .....	50
4.3.2 - A capacidade de troca de cátions da fração limo .....	53
4.3.3 - Influência da superfície específica na capacidade de troca de cátions .....	55
4.3.4 - Influência dos óxidos de ferro livre na capacidade de troca de cátions .....	56
4.4 - Contribuição da matéria orgânica e da fração mineral à capacidade de troca de cátions do solo .....	59
5 - CONCLUSÕES .....	61
6 - RESUMO .....	63
LITERATURA CITADA .....	64

## ÍNDICE DAS TABELAS

TABELA	1	- Características do perfil 685 .....	10
TABELA	2	- " " " 740 .....	11
TABELA	3	- " " " 782 .....	12
TABELA	4	- " " " 803 .....	13
TABELA	5	- " " " 842 .....	14
TABELA	6	- " " " 843 .....	15
TABELA	7	- " " " 844 .....	16
TABELA	8	- " " " 845 .....	17
TABELA	9	- " " " 849 .....	18
TABELA	10	- " " " 853 .....	19
TABELA	11	- " " " 864 .....	20
TABELA	12	- " " " 902 .....	21
TABELA	13	- " " " 927 .....	22
TABELA	14	- " " " 928 .....	23
TABELA	15	- " " " 929 .....	24
TABELA	16	- " " " 943 .....	25
TABELA	17	- " " " 947 .....	26
TABELA	18	- " " " 948 .....	27
TABELA	19	- " " " 949 .....	28
TABELA	20	- " " " 953 .....	29
TABELA	21	- " " " T 2838-2842 .....	30
TABELA	22	- " " " T 2875-2879 .....	31
TABELA	23	- Análise mineralógica qualitativa da fração, argila, do horizonte B <sub>2</sub> , dos solos utilizados no estudo da capacidade de troca de cátions ...	32
TABELA	24	- Superfície específica, do horizonte B <sub>2</sub> , dos solos utilizados no estudo da capacidade de troca de cátions .....	34
TABELA	25	- Capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral dos solos utilizados no estudo da capacidade de troca de cátions .....	42
TABELA	26	- Capacidade de troca de cátions da fração limo .	54
TABELA	27	- Análise mineralógica qualitativa do limo .....	54
TABELA	28	- Efeito dos óxidos de ferro livre na capacidade de troca de cátions do solo .....	58

## ÍNDICE DAS FIGURAS

- FIGURA 1 - Decréscimo da capacidade de troca de cátions em função da destruição da matéria orgânica pelo peróxido de hidrogênio ..... 39
- FIGURA 2 - Relação entre a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica e o pH de amostras de solo superficiais ..... 48
- FIGURA 3 - Relação entre a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica e o pH de amostras de solo subsuperficiais ..... 49
- FIGURA 4 - Relação entre a capacidade de troca de cátions da fração inorgânica, de amostras de solo do horizonte B<sub>2</sub>, e a superfície específica ..... 57

## 1 - INTRODUÇÃO

A capacidade de troca de cátions (C.T.C.) é uma característica físico-química fundamental dos solos. Indica a quantidade de íons positivos que um solo é capaz de reter em determinadas condições e permutar por quantidades estequiometricamente equivalentes de outros íons de mesmo sinal.

Trata-se de um valor de grande interesse prático, podendo ser muito útil em estudos de fertilidade, além de ser indispensável para a perfeita caracterização de unidades de solos.

A capacidade de troca de cátions é um bom indicador da atividade coloidal, daí sua importância para a caracterização de unidades de solo. Em certos casos é possível, pela C.T.C., ter idéia dos minerais que predominam na fração argila, sem recorrer a determinações diretas da mineralogia.

Contribuem para a C.T.C. dos solos a fração orgânica e a fração mineral, em proporções variáveis, que dependem da distribuição das referidas frações ao longo do perfil de solo e da natureza de cada uma.

Sabe-se que a matéria orgânica apresenta valores de C.T.C. bem mais elevados do que os apresentados em geral pela fração mineral dos solos. Contudo, os dados conhecidos situam-se em faixas muito amplas, difíceis de serem aplicados a perfis individuais de solos.

No presente trabalho, procurou-se estudar alguns aspectos importantes de capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral, em solos existentes nas condições do Estado de São Paulo.

Estudou-se a C.T.C. da matéria orgânica e das frações granulométricas argila e limo, de 22 perfis de solo, e calculou-se a contribuição dêstes componentes à capacidade de troca total. Procurou-se, também, avaliar a influência dos óxidos de ferro livre na propriedade em questão.

No caso da matéria orgânica, procurou-se estabelecer a correlação existente entre a C.T.C. da mesma e o pH do solo. Na fração mineral, estudou-se a influência da composição mineralógica e da superfície específica na C.T.C.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

O número de trabalhos publicados sôbre capacidade de troca de cátions em solos, argilas e outros materiais é muito grande. Contudo, atentando-se para o objetivo em vista, os de importância direta reduzem-se bastante.

Apenas os trabalhos de interêsse geral serão focalizados neste capítulo. Outros serão citados à medida que surgir a necessidade no discorrer do texto.

A troca de íons é tratada de forma ampla no livro de Helfferich (18). O autor define trocadores de íons como sendo materiais sólidos e insolúveis, portadores de íons trocáveis. Estes podem ser permutados por quantidade estequiométricamente equivalente de outros íons do mesmo sinal, quando o trocador de íons é pôsto em contacto com solução eletrolítica. A propriedade de troca de cátions seria devida a um excesso de cargas negativas existentes nos trocadores, compensado por íons de carga positiva.

O solo apresenta a propriedade de troca de íons, a qual é devida a materiais de natureza orgânica e inorgânica.

A maioria dos dados, citados na literatura, sôbre a C.T.C. da matéria orgânica, tem sido obtida por cálculo, à partir de duas determinações. Assim, determina-se a C.T.C. numa amostra de solo integral e, numa segunda amostra em que a matéria orgânica foi destruída. A diferença, entre as duas determinações, fornece a C.T.C. devida à matéria orgânica.

Mitchell (28), eliminando a matéria orgânica por calcinação a 350-400°C, encontrou valores, para a C.T.C. da mesma variando entre 70 e 200 e.mg por 100 g. Verificou que, em solos de textura média, 41 a 65% da troca de cátions era devida à matéria orgânica.

Olson e Bray (32), estudando o método de determinação da C.T.C. orgânica em solos, pelo processo do peróxido de hidrogênio, obtiveram valores da ordem de 34 a 283 e.mg por 100 g de matéria orgânica.



Pratt (35), obteve para amostras superficiais de solo, uma alta correlação entre a C.T.C. e o teor de carbono. Calculou, para 100 g de matéria orgânica, um valor de 284 e.mg por 100 g.

Kamprath e Welch (22), utilizando o peróxido de hidrogênio para destruir a matéria orgânica, determinaram para esta, valores de C.T.C. variando entre 62 a 279 e.mg por 100 g. Citam os dados de Broadbent e Bradford, que obtiveram de 164 a 263, e Mitchell, que determinou valores de 70 a 200.

Endredy e Quagraine (13), trabalhando com amostras de solos tropicais, destruindo a matéria orgânica com o peróxido de hidrogênio, encontraram valores de C.T.C. orgânica, variando de 129 a 240 e.mg por 100 g, com o método do acetato de amônio e de 144 a 298 com o acetato de bário a pH 8,2.

Helling e outros (19), determinaram a contribuição da matéria orgânica e da argila à C.T.C. de 60 solos, utilizando método estatístico de análise de regressão múltipla, na qual as variáveis independentes eram os teores de argila e de matéria orgânica e as variáveis dependentes os valores de C.T.C. a diferentes pH. Os autores verificaram que a C.T.C. orgânica aumenta com o pH da solução usada na determinação. Para pH 7, obtiveram 173 e.mg por 100 g.

Verdade (39), estudou a C.T.C. da matéria orgânica em solos do Estado de São Paulo. Concluiu que a mesma representa 30 a 40% do valor total em solos argilosos e 50 a 60% em solos arenosos.

Verifica-se, pela consulta da literatura sobre a capacidade de troca, que os dados existentes são muito gerais. Dados, por exemplo, que liguem a C.T.C. orgânica com outras propriedades dos solos, são escassos.

Endredy e Quagraine (13), verificaram que, em geral, a C.T.C. da matéria orgânica diminua com a profundidade, nos solos estudados.

Por outro lado, Barshad e Rojas-Cruz (3), constataram notável aumento da C.T.C. da matéria orgânica com a profundidade de de um Podzol da região equatorial. Os valores obtidos variaram de 240 e.mg na superfície a 390 e.mg em profundidade.

Hallsworth e Wilkinson (16), obtiveram uma boa correlação entre o pH dos solos e os logaritmos da capacidade de troca de cátions da matéria orgânica.

No caso da fração inorgânica dos solos, é possível conhecer os minerais que a constituem, interessando mais, no presente trabalho, os da fração argila. Os limites de C.T.C. desses minerais são citados por diversos autores.

Pichler (34), apresenta os limites de 60 a 150 e.mg por 100 g para a capacidade de troca de cátions da montmorilonita, 20 a 60 para a illita e 1 a 20 para a caulinita.

Segundo Buckman e Brady (7), a ordem de grandeza da C.T.C. de minerais de argila que ocorrem em solos, é de 100 e.mg por 100 g para a montmorilonita, 30 para as micas hidratadas e 8 para a caulinita.

Grim (15), dá valores de 100 a 150 e.mg por 100 g para a vermiculita, 80 a 150 para a montmorilonita, 10 a 40 para a illita e a clorita, 5 a 10 para a haloisita-2H<sub>2</sub>O, 40 a 50 para a haloisita-4H<sub>2</sub>O e 3 a 15 para a caulinita.

Além de minerais de argila, podem ocorrer, na fração coloidal inorgânica do solo, outros minerais, destacando-se os óxidos hidratados de ferro e alumínio. A literatura é extremamente contraditória a respeito da C.T.C. desses materiais.

Buckman e Brady (7), atribuem aos óxidos hidratados de ferro e alumínio uma C.T.C. da ordem de 4 e.mg por 100 g.

Pugh (36), bem como Mattson e Pugh (25), fizeram determinações da C.T.C. de hidróxidos de ferro e alumínio, não constatando a existência da propriedade a pH 7.

Fieldes e outros (14), atribuíram a alta C.T.C. dos solos lateríticos com que trabalharam, ao elevado teor de óxidos hidratados amorfos de ferro, alumínio e titânio.

Com relação aos óxidos hidratados de ferro, há vários trabalhos que indicam a sua influência negativa na C.T.C.

Grim (15), afirma que as posições de troca de cátions da caulinita podem ter suas cargas negativas bloqueadas pelos óxidos de ferro.

Dion (12), removendo os óxidos de ferro de solos, constatou aumentos de C.T.C. da ordem de 10 a 59%.

Deb (11), também obteve aumentos na C.T.C. pela remoção dos óxidos de ferro de 3 argilas, porém houve decréscimo no caso de uma montmorilonita.

Aguilera e Jackson (1), trabalhando com um perfil de "Low Humic Latosol", verificaram que havia um consistente aumento na C.T.C. com a remoção dos óxidos de ferro livre, variando de 3 a 31%. Segundo os autores, o tratamento utilizado poderá provocar algum decréscimo na C.T.C. de silicatos que contém ferro e aumentos no caso de solos caulíníticos.

Para o Estado de São Paulo, a Comissão de Solos (10) apresenta dados de C.T.C. da fração argila, calculados fazendo correção para a matéria orgânica. A maioria dos solos, estudados por aquela Comissão, pode ser separada em solos com horizonte B latossólico e solos com horizonte B textural. Nos primeiros, os valores de C.T.C. variaram de 0 a 8 e.mg por 100 g de argila e nos últimos, de 4 a 27.

No mesmo trabalho, pode-se verificar que a fração argila dos solos do Estado de São Paulo contém predominantemente argilas do tipo 1:1 e óxidos hidratados de ferro e alumínio, o que explicaria os valores relativamente baixos de C.T.C. de grande parte dos solos, embora não justifique alguns dos valores mais elevados.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Amostras de solos

Foram utilizadas 104 amostras de solos, representativas dos horizontes A e B de 22 perfis.

Na escolha dos solos, procurou-se uma variação ampla de textura, teor de matéria orgânica, pH e composição mineralógica, dentro das condições existentes no Estado de São Paulo. Evitou-se utilizar solos mal drenados.

A maior parte das análises de caracterização foi feita utilizando-se a chamada terra fina. sêca ao ar, que consistiu da amostra de solo sêca ao ar e passada em peneira com aberturas de 2 mm de diâmetro. Apenas para as determinações de carbono, nitrogênio e capacidade de troca de cátions foram utilizadas amostras de solo passadas em peneira de 1 mm.

#### 3.2 - Caracterização dos solos empregados

Os solos foram classificados de acôrdo com a Comissão de Solos (10).

Para a caracterização dos solos foram feitas determinações físicas, químicas e mineralógicas. Os resultados são apresentados nas tabelas 1 a 24. Os métodos empregados foram os seguintes:

Côr - Foi determinada por comparação da amostra de solo úmida com as côres apresentadas nas tabelas de Munsell.

Granulometria - Foi determinada pelo método da pipeta, empregando-se o hidróxido de sódio como dispersante químico e a agitação mecânica violenta para promover a dispersão mecânica (27).

Em casos de solos muito ricos em bases, foi feita uma prévia dessaturação, por lavagem com ácido clorídrico 0,1 N.

Utilizou-se o Sistema Internacional (7) para agrupar as frações granulométricas. A argila consistiu das partículas com diâmetro inferior a 0,002 mm, o limo das com diâmetro compreendido entre 0,002 e 0,02 mm e a areia, reunindo as areias fina e grossa, consistiu das partículas com diâmetro entre 0,02 e 2 mm.

Bases trocáveis - A extração foi feita percolando 10 g de solo com 100 ml de ácido nítrico 0,05 N. O cálcio e o magnésio foram determinados pelo método do EDTA (37) e o potássio por fotometria de chama (8)

Alumínio trocável - A extração foi feita por percolação de 100 ml de solução 1 N de cloreto de potássio através de 5 g de solo. A dosagem foi feita por titulação com solução 0,05 N de hidróxido de sódio.

Fósforo solúvel - A extração, com ácido sulfúrico 0,05 N, e a dosagem colorimétrica, foram feitas seguindo o método descrito por Catani e outros (8).

pH - A determinação foi feita por leitura em potenciômetro, mergulhando-se os eletrodos em suspensão de 10 g de solo e 25 ml de água destilada (8).

Carbono - O método utilizado foi o de Tiurin, descrito por Vettori (40). Consistiu na oxidação da matéria orgânica do solo por solução 0,4 N em bicromato de potássio e 18 N em ácido sulfúrico, com fervura de 5 minutos. O excesso de bicromato foi titulado com solução 0,4 N de sulfato ferroso amoniacal, utilizando-se a difenilamina como indicador.

Matéria orgânica - Foi estimada multiplicando-se teor de carbono por 1,724.

Nitrogênio - Utilizou-se o método Kjeldahl, conforme é descrito por Catani e outros (3).

Óxidos de ferro livre - A extração do ferro, por re-

dução com ditionito de sódio e a dosagem, pelo método colorimétrico do tiocianato, foram feitos pelos métodos descritos por Jackson (20).

Mineralogia da fração argila - Foi feita análise qualitativa por difração de raios-X, seguindo métodos descritos por Jackson (20).

Superfície específica - Foi utilizado o método da o-fenantrolina, descrito por Lawrie (24). As determinações foram feitas com 1 g de solo, após a remoção da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livre.

TABELA 1. - Características do perfil 685

Classificação: Terra Roxa Estruturada

Município: Igarassu

Material de origem: Diabásio

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria			
				Argila	Limo	Areia	
		cm			%	%	%
685 a	A <sub>1p</sub>	0- 15	2,5 YR 3/4	64	22	14	
b	A <sub>3</sub>	15- 35	2,5 YR 3/6	63	21	16	
c	B <sub>21</sub>	35- 55	10 R 3/4	71	12	17	
d	B <sub>22</sub>	55-130	10 R 3/6	71	11	18	

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
13,8	3,7	0,51	tr.	0,28	6,8	2,61	0,35	4,51
11,3	2,1	0,21	tr.	0,08	6,7	1,53	0,21	2,64
1,5	1,4	0,04	tr.	0,17	5,5	0,44	0,06	0,76
0,5	1,0	0,04	0,8	0,14	5,3	0,21	0,05	0,36

TABELA 2. - Características do perfil 740

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-Orto

Município: Pindamonhangaba

Material de origem: Sedimentos do Terciário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
740 a	A <sub>1p</sub>	0-20	7,5 YR 4/2	19	6	75
b	A <sub>2</sub>	20-32	5 YR 4/8	25	6	69
c	B <sub>1</sub>	32-46	2,5 YR 4/6	39	6	55
d	B <sub>2</sub>	46-78	10 R 4/6	58	8	34

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
2,8	0,3	0,08	0,4	0,41	5,3	0,67	0,09	1,15
1,3	0,1	0,07	0,6	0,03	5,2	0,31	0,06	0,53
1,1	0,1	0,08	1,6	0,02	5,1	0,36	0,05	0,62
1,0	tr.	0,07	2,7	0,01	5,0	0,41	0,05	0,71



TABELA 3. - Características do perfil 782

Classificação: Latosol Vermelho Amarelo-fase terraço

Município: Jacareí

Material de origem: Sedimentos areno-argilosos do Terciário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
				%	%	%
782 a	A <sub>1p</sub>	0-20	10 YR 4/3	25	4	71
b	A <sub>3</sub>	20-40	10 YR 4/4	35	1	64
c	B <sub>1</sub>	40-57	7,5 YR 5/7	40	2	58
d	B <sub>2</sub>	57-97	7,5 YR 5/8	41	0	59

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
E.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
0,4	tr.	0,10	2,5	0,08	4,6	1,13	0,10	1,95
0,4	tr.	0,07	2,6	0,05	4,6	0,86	0,08	1,48
0,4	tr.	0,04	2,5	0,03	4,7	0,51	0,05	0,88
0,4	tr.	0,03	2,2	0,03	4,7	0,36	0,04	0,62

TABELA 4. - Características do perfil 803

Classificação: Latosol Vermelho Amarelo-fase rasa

Município: Cruzeiro

Material de origem: Não Identificado

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria			
				Argila	Limo	Areia	
				cm	%	%	%
803 a	A <sub>1p</sub>	0-13	5 YR 3/1	56	6	38	
b	A <sub>3</sub>	13-21	7,5 YR 3/2	56	5	39	
c	B <sub>1</sub>	21-38	5 YR 4/4	58	5	37	
d	B <sub>2</sub>	38-61	5 YR 4/3	63	3	34	
e	B <sub>3</sub>	61-84	5 YR 4/6	65	3	32	

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T.F.S.E.					%	%	%	
1,2	1,1	0,49	3,2	0,10	5,0	3,76	0,28	6,49
0,3	0,2	0,09	3,6	0,07	4,9	2,10	0,19	3,62
0,2	0,1	0,09	3,1	0,03	4,9	1,59	0,15	2,74
0,2	0,1	0,06	2,8	tr.	4,9	1,27	0,12	2,19
0,1	tr.	0,05	2,4	0,02	5,0	0,83	0,08	1,43

TABELA 5. - Características do perfil 842

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-Orto

Município: Taubaté

Material de origem: Gnaiss escuro

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
			cm	%	%	%
842 a	A <sub>12</sub> +A <sub>2</sub>	0- 11	2,5 YR 5/4	38	7	55
b	B <sub>1</sub>	11-47	2,5 YR 4/4	53	5	42
c	B <sub>2</sub>	47-83	2,5 YR 5/6	55	7	38
d	B <sub>3</sub>	83-110	2,5 YR 5/6	48	12	30

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
0,8	0,6	0,45	1,5	0,06	4,5	1,33	0,12	2,30
0,3	tr.	0,05	1,7	tr.	4,3	0,57	0,06	0,98
0,4	0,4	0,04	0,8	0,01	4,4	0,38	0,05	0,66
0,2	0,2	0,03	0,4	0,03	4,5	0,18	0,04	0,31

TABELA 6. - Características do perfil 843

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-Orto

Município: Taubaté

Material de origem: Gnaiss

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
843 a	A <sub>1p</sub>	0- 14	10 YR 4/2	18	13	69
b	A <sub>2</sub>	14- 26	5 YR 5/8	27	8	65
c	B <sub>11</sub>	26- 42	5 YR 5/6	38	9	53
d	B <sub>12</sub>	42- 66	5 YR 5/8	48	8	44
e	B <sub>2</sub>	66-112	2,5 YR 5/8	47	12	41

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
4,9	1,2	0,54	tr.	0,06	6,1	1,84	0,17	3,17
2,6	0,7	0,34	tr.	0,01	5,9	0,77	0,09	1,33
1,8	0,5	0,17	tr.	0,01	5,5	0,59	0,05	1,02
2,2	0,3	0,11	tr.	0,01	5,4	0,47	0,08	0,81
2,0	0,2	0,09	tr.	0,04	5,7	0,25	0,03	0,43

TABELA 7. - Características do perfil 844

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-Orto

Município: Taubaté

Material de origem: Gnaiss

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
844 a	A <sub>1p</sub>	0- 12	10 YR 5/3	13	5	82
b	A <sub>2</sub>	12- 33	10 YR 6/4	28	3	69
c	B <sub>1</sub>	33- 45	5 YR 4/7	57	2	41
d	B <sub>h?</sub>	45- 59	5 YR 4/5	54	5	41
e	B <sub>2</sub>	59-110	10 YR 4/6	56	2	42

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.								
1,2	0,4	0,18	tr.	0,02	5,5	0,81	0,08	1,40
0,9	0,2	0,14	0,7	0,01	4,8	0,39	0,05	0,67
1,2	0,2	0,16	1,4	tr.	4,6	0,49	0,06	0,85
1,1	0,3	0,14	1,8	tr.	4,4	0,43	0,06	0,83
0,6	0,2	0,16	1,8	tr.	4,3	0,30	0,04	0,52

TABELA 8. - Características do perfil 845

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-OrtoMunicípio: TaubatéMaterial de origem: Rocha metamórfica xistosa e micácea

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
				%	%	%
845 a	A <sub>11p</sub>	0- 10	10 YR 3/2	23	3	69
b	A <sub>12</sub>	10- 18	7,5 YR 4/2	23	10	67
c	A <sub>2</sub>	18- 27	7,5 YR 4/4	28	9	63
d	B <sub>1</sub>	27- 51	5 YR 5/7	42	7	51
e	B <sub>2</sub>	51-131	2,5 YR 4/8	43	4	53

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
4,4	1,8	0,94	tr.	0,06	5,7	2,07	0,26	3,57
2,8	1,0	0,57	tr.	0,02	5,8	0,95	0,14	1,64
2,3	0,7	0,63	tr.	0,01	5,9	0,63	0,10	1,09
2,2	1,0	0,57	tr.	0,01	6,1	0,52	0,03	0,89
1,1	1,2	0,15	tr.	0,01	6,2	0,23	0,05	0,40

TABELA 9. - Características do perfil 849

Classificação: Solos Podzolizados de Lins e Marília-  
variação Marília

Município: Pindorama

Material de origem: Arenito Bauru com cimento calcário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
849 a	A <sub>11</sub>	0- 9	5 YR 4/2	6	12	82
b	A <sub>12</sub>	9- 24	5 YR 4/4	4	7	89
c	A <sub>2</sub>	24- 41	5 YR 5/3	2	7	91
d	B <sub>1</sub>	41- 58	5 YR 4/6	7	6	87
e	B <sub>21</sub>	58-100	2,5 YR 3/6	22	8	70
f	B <sub>22</sub>	100-148	2,5 YR 4/6	28	5	67
g	B <sub>3</sub>	148-180	2,5 YR 4/6	22	3	75

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T.F.S.E.						%	%	%
10,3	2,8	0,54	tr.	0,11	7,3	1,84	0,25	3,17
3,4	0,9	0,21	tr.	tr.	7,2	0,56	0,07	0,97
1,8	0,9	0,18	tr.	0,01	7,2	0,20	0,03	0,35
1,8	1,0	0,53	tr.	0,03	7,2	0,18	0,03	0,31
3,6	1,5	1,56	tr.	0,03	7,8	0,27	0,04	0,47
2,1	2,1	1,56	tr.	0,02	8,1	0,19	0,02	0,33
1,0	1,5	0,44	tr.	tr.	5,5	0,15	0,03	0,26

TABELA 10. - Características do perfil 853

Classificação: Latosol Roxo

Município: Orlandia

Material de origem: Diabásio com contribuição de arenito de Botucatu

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria			
				Argila	Limo	Areia	
		cm			%	%	%
853 a	A <sub>p</sub>	0- 14	2,5 YR 3/4	52	20	28	
b	A <sub>3</sub>	14- 42	10 R 3/4	53	22	25	
c	B <sub>2</sub>	42- 79	10 R 3/4	56	23	21	
d	B/c	79-150	10 R 3/3	53	25	22	

Íons trocáveis				3- PO <sub>4</sub>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
0,5	0,1	0,05	1,5	0,12	5,2	1,54	0,14	2,66
0,3	0,1	0,03	0,8	0,07	5,1	1,06	0,09	1,83
0,6	0,1	0,03	tr.	0,03	5,3	0,71	0,05	1,22
0,5	0,1	0,02	tr.	0,02	5,0	0,54	0,05	0,93



TABELA 11. - Características do perfil 864

Classificação: Latosol Roxo

Município: Campinas

Material de origem: Provável material de diabásio com contribuição de sedimentos arenosos

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
				%	%	%
864 a	A <sub>1p</sub>	0- 13	2,5 YR 3/4	33	11	66
b	A <sub>3</sub>	13- 38	2,5 YR 3/4	39	9	52
c	B <sub>2</sub>	38- 73	2,5 YR 3/4	45	5	50
d	B <sub>3</sub>	73-115	2,5 YR 3/6	34	14	52

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
3,4	0,8	0,27	tr.	0,03	5,2	1,50	0,15	2,58
2,6	0,7	0,03	tr.	0,01	5,3	0,89	0,10	1,54
2,4	0,3	0,03	tr.	tr.	5,3	0,60	0,06	1,04
1,9	0,4	0,02	tr.	tr.	5,5	0,45	0,04	0,78

TABELA 12. - Características do perfil 902

Classificação: Solos Podzolizados de Lins e Marília-variação  
Marília

Município: Pindorama

Material de origem: Arenito Baum com cimento calcário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
				%	%	%
				cm		
902 a	A <sub>p1</sub>	0- 15	5 YR 4/3	6	2	92
b	A <sub>p21</sub>	15- 28	5 YR 4/5	6	2	91
c	A <sub>22</sub>	28- 45	5 YR 4/5	12	2	86
d	B <sub>21</sub>	45- 75	2,5 YR 4/5	29	4	67
e	B <sub>22</sub>	75-100	2,5 YR 4/5	27	8	65

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e, mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
1,4	0,9	0,07	tr.	0,15	5,8	0,35	0,06	0,60
1,6	0,9	0,05	tr.	0,08	6,0	0,25	0,05	0,43
2,0	0,9	0,07	tr.	0,03	5,9	0,22	0,06	0,38
3,6	1,0	0,05	tr.	0,01	5,8	0,31	0,05	0,53
3,0	1,0	0,03	tr.	0,02	5,9	0,21	0,05	0,36

TABELA 13. - Características do perfil 927

Classificação: Latosol Roxo

Município: Campinas

Material de origem: Diabásio

Amostra	Horizonte	Profundidade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
			cm	%	%	%
927 a	A <sub>11</sub>	0-5	2,5 YR 3/6	41	18	41
b	A <sub>12</sub>	5-12	2,5 YR 3/6	42	17	41
c	B <sub>1</sub>	12-40	1,0 R 3/4	56	14	30
d	B <sub>2</sub>	40-75	1,0 R 3/6	61	13	26

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
7,3	1,6	0,23	tr.	0,27	5,9	1,64	0,16	2,83
7,1	1,8	0,21	tr.	0,38	5,7	1,55	0,16	2,67
6,4	1,7	0,02	tr.	0,05	6,1	0,88	0,11	1,52
5,5	1,3	0,01	tr.	0,04	6,3	0,59	0,07	1,02

TABELA 14. - Características do perfil 928

Classificação: Latosol RoxoMunicípio: Ribeirão PretoMaterial de origem: Diabásio

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
cm				%	%	%
928 a	A <sub>1</sub>	0- 18	2,5 YR 3/4	59	26	15
b	A <sub>3</sub>	18- 40	2,5 YR 3/4	56	26	18
c	B <sub>1</sub>	40- 58	2,5 YR 3/4	59	25	16
d	B <sub>22</sub>	58- 82	2,5 YR 3/6	58	30	12
e	B <sub>23</sub>	82-110	2,5 YR 4/4	57	25	18

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
18,8	3,2	0,44	tr.	0,27	6,8	2,61	0,32	4,51
23,6	1,7	0,12	tr.	0,39	7,3	1,54	0,18	2,66
13,9	1,5	0,12	tr.	0,05	6,7	1,21	0,13	2,09
11,9	1,4	0,02	tr.	0,04	7,1	0,88	0,11	1,52
9,7	3,2	0,14	tr.	0,04	6,9	0,63	0,08	1,17

TABELA 15. - Características do perfil 929

Classificação: Solos Podzolizados com cascalhos

Município: Itu

Material de origem: Granito róseo

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade cm	Côr	Granulometria		
				Argila %	Limo %	Areia %
929 a	A <sub>1</sub>	0-16	10 YR 4/1	19	13	68
b	A <sub>2</sub>	16-36	10 YR 4/4	27	13	60
c	B <sub>12</sub>	36-45	7,5 YR 5/6	48	15	37
d	B <sub>22</sub>	45-74	5 YR 5/8	53	16	31

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
2,6	1,2	0,23	tr.	0,03	5,9	1,39	0,19	2,40
2,6	0,7	0,12	tr.	0,01	5,7	0,48	0,08	0,83
3,7	0,6	0,17	tr.	0,01	6,0	0,56	0,08	0,97
2,7	0,7	0,07	tr.	0,01	5,8	0,49	0,06	0,85

TABELA 16. - Características do perfil 943

Classificação: Solos Podzolizados com cascalhosMunicípio: CampinasMaterial de origem: Granito

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
943 a	A <sub>1</sub>	0- 6	10 YR 4/2	17	13	70
b	A <sub>2</sub>	6- 31	7,5 YR 4/2	19	8	73
c	B <sub>1</sub>	31- 45	5 YR 5/8	33	17	50
d	B <sub>21</sub>	45- 90	5 YR 5/6	33	22	45
e	B <sub>22</sub>	90-145	5 YR 5/8	37	20	43

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
2,3	1,0	0,23	tr.	0,03	5,3	1,77	0,23	3,05
1,2	0,7	0,09	0,8	0,02	5,0	1,02	0,19	1,76
1,7	0,4	0,05	tr.	0,01	5,5	0,53	0,08	0,91
2,3	0,3	0,03	tr.	0,01	5,5	0,50	0,06	0,86
0,7	0,2	0,03	0,7	0,03	4,9	0,20	0,03	0,35

TABELA 17. - Características do perfil 947

Classificação: Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa

Município: Pindorama

Material de origem: Arenito de Bauru sem cimento calcário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
cm				%	%	%
947 a	A <sub>11</sub>	0- 6	7,5 YR 4/4	21	2	77
b	A <sub>12</sub>	6- 19	5 YR 4/4	16	2	82
e	A <sub>3</sub>	19- 47	5 YR 5/6	18	0	82
d	B <sub>1</sub>	47- 82	5 YR 5/8	18	4	78
e	B <sub>21</sub>	82-105	5 YR 5/8	24	2	74
f	B <sub>22</sub>	105-240	5 YR 5/8	26	3	71

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	C	II	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
3,1	2,0	0,51	tr.	0,01	5,5	1,93	0,24	3,33
0,2	0,6	0,28	1,3	tr.	5,1	0,86	0,12	1,43
0,1	0,3	0,26	1,9	tr.	5,0	0,48	0,06	0,83
0,1	0,2	0,07	1,9	tr.	4,7	0,35	0,06	0,60
0,1	0,2	0,05	1,8	tr.	4,7	0,27	0,03	0,47
tr.	0,1	0,06	1,8	tr.	4,8	0,22	0,03	0,38

TABELA 18. - Características do perfil 948

Classificação: Terra Roxa Estruturada

Município: Itapura

Material de origem: Sedimentos de basalto

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
948 a	A <sub>1p</sub>	0- 14	2,5 YR 3/4	37	16	47
b	A <sub>3</sub>	14- 31	2,5 YR 3/4	58	12	30
c	B <sub>1</sub>	31- 53	10 R 3/4	64	8	28
d	B <sub>21</sub>	53- 70	2,5 YR 3/4	71	6	22
e	B <sub>22</sub>	70-112	2,5 YR 3/4	66	6	28

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. E.						%	%	%
25,8	3,1	0,75	tr.	0,47	7,4	2,43	0,28	4,19
12,2	3,1	0,75	tr.	0,03	6,9	0,73	0,11	1,26
10,9	3,3	1,02	tr.	0,05	6,9	0,53	0,08	0,91
6,9	3,5	1,00	tr.	0,05	6,6	0,32	0,06	0,55
7,9	3,2	1,14	tr.	0,04	6,4	0,43	0,11	0,76



TABELA 19. - Características do perfil 949

Classificação: Solos Podzolizados de Lins e Marília-  
variação Lins

Município: Itapura

Material de origem: Arenito Bauru, provavelmente com ci-  
mento calcário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade cm	Côr	Granulometria		
				Argila %	Limo %	Areia %
949 a	A <sub>1p</sub>	0- 14	5 YR 3/5	12	6	82
b	A <sub>2</sub>	14- 30	2,5 YR 4/4	17	3	80
c	B <sub>1</sub>	30- 47	2,5 YR 3/6	23	1	76
d	B <sub>2</sub>	47-100	2,5 YR 3/6	24	4	72

Íons trocáveis				P <sub>0</sub> <sup>3-</sup> 4 solúvel	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>					
e.mg por 100 g de T. F. S. A.						%	%	%
6,9	1,7	0,34	tr.	0,12	6,4	1,18	0,19	2,04
2,9	0,8	0,21	tr.	0,01	6,3	0,40	0,08	0,69
2,4	0,8	0,22	tr.	0,01	6,2	0,29	0,06	0,50
2,2	0,9	0,10	tr.	0,01	6,4	0,19	0,06	0,33

TABELA 20. - Características do perfil 953

Classificação: Latosol Vermelho Amarelo-fase arenosa

Município: Itapura

Material de origem: Arenito Bauru sem cimento calcário

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
953 a	A <sub>1p</sub>	0- 17	5 YR 4/4	24	5	71
b	A <sub>12</sub>	17- 40	5 YR 4/4	28	3	69
c	A <sub>3</sub>	40- 74	2,5 YR 3/6	31	1	68
d	B <sub>2</sub>	74-114	2,5 YR 4/4	31	1	68
e	B <sub>3</sub>	114-163	2,5 YR 3/6	31	2	67

Íons trocáveis				3-	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	PO <sub>4</sub> solúvel				
e.mg por 100 g de T. F.					%	%	%	
0,9	0,4	0,11	0,8	0,03	5,2	0,70	0,09	1,21 <sup>y</sup>
0,1	0,1	0,03	1,7	tr.	4,5	0,47	0,05	0,81
0,1	0,1	0,05	1,5	0,01	4,1	0,54	0,07	0,93
tr.	tr.	0,02	1,4	tr.	4,6	0,34	0,05	0,59
0,2	tr.	0,08	1,5	tr.	5,0	0,25	0,05	0,43

TABELA 21. - Características do perfil T 2838-2842

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-variação Laras

Município: Rio Claro

Material de origem: Arenito

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria		
				Argila	Limo	Areia
		cm		%	%	%
T 2838	A <sub>1</sub>	0- 6	10 YR 5/2	5	1	94
2839	A <sub>2</sub>	6- 30	10 YR 4/1	7	1	92
2840	B <sub>1</sub>	30- 70	7,5 YR 5/6	15	1	84
2841	B <sub>21</sub>	70-115	5 YR 5/6	18	0	82
2842	B <sub>22</sub>	115-150	5 YR 5/8	17	1	82

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
0,7	0,2	0,04	0,5	0,03	5,6	0,45	0,05	0,78
0,8	0,1	0,03	0,8	0,02	5,4	0,45	0,05	0,78
0,9	0,2	0,03	1,8	0,01	5,3	0,35	0,04	0,60
0,6	0,1	0,04	2,2	tr.	5,2	0,25	0,03	0,43
0,6	0,1	0,03	2,3	0,01	5,2	0,16	0,02	0,28

TABELA 22. - Características do perfil T 2375-2379

Classificação: Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba

Município: Rio Claro

Material de origem: Argilito Corumbataí

Amostra	Hori- zonte	Profun- didade	Côr	Granulometria			
				Argila	Limo	Areia	
				cm	%	%	%
T 2875	A <sub>1p</sub>	0-3	5 YR 5/5	30	35	35	
2876	A <sub>2p</sub>	3-10	2,5 YR 4/3	31	36	33	
2877	B <sub>21</sub>	10-18	10 R 4/5	31	40	29	
2878	B <sub>22</sub>	18-28	2,5 YR 4/6	30	41	29	
2879	B <sub>3</sub>	28-43	5 YR 4/6	34	36	30	

Íons trocáveis				PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	pH	C	N	Matéria orgânica
Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	solúvel				
e.mg por 100 g de T. F. S. E.					%	%	%	
14,4	5,1	0,72	0,4	0,11	5,8	2,43	0,21	4,20
12,4	4,4	0,16	0,2	0,05	5,9	1,49	0,15	2,57
13,4	4,8	0,36	0,1	0,05	6,0	0,57	0,09	0,98
13,1	4,6	0,22	0,3	0,10	6,0	0,59	0,07	1,02
11,6	5,0	0,17	0,3	0,10	5,9	0,51	0,12	1,55

TABELA 23. - Análise mineralógica qualitativa da fração argila, do horizonte B<sub>2</sub>, dos solos utilizados no estudo da capacidade de troca de cátions

Amostra	Minerais revelados por difração de raios- $\lambda$ na fração argila (separada dos solos após a remoção dos óxidos de ferro livre)
685 d	Mineral do grupo de caulinita (+++).
740 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (+), vermiculita (tr.).
782 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsitita (+).
803 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsitita (+), vermiculita (tr.?).
842 e	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (tr.).
843 e	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (+).
844 e	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (+).
845 e	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (+).
849 f	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (+).
853 c	Mineral do grupo da caulinita (++) , gibsitita (++) .
864 d	Mineral do grupo da caulinita (++) , gibsitita (++) .
902 e	Mineral do grupo da caulinita (+++).
927 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsitita (+), vermiculita (tr.).
928 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsitita (++) .
929 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsitita (+), vermiculita (tr.).

TABELA 23. - Continuação

Amostra	Minerais revelados por difração de raios-X na fração argila (separada dos solos após a remoção dos óxidos de ferro livre)
943 e	Mineral do grupo da caulinita (+++), vermiculita(+)
947 f	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsite (+), vermiculita (tr.).
948 e	Mineral do grupo da caulinita (+++).
949 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), mineral do grupo das micas (tr.).
953 d	Mineral do grupo da caulinita (+++), vermiculita (tr.).
T 2842	Mineral do grupo da caulinita (+++), gibsite (+), vermiculita (tr.).
T 2878	Montmorilonita (+++), mineral do grupo das micas (++) .

Convenção: +++ - Teor elevado

++ - Teor médio

+ - Teor baixo

tr. - Traços

TABELA 24. - Superfície específica, do horizonte B<sub>2</sub>, dos solos utilizados no estudo da capacidade de troca de cations (de terminada em amostras das quais removeu-se a matéria orgânica e os óxidos de ferro livre.

Amostra	Superfície específica	Amostra	Superfície específica
	m <sup>2</sup> /g		m <sup>2</sup> /g
685 d	48	902 e	31
740 d	31	927 d	41
782 d	24	928 d	52
803 d	23	929 d	35
842 c	28	943 d	30
843 e	27	947 f	23
844 e	32	948 e	70
845 e	24	949 d	21
849 f	41	953 d	14
853 c	18	T 2842	26
864 c	17	T 2878	211

### 3.3 - Determinação da capacidade de troca de cátions

O método de determinação da capacidade de troca de cátions utilizado, baseado parcialmente nas descrições de Jackson (21) e nas considerações de Rich (33), consistiu no seguinte:

Em tubo de percolação de 1,5 cm de diâmetro colocar 2 discos de papel de filtro, uma camada de areia fina inerte à troca de íons, um grama de terra misturado com areia, mais uma camada de areia e 2 discos de papel de filtro. Percolar duas vezes 25 ml de solução de acetato de cálcio 1 N, pH 7, permitindo um tempo de pelo menos 4 horas entre o início da primeira e o término da segunda percolação. Passar, em seguida, duas vezes 5 ml de solução de cloreto de cálcio 1 N. Após a drenagem completa desta solução, lavar as paredes e o bico do tubo com água destilada. Eliminar o excesso de solução de cálcio da amostra de solo com duas lavagens de 5 ml com água destilada e quatro lavagens com 5 ml de álcool etílico a 80%. Feito isso, substituir o frasco de recepção dos percolados por outro limpo e extrair o cálcio do solo percolando duas vezes 25 ml de solução de acetato de sódio 1 N, pH 7. Titular o cálcio com solução 0,005 M de EDTA, a pH 10, utilizando o indicador prêto de eriocromo T. O número de mililitros gastos, menos os consumidos na titulação de prova em branco completa, dará a capacidade de troca de cátions, em equivalentes miligramas por 100 g de solo.

Nos casos de solo com pH acima de 6,7 foi feita, antes da determinação da C.T.C., uma lavagem com 10 ml de ácido nítrico 0,1 N e 10 ml de água destilada.



### 3.4 - Destruição da matéria orgânica pelo peróxido de hidrogênio

O procedimento empregado para destruir a matéria orgânica baseia-se no método descrito por Jackson (20), alterado em alguns detalhes, em decorrência de observações feitas no laboratório. Foi o seguinte:

Colocar um grama de terra em copo de 100 ml. Adicionar 50 ml de solução de acetato de sódio 1 N, pH 5 e 1 gota de peróxido de hidrogênio a 30% (100 volumes), isento de fósforo. Aquecer até uma rápida fervura, resfriar, agitar e deixar decantar a argila, para então drenar o líquido sobrenadante com trompa d'água. Adicionar 1 ml de solução de peróxido de hidrogênio a 30%, cobrir o copo com vidro de relógio e deixar por algumas horas em repouso. Em seguida aquecer em uma chapa de vapor, deixando digerir até que cesse a reação com a matéria orgânica. Agitar, várias vezes, durante a digestão. Resfriar o copo e repetir o tratamento com 2 ml da solução de peróxido de hidrogênio. Lavar o copo e o vidro de relógio com água destilada e reaquecer o copo descoberto, deixando evaporar o líquido até próximo da secura. Resfriar, reacidificar com algumas gotas de ácido acético glacial e fazer o último tratamento com mais 2 ml de peróxido de hidrogênio. Lavar a amostra três vezes com a solução de acetato de sódio 1 N, pH 5, uma vez com acetato de sódio 1 N, pH 7 e duas vezes com água destilada, adicionando algumas gotas de solução de cálcio na primeira lavagem com água para evitar dispersão da argila. Secar o material em estufa com ventilação, regulada para um máximo de 40°C.

Moer o material seco com espátula e misturá-lo com areia, passando tudo para tubo de percolação para a determinação da C.T.C. Remover o material que fica aderido ao copo com pincel e com ajuda de um pouco de areia, adicionando-o ao tubo de percolação.

Após a determinação da C.T.C., percolar 10 ml de ácido nítrico 0,5 N e 10 ml de água destilada, para eliminar o excesso de acetato de sódio. Retirar o material do tubo, separando os papéis de filtro. Secar a 40<sup>o</sup>C e determinar o teor de carbono.

#### 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação e a discussão dos dados obtidos serão feitas em quatro etapas. Na primeira, será tratada da maneira de calcular a C.T.C. das frações orgânica e mineral. Nos dois capítulos seguintes serão comentados os resultados de C.T.C. obtidos para a matéria orgânica e para a fração mineral. Finalmente, serão feitos comentários à respeito da contribuição da matéria orgânica e da fração mineral à capacidade de troca dos solos.

##### 4.1 - Cálculo da capacidade de troca de cátions da matéria orgânica e da fração mineral

O método comumente utilizado para medir a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica, consiste em avaliá-la pela diferença entre a C.T.C. determinada diretamente e a C.T.C. determinada após a oxidação da matéria orgânica pelo peróxido de hidrogênio.

Como a destruição completa da matéria orgânica é difícil de ser conseguida, por oxidação com o peróxido de hidrogênio, deparou-se com um problema conhecido nas determinações da C.T.C. orgânica. Trata-se de saber que valor de troca de cátions atribuir ao resíduo orgânico que permanece no solo, após o tratamento com o peróxido de hidrogênio.

O assunto foi estudado, fazendo-se a destruição progressiva da matéria orgânica. Na figura 1 são apresentados, graficamente, os resultados obtidos. Na abcissa são representados os teores de matéria orgânica, determinadas em amostras de solo que receberam tratamento com quantidades crescentes de peróxido de hidrogênio, enquanto que, os valores correspondentes de C.T.C., determinados nas amostras tratadas, são representados na ordenada.

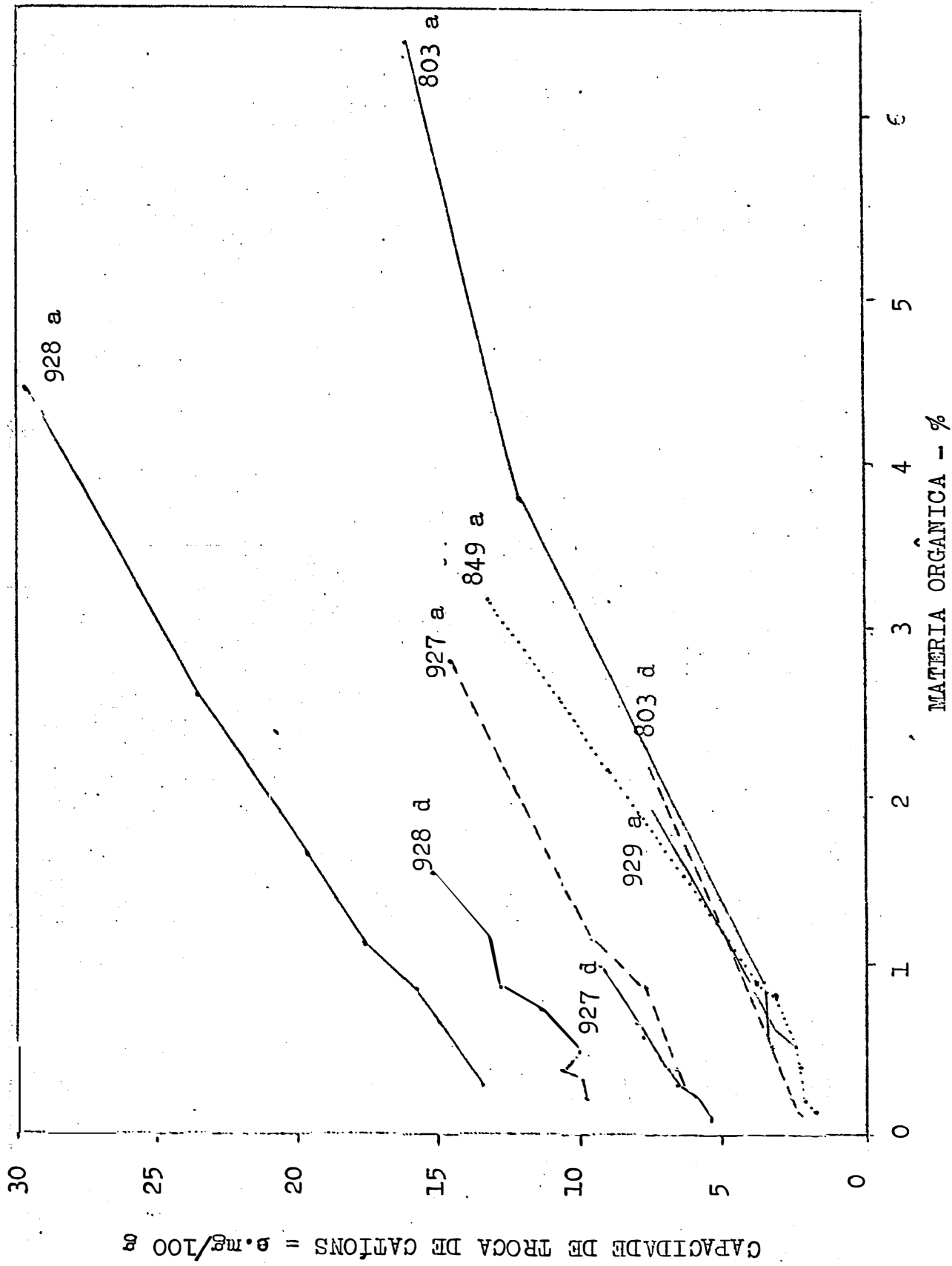


FIGURA 1. - Decréscimo da capacidade de troca de cátions do solo, em função da destruição da matéria orgânica pelo peróxido de hidrogênio.

Verifica-se, pelo exame das curvas apresentadas na figura 1, que o decréscimo da C.T.C. é proporcional à matéria orgânica destruída, as relações aproximando-se bastante de retas.

Os dados parecem confirmar os de McGeorge (26), que verificou a existência de uma relação linear, entre a capacidade de troca e o teor de matéria orgânica, ao fazer a destruição desta por digestão com o peróxido de hidrogênio.

Por outro lado, verificou-se que a destruição completa da matéria orgânica é difícil de ser conseguida, utilizando o peróxido de hidrogênio, havendo aparentemente uma relação assintótica entre a diminuição de carbono e a quantidade de oxidante empregada. Para as amostras da figura 1, empregando-se 0,25, 0,50 e 1,00 ml de peróxido de hidrogênio a 30% por grama de solo, a destruição média da matéria orgânica foi, respectivamente, de 49%, 59% e 74%. Com 20 ml do oxidante, a eliminação foi de 93%.

Tendo em vista que a destruição completa da matéria orgânica pelo peróxido de hidrogênio é impraticável, passou-se a atribuir, ao resíduo orgânico, C.T.C. da mesma magnitude da matéria orgânica oxidada. Parece mais acertado proceder assim, do que não considerar a C.T.C. do resíduo orgânico. Pela figura 1, nota-se a tendência das curvas de prosseguirem ainda em seu declínio, se fôsse conseguida uma maior destruição da matéria orgânica, indicando que a parte não oxidada desta, provavelmente apresenta capacidade de troca.

Como nas determinações da C.T.C. da fração orgânica utilizou-se apenas 5 ml de peróxido de hidrogênio por grama de solo, a medida corretiva revelou-se necessária, já que o resíduo orgânico, em muitos casos, foi apreciável. Procedimento semelhante é indicado por McGeorge (26), que ressaltou a necessidade da determinação do carbono residual, quando é feita a determinação da C.T.C. orgânica pelo processo do peróxido de hidrogênio.

Cabe mencionar que diversos autores não atribuem C.T.C. ao resíduo orgânico do tratamento com o peróxido de hidrogênio.

Bartlett e outros (4), verificaram em alguns solos

com baixo teor de matéria orgânica, aumento da C.T.C. pelo tratamento com o peróxido de hidrogênio.

Bradfield, citado por Waksman (41), afirmou que a oxidação da matéria orgânica, pelo peróxido de hidrogênio, nem sempre reduz a capacidade de troca dos solos.

Verdade (39), eliminando a matéria orgânica de solos, com peróxido de hidrogênio, considerou haver um teor crítico, abaixo do qual a fração orgânica inibe a C.T.C. da fração mineral.

Tendo em vista a afirmação desses autores, procurou-se estudar a ocorrência do fenômeno nas condições do presente trabalho.

Verificou-se que o ácido fosfórico, existente em soluções comerciais de peróxido de hidrogênio, pode ter influência na C.T.C., aumentando-a. Para as amostras 803a, 849a e 927a, foram obtidos valores de C.T.C. respectivamente de 3,2, 2,0 e 5,9 empregando-se solução de peróxido de hidrogênio p. a. e 4,5, 2,3 e 7,6 com peróxido de hidrogênio contendo 6,3 e mg de  $P_2O_5$  por litro. A destruição da matéria orgânica foi equivalente com ambas as soluções.

Utilizando-se solução de peróxido de hidrogênio isenta de fósforo, o decréscimo de C.T.C. acompanha a redução no teor de matéria orgânica, como já foi visto.

Os resultados de capacidade de troca de cátions obtidos, para as amostras de solos estudadas, são apresentados na tabela 25. Para esclarecimento, dá-se como exemplo, os cálculos efetuados para a amostra 685c.

Dados obtidos no laboratório:

C.T.C. total: 8,9 e.mg/100 g de T.F.S.E. (terra fina seca na estufa a  $105-110^{\circ}C$ ).

C.T.C. determinada após a destruição da matéria orgânica: 7,4 e.mg/100 de T.F.S.E.

Matéria orgânica: 0,76%.

Matéria orgânica residual: 0,15%.

Argila: 71%.

TABELA 25. - Capacidade de troca de cátions das funções orgânica e mineral dos solos utilizados no estudo da capacidade de troca de cátions

Amostra	C.T.C. em 100 g de T.F.S.E.			Contribuição à C.T.C. total		C.T.C. específica, em 100g	
	Total	Orgânica	Mineral	M.O.	F.M.	M.O.	Argila
	e.mg	e.mg	e.mg	%	%	e.mg	e.mg
685 a	24,4	15,0	9,4	62	38	333	-
b	18,3	10,9	7,4	60	40	412	-
c	8,9	1,9	7,0	21	79	246	9,9
d	7,8	1,3	6,5	1	83	-	9,1
740 a	4,7	2,9	1,8	62	38	255	-
b	3,1	1,4	1,7	45	55	257	-
d	4,3	1,7	2,6	39	51	271	6,7
e	6,0	2,4	3,6	40	60	265	6,2
782 a	6,2	4,0	2,2	65	35	206	-
b	5,4	3,2	2,2	59	41	213	-
c	4,6	2,5	2,1	54	46	284	5,3
d	4,1	1,8	2,3	44	56	288	5,6
803 a	16,3	14,9	1,4	91	9	230	-
b	11,4	9,8	1,6	86	14	271	-
c	9,4	7,6	1,8	81	19	276	-
d	7,7	6,0	1,7	78	22	272	2,7
e	6,3	4,3	2,0	68	32	294	3,1
842 a	6,3	4,3	2,0	68	32	185	-
b	4,5	1,9	2,6	42	48	198	4,9
c	3,7	1,0	2,7	27	73	173	4,9
d	2,8	0,6	2,2	21	79	-	4,0
843 a	9,1	7,9	1,2	87	13	249	-
b	5,3	3,8	1,5	72	28	284	-
c	4,3	2,5	1,8	58	42	250	4,7
d	4,7	2,6	2,1	55	45	-	4,4
e	3,5	1,4	2,1	40	60	-	4,5

TABELA 25. - Continuação

Amostra	C.T.C. em 100 g de			Contribuição		C.T.C. especí-	
	T.F.S.E.			à C.T.C. total		fica, em 100 g	
	Total	Orgânica	Mineral	M.O.	F.M.	M.O.	Argila
	e.mg	e.mg	e.mg	%	%	e.mg	e.mg
844 a	3,7	2,7	1,0	73	27	195	-
b	3,2	1,8	1,4	56	44	267	-
c	4,6	2,2	2,4	48	52	263	4,2
d	5,4	2,4	3,0	44	56	288	5,6
e	4,6	1,5	3,1	33	67	290	5,5
845 a	11,0	8,8	2,2	80	20	286	-
b	6,8	4,5	2,3	66	34	270	-
c	5,4	3,0	2,4	56	44	250	-
d	4,8	2,1	2,7	44	56	234	6,4
e	3,6	1,2	2,4	33	67	-	5,6
849 a	12,5	11,0	1,5	88	12	347	-
b	4,4	3,4	1,0	77	23	348	-
c	2,1	1,5	0,6	71	29	-	-
d	2,6	1,0	1,6	48	52	-	-
e	5,6	1,3	4,3	23	77	-	19,6
f	5,1	0,6	4,5	12	88	-	16,1
g	3,7	0,2	4,3	5	95	-	15,9
853 a	9,5	6,4	3,1	67	33	243	-
b	6,9	3,9	3,0	57	43	241	-
c	5,0	2,2	2,8	44	56	219	5,0
d	4,2	1,6	2,6	38	62	232	4,9
864 a	9,3	7,2	2,2	76	24	349	-
b	7,0	4,6	2,4	66	34	296	-
c	5,4	3,2	2,2	59	41	310	4,9
d	4,2	2,2	2,0	52	48	395	5,9
902 a	3,3	2,1	1,2	64	36	353	-
b	3,0	1,8	1,2	60	40	-	-
c	3,4	1,4	2,0	41	59	-	-
d	5,8	1,5	4,3	26	74	-	14,8
e	5,0	0,9	4,1	18	82	-	15,2



TABELA 25. - Continuação

Amostra	C.T.C. em 100 g de			Contribuição		C.T.C. especí-	
	T.F.S.E.			à C.T.C. total		fica, em 100 g	
	Total	Orgânica	Mineral	M.O.	F.M.	M.O.	Argila
	e.mg	e.mg	e.mg	%	%	e.mg	e.mg
927 a	14,6	9,7	4,9	66	34	343	-
b	14,4	9,4	5,0	65	35	356	-
c	11,3	6,5	4,8	57	43	436	8,6
d	9,3	4,8	4,5	52	48	462	7,4
928 a	28,9	16,1	12,8	56	44	358	-
b	25,6	13,0	12,6	51	49	488	-
c	18,2	8,5	9,7	47	53	386	16,4
d	14,8	5,9	8,9	40	60	383	15,4
e	12,0	5,1	6,9	42	58	432	12,1
929 a	7,4	6,0	1,4	81	19	249	-
b	4,2	2,3	1,9	55	45	283	-
c	5,7	2,5	3,2	44	56	252	6,7
d	5,5	2,0	3,5	36	64	236	6,6
943 a	8,4	6,4	2,0	76	24	198	-
b	5,5	3,6	1,9	65	35	207	-
c	4,5	2,3	2,2	51	49	256	6,7
d	4,7	2,0	2,7	43	57	230	8,2
e	3,5	0,6	2,9	17	83	-	7,8
947 a	10,2	8,7	1,5	85	15	260	-
b	4,4	2,9	1,5	66	34	194	-
c	3,7	1,7	2,0	46	54	203	-
d	3,5	1,5	2,0	43	57	244	11,1
e	3,4	0,9	2,5	26	74	-	10,8
f	3,4	0,5	2,9	15	85	-	11,1
948 a	24,9	16,9	8,0	68	32	404	-
b	14,4	4,7	9,7	33	67	375	-
c	14,1	3,0	11,1	21	79	325	17,3
d	11,9	2,0	9,9	18	82	376	13,0
e	13,1	2,3	11,0	17	83	320	16,7

TABELA 25. - Continuação

Amostra	C.T.C. em 100 g de			Contribuição		C.T.C. especi-	
	T.F.S.E.			à C.T.C. total		fica, em 100 g	
	Total	Orgânica	Mineral	M.O.	F.M.	M.O.	Argila
	e.mg	e.mg	e.mg	%	%	e.mg	e.mg
949 a	10,0	8,4	1,6	84	16	410	-
b	4,7	2,5	2,2	53	47	360	-
c	4,1	1,7	2,4	41	59	-	10,4
d	3,6	1,2	2,4	33	67	-	10,0
953 a	3,9	2,9	1,0	74	26	240	-
b	3,9	2,6	1,3	67	33	320	-
c	3,9	2,7	1,2	69	31	309	-
d	3,2	1,9	1,3	59	41	327	4,2
e	2,7	1,6	1,1	59	41	-	3,6
T 2838	3,2	2,2	1,0	69	31	282	-
2839	3,2	1,9	1,3	59	41	230	-
2840	4,2	1,7	3,0	40	60	204	20,0
2841	4,4	0,9	3,5		80	-	19,4
2842	3,5	0,2	3,3	6	94	-	19,4
T 2875	29,8	8,2	21,6	28	72	196	-
2876	27,3	4,9	22,4	18	82	190	-
2877	33,4	2,4	31,0	7	93	240	-
2878	36,8	2,7	34,1	7	93	265	-
2879	34,6	2,1	32,5	6	94	135	-

Dados calculados:

C.T.C. específica da matéria orgânica:

$(8,9 - 7,4) + (0,76 - 0,15) = 2,46$  e.mg por 100 g de matéria orgânica.

C.T.C. da matéria orgânica residual:

$2,46 \times 0,15 = 0,4$ .

C.T.C. da fração mineral:  $7,4 - 0,4 = 7,0$  e.mg/100 g de T.F.S.E.

C.T.C. da matéria orgânica:  $8,9 - 7,0 = 1,9$  e.mg/100 g de T.F.S.E.

C.T.C. específica da argila:  $7,0 + 0,71 = 9,9$  e.mg / 100 g de argila.

Contribuição da matéria orgânica à C.T.C. total:

$(1,9 + 8,9) \times 100 = 21\%$ .

Contribuição da fração mineral à C.T.C. total:

$100 - 21 = 79\%$ .

Com relação à tabela 25, a C.T.C. específica da matéria orgânica só foi calculada nos casos em que o teor desta era superior a 0,50%. A C.T.C. específica da argila só foi calculada para o horizonte B.

#### 4.2 - A capacidade de troca de cátions da matéria orgânica

Os valores obtidos para a C.T.C. da matéria orgânica, apresentados na penúltima coluna da tabela 25, são bastante elevados, considerando-se os dados obtidos por outros autores, já mencionados no capítulo de revisão da literatura.

Os resultados, nas amostras superficiais, variaram de 190 a 410 e.mg por 100 g de matéria orgânica, com um valor médio de 279. Nos demais subhorizontes, a variação foi de 173 a 488 (sem incluir o A<sub>12</sub> e o B<sub>3</sub>), enquanto que as médias foram de 273 para o A<sub>2</sub>, 310 para o A<sub>3</sub>, 279 para o B<sub>1</sub> e 280 para o B<sub>2</sub>.

A capacidade de troca de cátions da matéria orgânica, de forma geral, variou ao longo dos perfis de solo, em alguns casos aumentando em profundidade, e em outros diminuindo. A variação parece bastante ligada ao pH, havendo um aumento nos solos em que o pH é constante ou aumenta em profundidade, e uma diminuição da C.T.C. orgânica naqueles casos em que o pH decresce em profundidade.

Analisando-se as amostras de diferentes perfis em conjunto, obteve-se uma boa correlação entre a C.T.C. da matéria orgânica e o pH dos solos, o que pode ser visto nas figuras 2 e 3. A figura 2 refere-se às amostras superficiais e a figura 3 às amostras subsuperficiais.

Verifica-se, de imediato, que a matéria orgânica tem uma capacidade de troca mais elevada nos solos com pH mais alto. Utilizando-se as equações de regressão, calculadas para os dados de C.T.C. orgânica e o pH dos solos, verifica-se que a fração orgânica teria a pH 7 uma C.T.C. mais de duas vezes maior do que teria a pH 4, por exemplo.

A maior atividade da matéria orgânica dos solos com pH próximo da neutralidade, provavelmente seja devida a melhores condições de evolução da matéria orgânica em tais condições. Sabe-se que a atividade microbiana dos solos é máxima entre pH 6 e 7 (7) e que esta condição é favorável a que a evolução da matéria orgânica atinja o seu máximo.

McGeorge (26), indica que aumentos na C.T.C. orgânica acompanham os sucessivos estágios de decomposição da matéria orgânica no solo.

Broadbent (6), associou os aumentos na capacidade de reter bases de restos vegetais com a evolução da decomposição dos mesmos.

Os resultados acima, abrem um problema interessante para os estudos da fertilidade do solo. Trata-se de saber se, com a prática da calagem em solos ácidos, seria possível aumentar a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica.

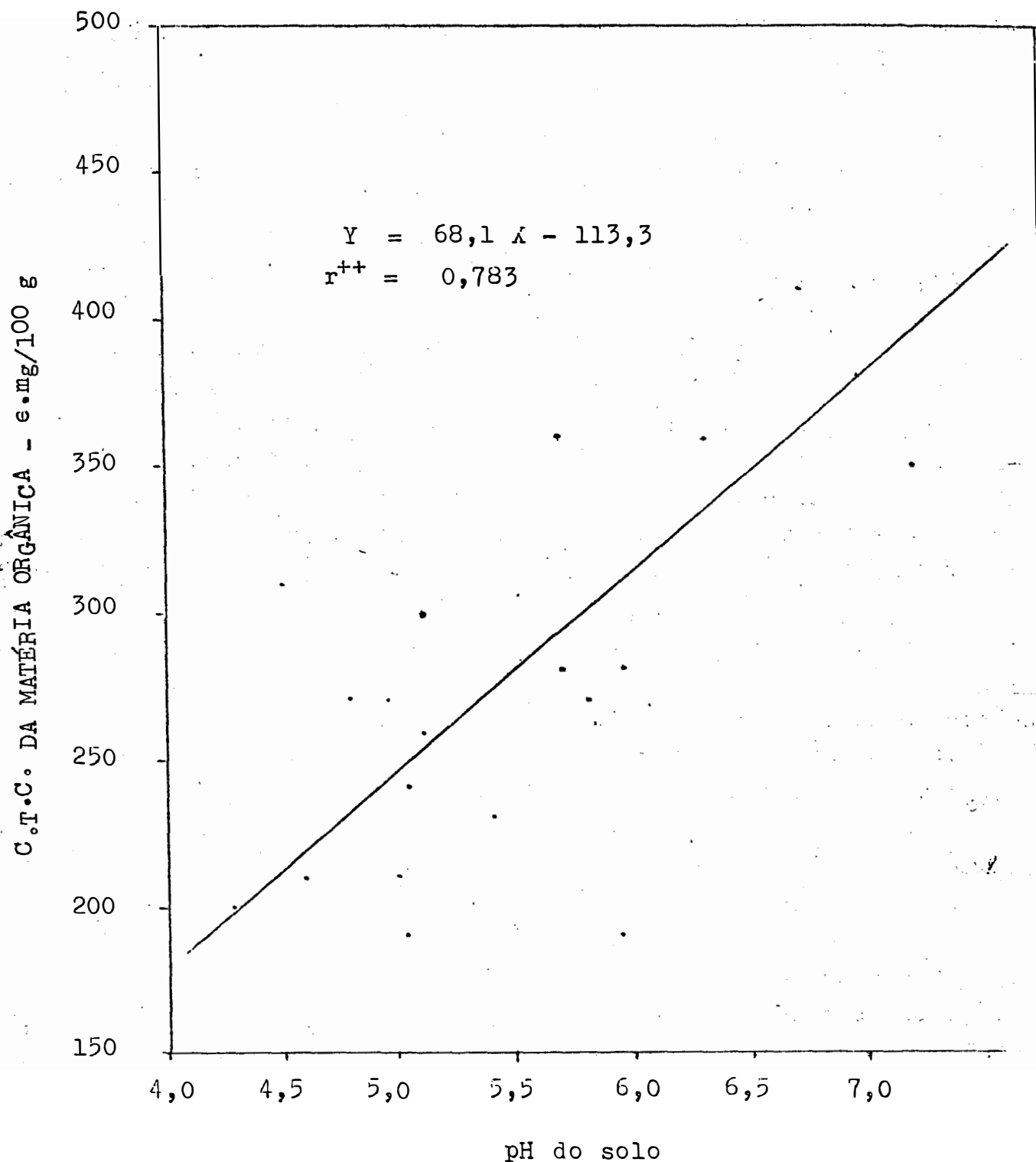


FIGURA 2. - Relação entre a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica e o pH de amostras de solo superficiais

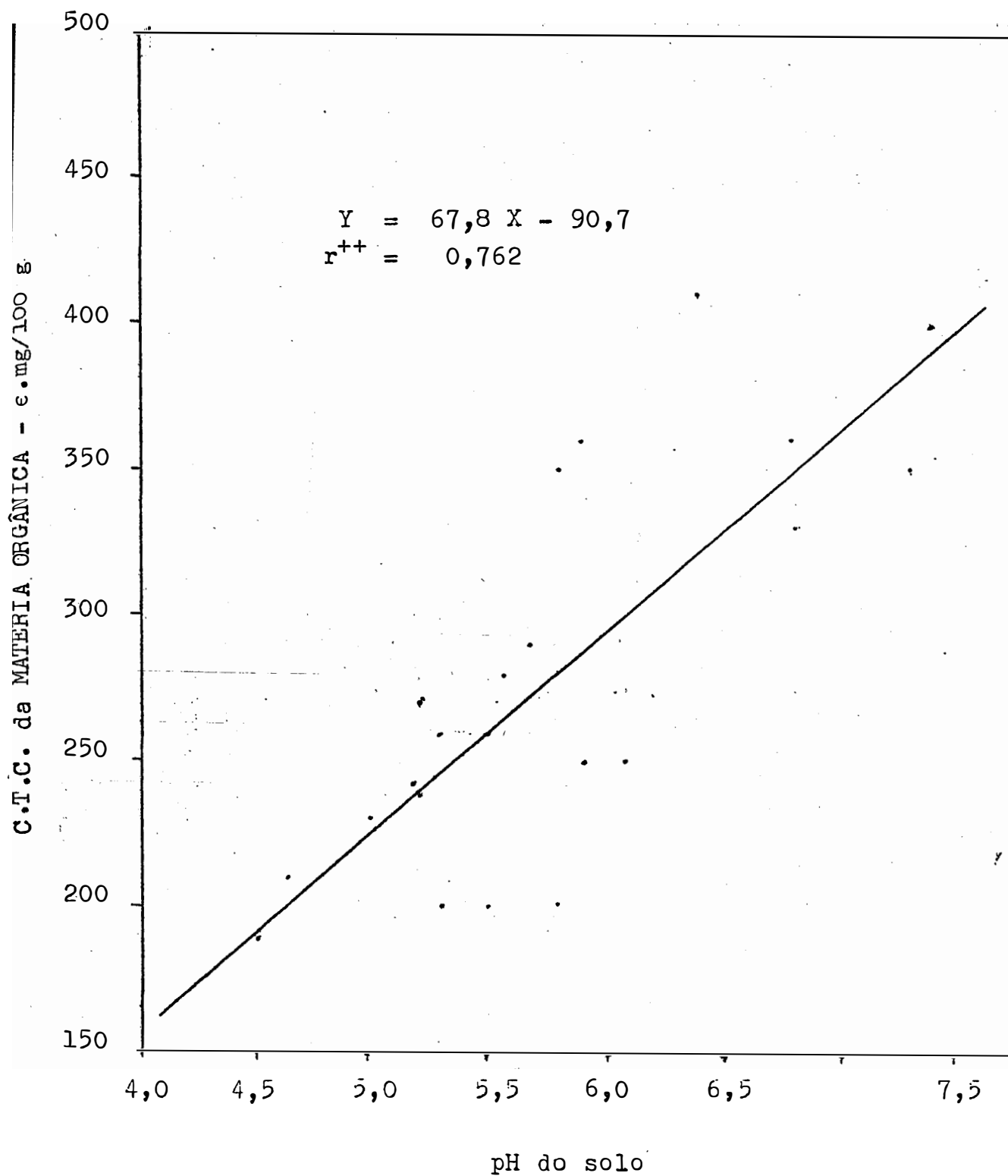


FIGURA 3. - Relação entre a capacidade de troca de cations da matéria orgânica e o pH de amostras de solo subsuperficiais

#### 4.3 - A capacidade de troca de cátions da fração mineral

Este capítulo foi dividido em quatro itens, nos quais se trata, respectivamente, da C.T.C. da argila, da C.T.C. do limo, da relação entre a C.T.C. e a superfície específica dos solos e do efeito dos óxidos de ferro livre na C.T.C.

##### 4.3.1 - A capacidade de troca de cátions da fração argila

De forma geral, a C.T.C. da fração mineral (tabela 25) acompanha, ao longo dos perfis, o teor de argila. Assim, a variação foi pequena nos Latosolos e na Terra Roxa Estruturada e mais pronunciada nos Podzólicos e Podzolizados, havendo nestes um considerável aumento em profundidade. Apenas nos perfis 685 e 928, verificou-se uma diminuição da C.T.C. inorgânica em profundidade.

Para poder-se comparar os dados da C.T.C. inorgânica dos diversos perfis, exprimiu-se os resultados por 100 g de argila, o que tem a vantagem de permitir a comparação dos valores obtidos para solos de texturas diferentes, além de tornar possível avaliar a atividade da argila em si, no que diz respeito à troca de cátions. É evidente, que os resultados expressos dessa forma só serão válidos se tãda, ou pelo menos a maior parte, da C.T.C. inorgânica, fôr devida à fração argila.

Os resultados obtidos, para a C.T.C. da argila, são apresentados na última coluna da tabela 25.

Considerando-se os dados de C.T.C. da argila, apresentados pela Comissão de Solos (10), para as unidades de solo com que se trabalhou, os resultados obtidos neste trabalho diferem, principalmente no perfil de Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba e nos perfis 928 de Latosol Roxo e Terra Roxa Estruturada, onde os resultados obtidos foram bem mais elevados. Deve-se isto ao fato de não terem sido escolhidos perfis típicos, dentre os descritos por aquela Comis-

são. O critério adotado, na escolha dos solos, foi o de procurar mais uma variação ampla em propriedades que poderiam afetar, de alguma forma, a C.T.C.

O cálculo da C.T.C. da argila do perfil T 2875-2879 não foi feito, tendo-se em vista que o limo dêste solo apresentou considerável C.T.C. (vide item 4.3.2). Trata-se de um perfil de Podzólico Vermelho Amarelo-variação Piracicaba, muito raso, tendendo a um Litosol, influenciado de forma marcante pelo material de origem. A alta C.T.C. da fração inorgânica pode ser explicada pela presença de montmorilonita neste solo.

Para o subhorizonte B<sub>2</sub> dos demais solos, a difração de raios-X, cujos resultados são apresentados na tabela 23, revelou a predominância de caulinita, aparecendo também gibsit, mica e vermiculita.

Não foi possível relacionar a C.T.C. da argila com a composição mineralógica da mesma.

A presença de vermiculita, mineral de argila com alta capacidade de troca de cátions, não pode ser associada à C.T.C. mais elevada da fração argila de alguns dos solos com que se trabalhou. A existência do referido mineral só foi verificada em 2 desses casos, além de aparecer também nos solos com C.T.C. menos elevada para a argila.

Por outro lado, os valores de C.T.C. da argila das amostras 849 f, 902 e, 928 d, 947 f, 948 e e T 2842, parecem um tanto elevados para a caulinita.

Moniz (30), estudando a composição mineralógica de perfis de Terra Roxa Estruturada e Latosol Roxo, determinou consideráveis quantidades de alofanos, materiais amorfos hidratados com relação sílica: alumina variável. O autor atribui, no mesmo trabalho, elevada C.T.C. a êsses materiais em um perfil de Terra Roxa Estruturada (60 a 150) e baixa nos demais solos (0 a 30).

Destaque deve ser dado, ainda, aos elevados teores de magnésio e potássio trocáveis, em relação ao cálcio, existentes no horizonte B do perfil 849, desenvolvido no arenito de Bauru.



Barshad (2), além de Coleman e Craig (9), explicam baixas relações entre cálcio e magnésio trocáveis, como uma decorrência da liberação de magnésio de minerais do tipo 2:1, nos processos de acidificação do solo.

A presença de montmorilonita em solos derivados do arenito de Bauru, já foi constatada por Paiva Neto (33).

A presença de materiais amorfos aos raios-X, ou de argilas do tipo 2:1, em quantidades reduzidas, não detectadas pelos raios-X, nos solos de C.T.C. da argila mais elevada, não parece assunto fora de questão.

Considerando os 22 perfis de solo com que se trabalhou, parece existir uma certa relação entre a C.T.C. da argila do subhorizonte B<sub>2</sub> e o material de origem do solo.

Valores mais baixos verificaram-se nos 5 perfis de Podzólico Vermelho Amarelo-Orto e nos 2 perfis de solos Podzolizados com cascalhos, derivados de rochas ácidas, bem como nos perfis de Latosol Vermelho-Amarelo-fase terraço e Latosol Vermelho Amarelo-fase rasa, derivados de sedimentos de rochas ácidas. Nestes solos, os resultados variaram de 2,7 a 7,8 e.mg por 100 g de argila.

Nos solos derivados de rochas básicas, a C.T.C. da argila variou de 9,1 a 13,0 no B<sub>2</sub> dos 2 perfis de Terra Roxa Estruturada e de 4,9 a 15,4 nos 4 perfis de Latosol Roxo, verificando-se uma tendência dos valores mais elevados ocorrerem em solos com maior saturação de bases.

Os solos formados no arenito de Bauru com cimento calcário, apresentaram a C.T.C. da argila do subhorizonte B<sub>2</sub> bastante elevada, variando de 10,0 no Podzolizado de Lins e Marília-varição Lins a 15,2 e 16,2 nos 2 perfis da variação Marília.

Nos perfis de Latosol Vermelho Escuro-fase arenosa e Latosol Vermelho Amarelo-fase arenosa, derivados do arenito de Bauru sem cimento calcário, os valores de C.T.C. são de 11,1 para o primeiro e 4,2 para o segundo.

O perfil de Podzólico Vermelho Amarelo-varição Laras, derivado de um arenito não identificado, apresentou 19,4 e.mg

por 100 g de argila, no horizonte B<sub>2</sub>, valor que pode ser considerado bastante elevado.

Finalmente, no perfil de Podzólico Vermelho Amarelo-  
-variação Piracicaba, a alta C.T.C. da fração mineral pode ser considerada uma característica diretamente herdada do material de origem, um argilito de Corumbataí contendo montmorilonita.

#### 4.3.2 - A capacidade de troca de cátions da fração limo

Embora seja admitido que os maiores responsáveis pela troca de cátions nos solos sejam os colóides orgânicos e minerais, sendo estes últimos representados pela fração argila, há alguns autores que têm atribuído alguma C.T.C. à fração limo.

Karim e Islam (23), determinaram um valor de cerca de 12 e.mg por 100 g, como capacidade de troca do limo, em solos com alta relação entre sílica e alumina.

Mohamed e Gohar (29), apresentaram expressões matemáticas, aplicáveis a solos do Egito, nas quais apreciável C.T.C. é atribuída ao limo.

Harman e Fraulini (17), determinaram a C.T.C. da caulinita com diferentes tamanhos de partículas, encontrando valores de 2,4, 2,6 e 3,6, respectivamente para os diâmetros entre 10-20, 5-10 e 2-5 microns, portanto frações compreendidas no limo.

Tendo em vista a possibilidade do limo apresentar C.T.C. apreciável, foram feitas determinações nessa fração granulométrica, para algumas amostras de solos que apresentaram teores mais elevados.

Para a obtenção dos resultados da tabela 26 foram utilizadas amostras de horizontes B<sub>2</sub>. O limo foi separado dos solos, após a remoção da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livre.

TABELA 26., - Capacidade de troca de cátions da fração limo

Amostra	Limo	C.T.C. do limo, por 100 g		Contribuição à C.T.C. inor- gânica
		De T.F.S.E.	De limo	
	%	e.mg	e.mg	%
685 d	8,0	0,3	4,2	5,8
740 d	5,4	0,1	1,7	0,2
842 c	3,9	0,1	2,1	2,4
843 e	5,2	0,2	3,2	6,2
927 d	6,3	0,5	7,4	6,5
928 d	10,6	1,0	9,2	7,2
943 e	14,0	0,5	3,5	10,6
949 d	1,7	-	1,4	-
T 2878	30,1	10,2	34,0	28,9

TABELA 27. - Análise mineralógica qualitativa do limo

Amostra	Minerais revelados por difração de raios-X
685 d	Quartzo, ilmenita
643 e	Caulinita, mica
927 d	Caulinita, gibsita, quartzo
928 d	Gibsita, magnetita, quartzo
943 d	Gibsita, magnetita, quartzo
T 2878	Montmorilonita, mica, quartzo

Verifica-se que os teores de limo apresentados na tabela 26, são inferiores aos apresentados anteriormente, quando foram descritas as características dos perfis de solo, empregados neste trabalho. Deve-se isto à eliminação dos óxidos de ferro livre, o que foi feito para evitar-se o possível aprisionamento mecânico de partículas de argila, fazendo com que as mesmas caíssem na fração limo.

A contribuição do limo à C.T.C. inorgânica foi calculada, tomando-se como base a C.T.C. determinada nas amostras após a eliminação da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livre (tabela 28).

O limo da amostra T 2878 apresentou considerável C.T.C., o que pode ser explicado pela presença de montmorilonita nesta fração (tabela 27).

Quanto aos demais casos, os resultados mais elevados são os das amostras 927 d e 928 d, ambas de perfis de Latosol Roxo. A análise mineralógica, por difração de raios-X, revelou minerais que não podem ser responsabilizados pela troca de cátions constatada.

Nas demais amostras estudadas, o limo apresentou sempre alguma capacidade de troca, porém a contribuição à C.T.C. não foi elevada. Também nestes casos, a análise mineralógica não elucidou a troca de cátions observada.

Pelo dados da tabela 26, verifica-se que o limo só contribui de forma apreciável à C.T.C. inorgânica no caso da amostra T 2878. Nas demais amostras, o teor da fração é pequeno, sendo a sua importância na C.T.C. bem menor.

#### 4.3.3 - Influência da superfície específica na capacidade de troca de cátions

Sabe-se que a troca de cátions é um fenômeno típico de superfície. Tendo em vista isso, procurou-se avaliar a superfície específica de algumas amostras de solo, com o objetivo

de explicar a variação da C.T.C. da fração inorgânica, já que a análise mineralógica qualitativa não se revelou satisfatória.

As determinações de superfície específica e de C.T.C. foram feitas em amostras do subhorizonte B<sub>2</sub>, após a remoção da matéria orgânica e dos óxidos de ferro livre. Os resultados de superfície específica foram apresentados na tabela 24 e os de C.T.C. o são na tabela 23,

Verificou-se que existe uma estreita correlação entre a C.T.C. e a superfície específica, para a fração mineral dos solos. O coeficiente de correlação e a equação de regressão calculados, são apresentados na figura 4.

Observa-se que a C.T.C. mais elevada da fração inorgânica dos solos é devida a uma superfície específica mais ampla dos colóides minerais e, portanto, à ocorrência de partículas menores.

Mortland (31), em estudo semelhante, obteve também uma estreita correlação entre a C.T.C. de solos contendo montmori-lonita, illita e caulinita e a superfície específica, determinada pelo método do etileno-glicol.

#### 4.3.4 - Influência dos óxidos de ferro livre na capacidade de troca de cátions

A fim de avaliar a C.T.C. devida aos óxidos de ferro livre, foram feitas determinações em amostras do subhorizonte B<sub>2</sub> dos solos estudados, com e sem remoção dos óxidos de ferro. Os resultados são apresentados na tabela 28. Os mesmos foram obtidos sempre com amostras livres de matéria orgânica.

O aumento de C.T.C. devido à remoção dos óxidos de ferro livre variou de 0 a 74%, com um valor médio de 31%. Os resultados estão de acordo com os obtidos por Dion (12), Deb (11), e Aguilera e Jackson (1), já citados.

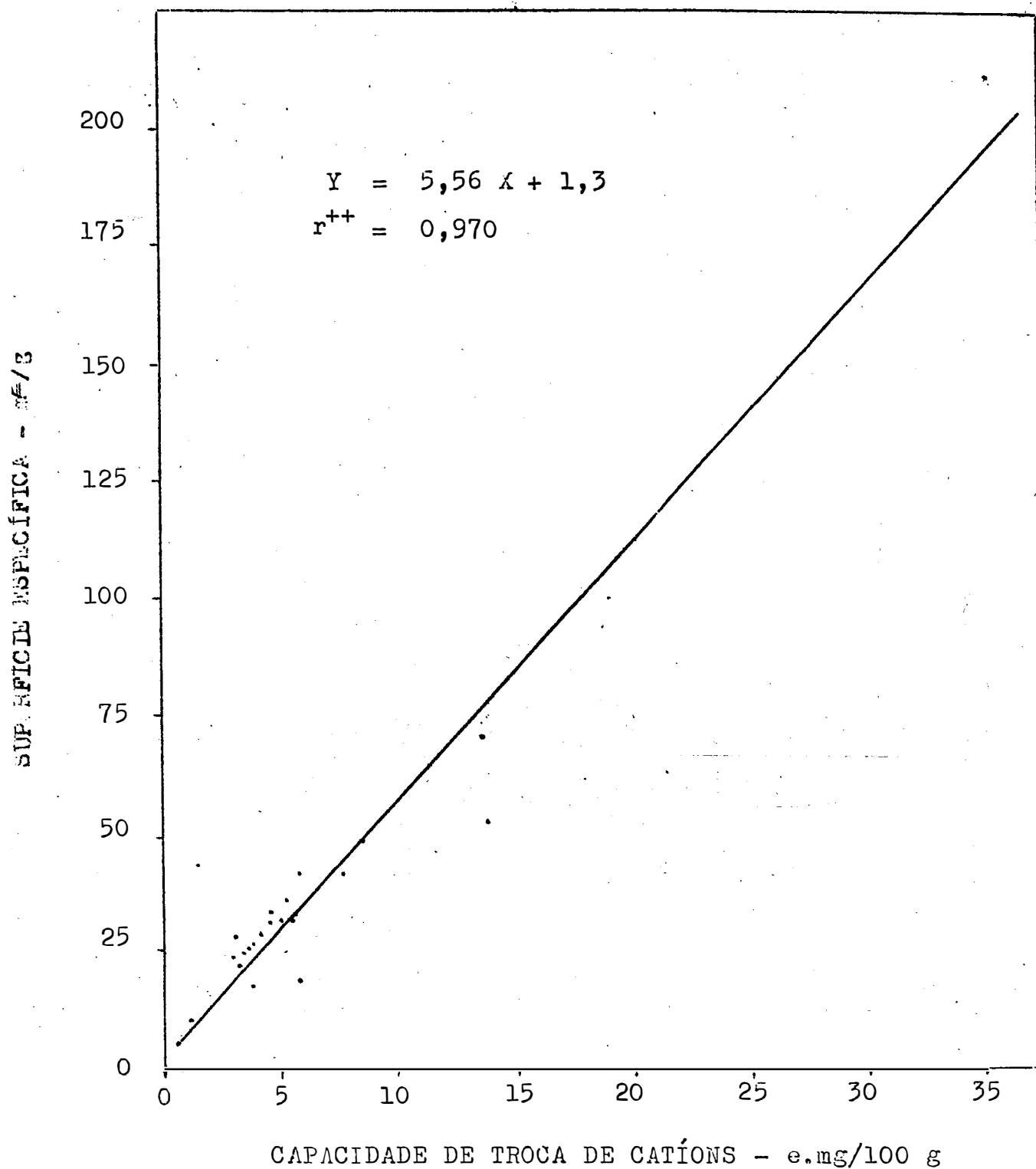


FIGURA 4. - Relação entre a capacidade de troca de cátions da fração inorgânica, de amostras de solo do horizonte B<sub>2</sub>, e a superfície específica

TABELA 28. - Efeito dos óxidos de ferro livre na capacidade de troca de cátions do solo

Amostra	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C.T.C. por 100 g		Aumento da C.T.C.	
		Com Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Sem Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	e.mg	%
	%	e.mg	e.mg	e.mg	%
685 d	16,2	7,0	8,7	1,7	24
740 d	4,9	4,1	5,5	1,4	34
782 d	3,4	2,6	3,6	1,0	39
803 d	6,0	2,1	3,5	1,4	67
842 c	7,2	3,0	4,2	1,2	40
843 e	5,2	2,6	3,2	0,6	23
844 e	4,7	3,7	4,6	0,9	24
845 e	4,7	3,6	4,0	0,4	11
849 f	2,1	5,0	5,8	0,8	16
853 c	22,3	3,5	5,9	2,4	69
864 c	9,6	2,6	3,8	1,2	46
902 e	5,6	4,8	5,2	0,4	8
927 d	13,9	5,9	7,7	1,8	31
928 d	15,1	10,1	13,9	3,8	37
929 d	2,6	3,9	5,3	1,4	36
943 e	2,0	3,0	4,7	1,7	57
947 f	1,9	3,0	3,2	0,2	7
948 e	15,2	11,3	13,7	2,4	21
949 d	4,9	1,9	3,3	1,4	74
953 d	3,9	1,8	1,8	0	0
T 2842	1,3	3,4	3,8	0,4	12
T 2878	3,4	34,6	35,2	0,6	1

Cabe mencionar a importância dos óxidos de ferro na C.T.C. da fração inorgânica, inibindo grande parte da mesma. Alguns dos resultados, já bastante altos para a C.T.C. da argila, mencionados no item 4.3.1, são na realidade mais elevados por duas razões. A primeira é o aumento que a remoção dos óxidos de ferro condiciona à C.T.C.; a segunda é devido à diminuição do teor de argila, já que os óxidos de ferro livre estão distribuídos principalmente na fração fina dos solos, com um conseqüente aumento na relação entre a C.T.C. inorgânica e o teor de argila.

#### 4.4 - Contribuição da matéria orgânica e da fração mineral à capacidade de troca de cátions do solo

A contribuição percentual da matéria orgânica e da fração mineral na capacidade de troca de cátions dos solos, foi apresentada na tabela 25.

Para as amostras superficiais, a contribuição média da matéria orgânica, à C.T.C. dos 22 perfis estudados, foi de 71%, variando de 28% a 91%, ou de 56% a 91%, se não for considerada a amostra T 2875.

Nos demais subhorizontes, a matéria orgânica contribuiu sempre consideravelmente na C.T.C. total, na maioria dos solos, como pode ser visto na tabela 25. As médias obtidas foram de 71% para o A<sub>12</sub>, 55% para o A<sub>2</sub>, 55% para o A<sub>3</sub>, 45% para o B<sub>1</sub>, 34% para o B<sub>2</sub> e 36% para o B<sub>3</sub>.

Como era de se esperar, a contribuição orgânica à C.T.C. decresce em profundidade, acompanhando a diminuição dos teores de matéria orgânica.

Nos Latosolos, verificou-se que, no subhorizonte B<sub>2</sub>, a matéria orgânica é responsável por 50% da C.T.C., contra apenas 24% nos demais solos. Para as amostras superficiais não houve diferença.



Bennema e outros (5), atribuíram a maior parte da C.T.C. de Latosolos brasileiros à matéria orgânica.

Neste trabalho, constatou-se considerável contribuição da fração mineral à C.T.C. de alguns dos Latosolos estudados. Contudo, estes solos diferem bastante do Latosol clássico, pelo clima em que se encontram e, principalmente, pela alta saturação de bases que apresentam.

A fração inorgânica, ao contrário do que acontece no caso da matéria orgânica, contribui mais para a C.T.C. das amostras retiradas a maiores profundidades no perfil de solo.

Para 21 amostras superficiais (excluindo-se a T 237), foi obtida uma correlação significativa entre a C.T.C. da fração inorgânica, expressa em percentagem da C.T.C. total, e a textura, calculando-se  $r^+ = 0,465$ .

Nos horizontes mais profundos, a atividade da argila, expressa por sua capacidade de troca de cátions específica, parece ter maior influência, verificando-se a maior contribuição da argila na C.T.C., naqueles solos em que a sua capacidade de troca é mais elevada.

## 5 - CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser tiradas, do estudo feito sobre a capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral de 22 perfis de solo do Estado de São Paulo:

1. Nas amostras superficiais, a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica variou de 135 e 488, sendo o valor médio de 279 e.mg por 100 g. Nos demais subhorizontes, os valores médios obtidos foram de 273, 310, 279 e 282 e.mg por 100 g de matéria orgânica, respectivamente para A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>.

2. Existe uma boa correlação entre o pH dos solos e a capacidade de troca de cátions da matéria orgânica, com os coeficientes de  $r^{++} = 0,783$  para amostras superficiais e  $r^{++} = 0,762$  para amostras subsuperficiais.

3. No subhorizonte B<sub>2</sub> de 21 dos solos estudados, a capacidade de troca de cátions da fração inorgânica, expressa em termos de e.mg/100 g de argila, variou de 2,7 a 19,4, não tendo sido verificada relação com a composição mineralógica, determinada por difração de raios-X. Apenas num solo a alta C.T.C. da fração mineral pôde ser associada à presença de montmorilonita.

4. A C.T.C. do limo variou de 1,4 a 34,0 e.mg por 100 g, sendo o maior valor associado à presença de montmorilonita.

5. Verificou-se a existência de uma estreita correlação ( $r^{++} = 0,970$ ) entre a C.T.C. inorgânica e a superfície específica, no subhorizonte B<sub>2</sub> dos solos estudados.

6. A remoção dos óxidos de ferro livre da fração inorgânica dos solos, causou aumento na C.T.C., variando de 0 a 74%, com uma média de 31%, para amostras do subhorizonte B<sub>2</sub>.

7. A contribuição da matéria orgânica para a capacidade de troca de cátions total dos solos estudados é elevada, sendo os valores médios de 71% para as amostras superficiais, 68% para o subhorizonte A<sub>12</sub>, 55% para o A<sub>2</sub> e o A<sub>3</sub>, 45% para o B<sub>1</sub>, 34% para o B<sub>2</sub> e 36% para o B<sub>3</sub>.

## 6 - RESUMO

A capacidade de troca de cátions foi estudada em 22 perfis de solo do Estado de São Paulo.

Determinou-se a capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral. Empregou-se o método do acetato de cálcio para a determinação da C.T.C. e o processo do peróxido de hidrogênio para destruir a matéria orgânica e avaliar a C.T.C. da mesma por diferença.

A matéria orgânica revelou valores de C.T.C., variando entre 135 e 488 e.mg por 100 g. As médias foram de 279 para amostras superficiais e de 273, 310, 279 e 282, respectivamente para os subhorizontes A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>. Verificou-se a existência de boa correlação entre a C.T.C. da matéria orgânica e o pH das amostras de solo superficiais ( $r^{++} = 0,783$ ) e subsuperficiais ( $r^{++} = 0,762$ ).

Excetuando-se um solo contendo montmorilonita, nos demais não foi possível relacionar os valores da C.T.C. inorgânica, com a composição mineralógica, determinada por difração de raios-X. Contudo, excelente correlação foi obtida entre a C.T.C. inorgânica e a superfície específica, determinada pelo método da o-fenantrolina ( $r^{++} = 0,970$ ).

O limo apresentou alta C.T.C. em um solo contendo montmorilonita. Apresentou considerável C.T.C., também, em alguns outros solos, nos quais não foi possível obter relação com a composição mineralógica.

A remoção dos óxidos de ferro livre, por redução com o ditonito de sódio, proporcionou aumentos de C.T.C., variando de 0 a 74%, com uma média de 31% para amostras do subhorizonte B<sub>2</sub>.

A contribuição da matéria orgânica à C.T.C. total dos solos estudados foi, em média, de 71% para as amostras superficiais, e de 68%, 55%, 55%, 45%, 34% e 36%, respectivamente para os subhorizontes A<sub>12</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub>.

LITERATURA CITADA

1. AGUILERA, N. H. & JACKSON, M.L. Oxide removal from soil and clays. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17:359-364. 1953.
2. BARSHAD, I. The effect of the total chemical composition and crystal structure of soil minerals on the nature of exchangeable cations in acidified clays and in naturally occurring acid soils. Trans. 7<sup>th</sup> Intern. Congr. Soil Sci. Vol. II: 435-444. 1960
3. \_\_\_\_\_ & ROJAS-CRUZ, L. A. A pedologic study of a podzol soil profile from the Equatorial region of Colombia, South America. Soil Sci. 70:221-236. 1950.
4. BARTLETT, J. B., RUBLE, R. W. & THOMAS, R. P. The influence of hydrogen peroxide treatments on the exchange capacity of Maryland soils. Soil Sci. 44:123-138. 1937.
5. BENNEMA, J., LEMOS, R.C. & VETTORI, L. Latosols in Brazil. Trois. Conf. Interfricaine des Sols, Dalaba. Vol I:273-281. 1959.
6. BROADBENT, F. E. The soil organic fraction. In A. G. Norman, ed. Advances in Agronomy 5. New York, Academic Press. Inc., Publishers. p.153-183. 1953.
7. BUCKMAN, H. O. & BRADY, N. C. The nature and properties of soils, Sixth Edition. New York, The MacMillan Company. 1960. 567 p.
8. CATANI, R. A., GALLO, J. R. & GARGANTINI, H. Amostragem de solo, métodos de análise, interpretação e indicações gerais para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agronômico, 1955. 29p. (Boletim N.º 69)
9. COLEMAN, N. T. & CRAIG, D. The spontaneous alteration of hydrogen clay. Soil Sci. 91:14-18. 1961.

10. COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura. 1960. 630 p. (Boletim N.º 12)
11. DEB, B. C. The estimation of free iron oxides in soils and clays and their removal. J. Soil Sci. 1:212-220. 1950. (Resumo de Soils and Fert. 14:985).
12. DION, H. G. Iron oxide removal from clays and its influence on base-exchange properties and x-ray diffraction patterns of clays. Soil Sci. 58:412-423. 1944.
13. ENDREDY, A. S. & QUAGRAINE, K. A. A comprehensive study of cation exchange in tropical soils. Trans. 7<sup>th</sup> Intern. Congr. Soil Sci. Vol II:312-320. 1960.
14. FIELDS, M., SWINDALE, L. D. & RICHARDSON, J. P. Relation of colloidal hydrous oxides to the high cation-exchange capacity of some tropical soils of the Cook Islands. Soil Sci. 74:197-205. 1952.
15. GRIM, R. E. Propriedades das argilas. Cerâmica 35:18-43. 1963.
16. HALLSWORTH, E. G. & WILKINSON, G. K. The contribution of clay and organic matter to the cation exchange capacity of the soil. J. Agric.Sci. 51:1-3. 1958.
17. HARMAN, C. G. & FRAULINI, F. Properties of kaolinite as a function of its particle size. Jour. Amer. Cer. Soc. 23:252-259. 1940.
18. HELFFERICH, F. Ion exchange. McGraw-Hill Book Company, Inc. 1962. 624 p.
19. HELLING, C. S., CHESTERS, G. & COREY, R. B. Contribution of organic matter and clay to soil cation-exchange capacity as affected by the pH of the saturating solution. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28:517-520. 1964.
20. JACKSON, M. L. Soil Chemical Analysis - Advanced Course. Publ. by the author. Department of Soils, Univ. of Wisconsin, Madison. 1956. 991 p.

21. \_\_\_\_\_ . Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, Inc. 1960. 498 p.
22. KAMPRATH, E. J. & WELCH, C. D. Retention and cation-exchange properties of organic matter in Coastal Plain soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26:263-265. 1962.
23. KARIM, A. & ISLAM, A. A study of ion-exchange properties of silt. Soil Sci. 82:433-436. 1956.
24. LAWRIE, D.C. A rapid method for the determination of approximate surface areas of clays. Soil Sci. 92:188-191. 1961.
25. MATTSON, S. & PUGH, A. J. The laws of soil colloidal behavior: XIV. The electrokinetics of hydrous oxides and their ionic exchange. Soil Sci. 38:299-313. 1934.
26. McGEORGE, W. T. The base-exchange properties of soil organic matter. Jour. Amer. Soc. Agron. 23:331-336. 1931.
27. MEDINA, H. P. & GROHMANN, F. Contribuição ao estudo da análise granulométrica do solo. Anais do VI Congr. Bras. de Ciência do Solo. p.29-38. 1962.
28. MITCHELL, J. The origin, nature, and importance of soil organic constituents having base exchange properties. J. Amer. Soc. Agron. 24:256-275. 1932.
29. MOHAMED, M. K. & GOHAR, A. A. I. Contribution of clay silt and organic matter to the potencial fertility of Egyptian soil as measured by their cation-exchange capacities. Unit. Arab. Republ. Minist. Agri. Publ. 1960. 42p. (resumo de Soils and Fert. 24:7)
30. MONIZ, A. C. Quantitative mineralogical analysis of brasilian soils developed from basic rocks and slate. "Master of Science" thesis. Univ. of Wisconsin, Madison. 1967. 75p.
31. MORTLAND, M. M. Specific surface and its relationships to some physical and chemical properties of soil. Soil Sci. 78:343-347. 1954.

32. OLSON, L. C. & BRAY, R. H. The determination of the organic base-exchange capacity of soils. *Soil Sci.* 45: 483-496. 1938.
33. PAIVA NETO, J. E. A "fração argila" dos solos do Estado de São Paulo e seu estudo roentgenográfico. *Bragantia* 2:355-432. 1942.
34. PICHLER, E. Argilas. *Cerâmica* 12:146-174. 1957.
35. PRATT, P. F. Effect of fertilizers and organic materials on the cation-exchange capacity of an irrigated soil. *Soil Sci.* 83:85-89. 1957.
36. PUGH, A. J. Laws of soil colloidal behavior: XV. Ionic exchange with hydroxides. *Soil Sci.* 38:161-173. 1934.
37. RAIJ, B. Determinação de cálcio e magnésio pelo EDTA em extratos ácidos de solos. *Bragantia* 25. 1966. (No prelo)
38. RICH, C. I. Removal of excess salt in cation-exchange-capacity determinations. *Soil Sci.* 93: 87-94. 1963.
39. VERDADE, F. C. Influência da matéria orgânica na capacidade de troca de cátions do solo. *Bragantia* 15:35-42. 1956.
40. VETTORI, L. Métodos de análise de solos. Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. 1966. 19p. (mimeografado)
41. WAKSMAN, S. A. *Humus*. Baillièrre, Tindall and Cox, London. 1933. 526p.