

## COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIOS EM SOLOS BRASILEIROS<sup>1</sup>

Hedinaldo Narciso Lima<sup>2</sup>

Oldair Vinhas Costa<sup>3</sup>

Jaime Wilson Vargas de Mello<sup>4</sup>

João Carlos Ker<sup>4</sup>

Marcelo Metri Corrêa<sup>3</sup>

### RESUMO

Este trabalho teve por objetivo comparar o método de determinação da CTC utilizado pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (soma de cátions) com o adotado pela Soil Taxonomy e FAO (acetato de amônio a pH 7,0) para diferentes classes de solos do Brasil. Para isso, foi determinada a capacidade de troca de cátions, pelos dois métodos, de 40 amostras de horizontes superficiais e subsuperficiais (A, B ou C) comuns no Brasil, incluindo desde Latossolos até solos menos intemperizados, como Vertissolo e Rendzina. Os valores da capacidade de troca de cátions por acetato de amônio para os Latossolos, Plintossolo e Terra Roxa Estruturada foram, significativamente, superiores àqueles obtidos pela soma de cátions. Vertissolo e Rendzina tiveram comportamento contrário. Nas demais classes de solos, de maneira geral, não se observaram diferenças significativas nos valores de CTC. Os valores de CTC por acetato de amônio dos solos analisados, excluindo os solos originários de material rico em carbonato de cálcio, podem ser estimados por meio da seguinte equação:  $CTC_{aa} = 0,925 CTC_{sc} + 0,078 \text{ arg}$ .

Palavras-chaves: química do solo, CTC.

---

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 4.03.2002.

<sup>2</sup> Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Ciências Agrárias. 69077-000 Manaus, AM. E-mail: hedinaldo@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Estudante de Pós-Graduação. Departamento de Solos/UFV.

<sup>4</sup> Departamento de Solos. Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa, MG.

## ABSTRACT

### A COMPARISON OF METHODS USED FOR DETERMINATION OF CATION EXCHANGE CAPACITY IN BRAZILIAN SOILS

This work was carried out to compare methods used for determining cation exchange capacity by the Brazilian Soil Classification System (cation summation) with the method adopted by the Soil Taxonomy and FAO (ammonium acetate buffered at pH 7.0). Forty surface and subsurface samples (A, B or C horizons) from Brazilian soil, including Oxisols (Latosolos) and less developed soils such as Vertisols (Vertissolo) and Mollisols (Rendzina) were used. The results showed that the values of CEC obtained by cation summation were lower than those obtained by the ammonium acetate method for the Oxisols, Plinthic Haplustox (Plitossolo) and Haplustalf (Terra Roxa Estruturada). The opposite was verified for the Vertisols and Mollisols. To the other soil classes, in general, there were no significant differences in the CEC estimates. The ammonium acetate-CEC of the soils could be estimated by the regression  $CEC_{aa} = 0,925 CEC_{cs} + 0,078 \text{ clay}$ , except for those originated from material rich in calcium carbonate.

Key words: soil chemistry, CEC.

## INTRODUÇÃO

A capacidade que têm os solos de reter e trocar íons é conhecida desde 1850, quando Thompson demonstrou que a passagem de sulfato de amônio por uma coluna de solo resultava em uma solução lixiviada de sulfato de cálcio (11). Esta propriedade está associada à presença de cargas elétricas na superfície dos colóides orgânicos e minerais do solo. A densidade de cargas superficiais dos colóides do solo consiste em uma mistura de cargas permanentes e cargas dependentes de pH. Assume-se que as cargas permanentes não variam em magnitude e podem ser negativas, neutras ou positivas. As cargas pH dependentes variam em função do pH e da concentração de eletrólitos na solução do solo, em razão de processos de protonação e desprotonação nas bordas dos minerais (15).

Os componentes trocadores de cátions do solo são divididos em três grupos: matriz orgânica, matriz inorgânica e complexo inorgânico-orgânico. A magnitude e a qualidade da troca abrangem ampla faixa de valores. A natureza da seletividade do cátion varia entre os grupos e os componentes de cada grupo. Os minerais de argila são os mais importantes constituintes inorgânicos que contribuem para a troca de cátions no solo.

A contribuição da matéria orgânica para a CTC dos solos, nos quais predominam cargas dependentes de pH, é maior do que a das argilas (2, 12); entretanto, em solos com predomínio de argilominerais 2:1 essa contribuição torna-se pouco expressiva (3, 9). Os grupos carboxílicos e fenólicos constituem os principais componentes responsáveis pela capacidade de troca de cátions da matéria orgânica do solo (14).

A determinação da capacidade de troca de cátions (CTC) inclui a medida da quantidade total de cargas negativas por unidade de peso ou volume do solo. O valor de CTC varia de acordo com a natureza do cátion empregado, concentração do sal e o pH de equilíbrio; não se trata, portanto, de uma medida de grande exatidão (8).

Os métodos usuais podem ser separados em dois grupos: (a) os que empregam um cátion referência para saturar o solo; e (b) aqueles que usam a soma dos cátions trocáveis ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) mais os teores de H + Al extraíveis em determinado valor de pH. O primeiro grupo é o método usado pelo Sistema Norte-Americano de Classificação dos Solos (Soil Taxonomy) (13) e pela FAO-UNESCO e o segundo pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (5).

A CTC é um dos atributos diagnósticos usados pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (5) para separar solos com argila de atividade alta daqueles com argila de atividade baixa e para distinguir classes de solos. Devido a esse fato, os resultados podem variar de acordo com o método empregado na determinação da CTC, sendo, portanto, fundamental estabelecer correlações entre os diferentes métodos, de maneira que a interconversão de classes de solo de um sistema para outro, muitas vezes necessária em ciência do solo, possa ser realizada inequivocamente.

Este trabalho teve por objetivo comparar o método de determinação da CTC utilizado pelo Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, com o adotado pela Soil Taxonomy e FAO para diferentes classes de solos do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

Quarenta amostras de solos representativas dos horizontes A, B ou C de 20 perfis de diversos solos comuns no Brasil foram selecionadas e analisadas (Quadro 1). Dentre os solos avaliados estão os mais evoluídos, como Latossolos e Podzólicos, e os mais jovens, como Vertissolo, Rendzina e Brunizéns.

A capacidade de troca de cátions (CTC) das amostras foi determinada por dois métodos distintos. No primeiro, a CTC foi obtida pela soma de cátions (CTC<sub>sc</sub>), assim determinados:  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$  extraídos com solução  $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ , quantificados por fotometria de chama;  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  extraídos por solução  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$  e determinados por espectrofotometria de absorção atômica;  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  extraídos por acetato de cálcio  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  pH 7,0 e determinados por titulometria com  $\text{NaOH}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  (4).

No segundo, a CTC foi determinada por acetato de amônio  $1 \text{ mol L}^{-1}$  pH 7,0 (CTC<sub>aa</sub>) com centrifugação (6). Utilizou-se  $\text{KCl}$   $1 \text{ mol L}^{-1}$  em substituição ao  $\text{NaCl}$  ácido para deslocar o amônio. Após a saturação das amostras com acetato de amônio, elas foram lavadas com álcool etílico 95% até completa remoção do excesso do sal. O número de lavagens variou de três a sete. O teste para avaliar a remoção do excesso de amônio

foi feito com o reagente de Nessler. O amônio foi deslocado por solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Uma alíquota da solução contendo o amônio foi destilada em aparelho semimicro Kjeldahl na presença de NaOH 1 mol L<sup>-1</sup>. O destilado foi recolhido em frasco de erlenmeyer, contendo ácido bórico 2% e indicador misto (verde de bromocresol e vermelho de metila), e titulado com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,0357 mol L<sup>-1</sup>. Determinaram-se, ainda, a composição granulométrica (4) e o teor de carbono orgânico total (8) das amostras.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam que a CTC obtida pelo método da soma de cátions (CTCsc) é inferior àquela encontrada pelo método do acetato de amônio (CTCaa) para os Latossolos, Plintossolo e Terra Roxa Estruturada (Quadro 1). Observou-se que o valor médio do pH de equilíbrio da suspensão das amostras dos Latossolos com as soluções de acetato de cálcio e de acetato de amônio foi de 6,60 e 6,82, respectivamente, o que reflete diferentes capacidades tamponantes destas soluções em solos ácidos. A maior redução do pH da solução de equilíbrio das amostras dos Latossolos resulta, possivelmente, em menor valor de CTCsc destes solos, em comparação à CTCaa, em razão dos Latossolos apresentarem, principalmente, cargas dependentes de pH. Resultados semelhantes para solos tropicais foram obtidos por outros autores (1, 7, 10).

Comportamento contrário foi observado nas amostras dos solos Rendzina e Vertissolo (Quadro 1), que são formados a partir de materiais ricos em carbonato de cálcio. O uso do acetato de amônio não é recomendado para determinação da CTC de solos que apresentam materiais calcários em sua constituição, a exemplo da Rendzina e do Vertissolo avaliados, em razão da dissolução de silicatos parcialmente intemperizados (11). Os valores de Ca<sup>2+</sup> obtidos por acetato de amônio são bem mais elevados do que os encontrados por KCl 1 mol L<sup>-1</sup>, o que torna esse método inadequado à determinação da CTC de solos de regiões áridas ou com a presença de carbonato de cálcio.

Não se observaram diferenças significativas para as demais amostras, exceto para o Bt do Podzólico Vermelho-Amarelo (PV) e do Brunizém Avermelhado (BV) de Guiricema (Quadro 1).

Os Latossolos, especialmente aqueles mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica, apresentam elevado poder-tampão, o que implica em redução do pH da solução de equilíbrio, como observado neste estudo. Como consequência, a estimativa de H + Al torna-se menor, resultando em uma subestimação da CTCsc. Este comportamento, contudo, não foi observado nos solos considerados menos evoluídos, os quais, além de possuírem características mineralógicas diferentes dos Latossolos, também possuem menores valores de H + Al.

**QUADRO 1 – Valores de CTC e de H + Al determinados pelos métodos do acetato de amônio e da soma de cátions**

Solo	Hor.	C org. ----- % -----	Argila	Soma de cátions ----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----			
				Acetato NH <sup>4+</sup>		Soma de cátions	
				H + Al	CTC	H + Al	CTC
LE <sup>1</sup>	A	4,96	64	18,34	19,13	12,29	13,60
	B <sub>w</sub>	2,14	71	13,00	13,23	5,92	6,53
LU <sup>2</sup>	A	3,69	76	13,00	13,43	5,99	6,96
	B <sub>w</sub>	1,71	77	7,92	8,45	2,20	2,85
LP <sup>3</sup>	A	3,35	72	10,69	11,06	6,53	7,25
	B <sub>w</sub>	1,78	83	7,07	7,07	2,54	3,03
LB <sup>4</sup>	A	2,33	70	15,05	15,85	6,25	7,22
	B <sub>w</sub>	1,04	72	13,59	14,00	3,47	4,16
LV <sup>5</sup>	A	4,65	71	19,15	19,89	13,11	14,42
	B <sub>w</sub>	0,95	77	5,00	5,13	0,98	1,79
LU <sup>6</sup>	A	5,23	56	20,02	20,12	14,90	15,75
	B <sub>w</sub>	1,23	63	5,25	5,36	1,75	2,52
LR <sup>7</sup>	A	1,79	37	5,46	7,83	3,49	5,80
	B <sub>w</sub>	0,71	46	6,55	6,74	2,44	2,87
LR <sup>8</sup>	A	1,46	45	5,91	8,69	2,95	5,89
	B <sub>w</sub>	1,14	29	6,86	7,02	1,86	2,54
LE <sup>9</sup>	A	3,18	78	14,08	14,73	8,52	9,25
	B <sub>w</sub>	1,74	77	10,12	10,20	4,99	5,30
LE <sup>10</sup>	A	3,52	31	-5,71	13,19	0,00	9,92
	B <sub>w</sub>	1,22	54	3,29	5,22	0,00	1,65
LF <sup>11</sup>	A	1,24	28	7,17	7,31	3,22	3,64
	B <sub>w</sub>	0,83	30	6,43	6,45	1,82	2,08
Plintossolo <sup>12</sup>	A	2,60	59	6,98	7,73	4,92	5,93
	B <sub>t</sub>	1,35	62	4,50	4,65	2,21	2,73
PA <sup>13</sup>	A	1,45	11	2,22	3,18	2,63	3,69
	B <sub>t</sub>	1,05	24	3,29	3,61	2,34	2,87
PV <sup>14</sup>	A	2,40	43	3,96	9,73	3,54	9,32
	B <sub>t</sub>	1,41	63	4,47	7,78	1,07	4,00
TR <sup>15</sup>	A	3,32	40	7,29	20,12	3,85	17,93
	B <sub>t</sub>	0,81	71	7,61	17,28	0,45	11,12
Brunizém <sup>16</sup>	A	1,56	21	4,42	12,29	2,10	11,83
	B <sub>iv</sub>	0,75	37	1,97	16,23	0,41	16,08
BV <sup>17</sup>	A	2,47	19	2,19	13,10	1,20	13,97
	B <sub>t</sub>	0,77	59	-1,95	23,40	0,00	22,48
BV <sup>18</sup>	A	2,17	24	4,64	13,81	2,44	13,01
	B <sub>t</sub>	0,97	47	5,37	15,85	1,10	12,98
Vertissolo <sup>19</sup>	A	0,78	53	-7,86	44,48	0,00	49,54
	C <sub>v2</sub>	0,56	53	1,10	45,19	0,00	47,49
Rendzina <sup>20</sup>	A	1,18	9	-5,85	27,29	0,00	30,65
	C <sub>k</sub>	0,82	19	-29,55	13,24	0,00	18,19

<sup>1</sup>Abre Campo (MG), <sup>2</sup>São Gotardo (MG), <sup>3</sup>Goiás, <sup>4</sup>Pocinhos (MG), <sup>5</sup>Realeza (MG), <sup>6</sup>Cantagalo (MG), <sup>7</sup>Capinópolis (MG), <sup>8</sup>Uberaba (MG), <sup>9</sup>Sete Lagoas (MG), <sup>10</sup>Barroso (MG), <sup>11</sup>Itabira (MG), <sup>12</sup>Romaria (MG), <sup>13</sup>Linhares (ES), <sup>14</sup>Viçosa (MG), <sup>15</sup>Guiricema (MG), <sup>16</sup>Itanhém (BA), <sup>17</sup>Santa Cruz da Vitória (BA), <sup>18</sup>Guiricema (MG), <sup>19</sup>Souza (PB), <sup>20</sup>Corumbá (MS).

As diferenças observadas entre os valores de CTC devem-se, provavelmente, ao componente ácido, especialmente dos Latossolos, Plintossolo e Terra Roxa Estruturada, uma vez que não se observaram diferenças significativas entre os valores de soma de bases pelos diferentes métodos nesses solos (Quadro 2).

Não foi observada correlação entre os valores de CTC de ambos os métodos e os teores de carbono orgânico total e argila (Quadro 3) em todos os solos estudados. Esse fato deve-se, provavelmente, à grande diferença mineralógica da fração argila entre alguns solos, ou seja, Latossolos, Podzólicos, Plintossolos e Terra Roxa com predominância de argilominerais 1:1 e óxidos e Vertissolos, Brunizém, Brunizém Avermelhado e Rendzina com presença de argilominerais 2:1. Foram observadas correlações significativas entre aquelas variáveis ao se analisarem esses grupos separadamente (Quadro 4).

Em razão da alta correlação entre os valores de CTCsc e CTCaa (Quadro 3), como também da dificuldade de determinação deste, estabeleceu-se uma equação, por regressão linear simples, para estimar os valores de CTC por acetato de amônio, empregando-se os valores de CTC por soma de cátions e o teor de argila das amostras, obtendo-se a seguinte equação:  $CTC_{aa} = 0,925 CTC_{sc} + 0,078 \text{ arg}$ , com coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,98\*\* (Figura 1).

**QUADRO 2 - Diferenças entre os valores de CTC, H + Al e soma de bases determinadas pelos métodos do acetato de amônio e da soma de cátions e respectivos níveis de significância pelo teste F**

Solo	Horizonte	d (CTC)	d (H + Al)	d (S)
			cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	
LE <sup>1</sup>	A	5,53**	6,05**	-0,52 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	6,70**	7,08**	-0,38 <sup>ns</sup>
LU <sup>2</sup>	A	6,47**	7,01**	-0,54 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	5,60**	5,72**	-0,12 <sup>ns</sup>
LP <sup>3</sup>	A	3,81**	4,16**	-0,35 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	4,04**	4,53**	-0,49 <sup>ns</sup>
LB <sup>4</sup>	A	8,63**	8,80**	-0,17 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	9,84**	10,12**	-0,28 <sup>ns</sup>
LV <sup>5</sup>	A	5,47**	6,04**	-0,57 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	3,34**	4,02**	-0,68 <sup>ns</sup>
LU <sup>6</sup>	A	4,37**	5,12**	-0,75 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	2,84**	3,50**	-0,66 <sup>ns</sup>
LR <sup>7</sup>	A	2,03**	1,97**	0,06 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	3,87**	4,11**	-0,24 <sup>ns</sup>
LR <sup>8</sup>	A	2,80**	2,96**	-0,16 <sup>ns</sup>
	B <sub>w</sub>	4,48**	5,00**	-0,52 <sup>ns</sup>
LE <sup>9</sup>	A	5,48**	5,56**	-0,08 <sup>ns</sup>

Continua...

QUADRO 2 – Continuação.

Solo	Horizonte	d (CTC)	d (H + Al)		d (S)
			cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>		
LE <sup>10</sup>	B <sub>w</sub>	4,90**	5,13**	-0,23 <sup>ns</sup>	
	A	3,27**	-5,71**	8,98**	
LF <sup>11</sup>	B <sub>w</sub>	3,57**	3,29**	0,28 <sup>ns</sup>	
	A	3,67**	3,95**	-0,28 <sup>ns</sup>	
Plintossolo <sup>12</sup>	B <sub>w</sub>	4,37**	4,61**	-0,24 <sup>ns</sup>	
	A	1,80**	2,06*	-0,26 <sup>ns</sup>	
PA <sup>13</sup>	B <sub>t</sub>	1,92**	2,29**	-0,37 <sup>ns</sup>	
	A	-0,51 <sup>ns</sup>	-0,41 <sup>ns</sup>	-0,10 <sup>ns</sup>	
PV <sup>14</sup>	B <sub>t</sub>	0,74 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	-0,21 <sup>ns</sup>	
	A	0,41 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	-0,01 <sup>ns</sup>	
TR <sup>15</sup>	B <sub>t</sub>	3,78**	3,40**	0,38 <sup>ns</sup>	
	A	2,19**	3,44**	-1,25 <sup>ns</sup>	
Brunizém <sup>16</sup>	B <sub>t</sub>	6,16**	7,16**	-1,00 <sup>ns</sup>	
	A	0,46 <sup>ns</sup>	2,32**	-1,86**	
BV <sup>17</sup>	B <sub>iv</sub>	0,15 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	-1,41*	
	A	-0,87 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	-1,86**	
BV <sup>18</sup>	B <sub>t</sub>	0,92 <sup>ns</sup>	-1,95*	2,87**	
	A	0,80 <sup>ns</sup>	2,20**	-1,40*	
Vertissolo <sup>19</sup>	B <sub>t</sub>	2,87**	4,27**	-1,40*	
	A	-5,06**	-7,86**	2,80**	
Rendzina <sup>20</sup>	C <sub>v2</sub>	-2,30**	1,10 <sup>ns</sup>	-3,40**	
	A	-3,36**	-5,85**	2,49**	
	C <sub>k</sub>	-4,95**	-29,55**	24,60**	

\*\* significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; <sup>ns</sup> não significativo.

QUADRO 3 – Coeficientes de correlação entre os métodos estudados e teores de argila, carbono orgânico total e H + Al, para todos os solos

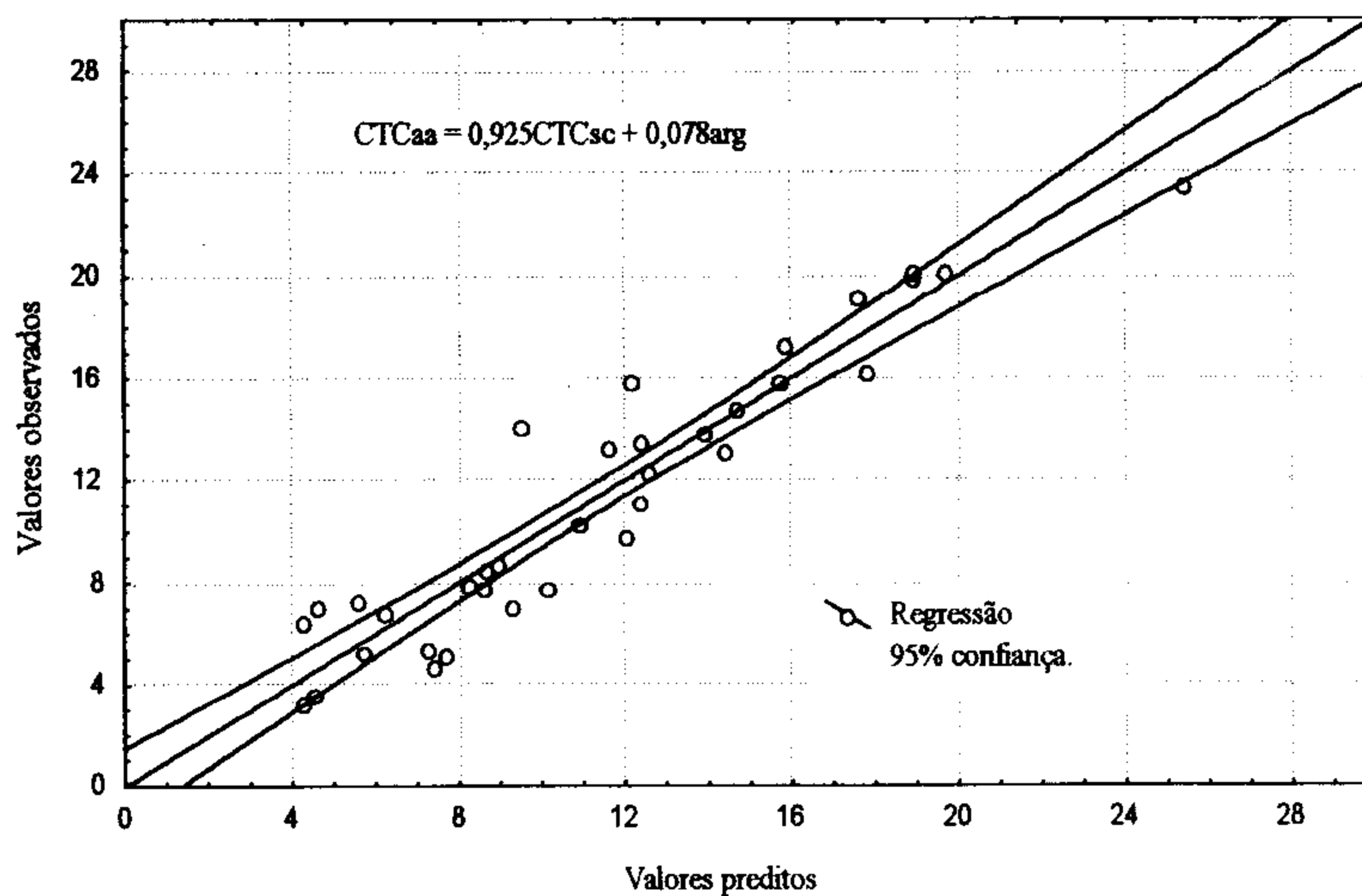
	CTCaa <sup>1</sup>	CTCsc <sup>2</sup>	Argila	COT <sup>3</sup>	(H+Al)aa <sup>4</sup>	(H+Al)ac <sup>5</sup>
CTCaa	1,00					
CTCsc	0,96	1,00				
Argila	0,03	-0,17	1,00			
COT	0,05	-0,06	0,24	1,00		
(H+Al)aa	-0,15	-0,36	0,54	0,54	1,00	
(H+Al)ac	0,01	-0,13	0,38	0,85	0,72	1,00

<sup>1</sup>CTC por acetato de amônio, <sup>2</sup>CTC por soma de cátions, <sup>3</sup>carbono orgânico total, <sup>4</sup>H + Al por acetato de amônio e <sup>5</sup>H + Al por acetato de cálcio.

**QUADRO 4** – Coeficientes de correlação entre os métodos estudados e teores de argila, carbono orgânico total e H + Al, excluindo-se os solos Brunizém, Brunizém Avermelhado, Vertissolo e Rendzina

	CTC <sub>aa</sub>	CTC <sub>sc</sub>	Argila	COT <sup>3</sup>	(H+Al) <sub>aa</sub> <sup>4</sup>	(H+Al) <sub>ac</sub> <sup>5</sup>
CTC <sub>aa</sub>	1,00					
CTC <sub>sc</sub>	0,90	1,00				
Argila	0,35	0,09	1,00			
COT	0,75	0,81	0,21	1,00		
(H+Al) <sub>aa</sub>	0,68	0,48	0,53	0,57	1,00	
(H+Al) <sub>ac</sub>	0,69	0,67	0,29	0,84	0,87	1,00

<sup>1</sup>CTC por acetato de amônio, <sup>2</sup>CTC por soma de cátions, <sup>3</sup>carbono orgânico total, <sup>4</sup>H + Al por acetato de amônio e <sup>5</sup>H + Al por acetato de cálcio.



**FIGURA 1**- Relação entre valores preditos e observados da CTC por acetato de amônio, excluindo-se o Vertissolo e a Rendzina.

## CONCLUSÕES

1) Os valores da capacidade de troca de cátions dos Latossolos, Plintossolo e Terra Roxa Estruturada, determinados por acetato de amônio, são significativamente superiores aos obtidos pela soma de cátions. No Vertissolo e Rendzina ocorre o contrário.



2) Os valores da CTC por acetato de amônio dos solos analisados, excluindo-se os solos originários de material rico em carbonato de cálcio, podem ser estimados por meio da seguinte equação:  $CTC_{aa} = 0,925 CTC_{sc} + 0,078 \text{ arg.}$  ( $R^2 = 0,98^{**}$ ).

## REFERÊNCIAS

1. BENNEMA, J. The cec inorganic constituents in relation to silica-alumina molecular ratio for the classification of latosols. In: Reunião de Classificação de Solos e Interpretação de Aptidão Agrícola, 3, Rio de Janeiro, 1988. Anais... Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNCLS/SBCS, 1988. p.258-66. (Documentos, 12)
2. CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. & AMARAL SOBRINHO, N.M.B. do. Reações da matéria orgânica. In: Santos, G.A. & Camargo, F.A.O. (eds.). Fundamentos da matéria orgânica do solo – ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p. 68-89.
3. CORRÊA, M.M. Atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos de solos e ambiente agrícola nas Várzeas de Sousa – PB. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 107p. (Tese de Mestrado).
4. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1997. 212p. (Documentos, 1).
5. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Critérios para distinção de classes de solos e de fase de unidades de mapeamento – normas em uso pelo SNCLS. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 1988. 65p. (Documentos, 11).
6. ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil survey laboratory methods manual. Washington, USDA, 1996. 693p. (Soil Survey Investigations Report, 42 Version 3.0).
7. GILLMAN, G.P.; BRUCE, R.C.; DAVEY, B.G.; KIMBLE, J.M.; SEARLE, P.L. & SKJEMSTAD, J.O. A comparison of methods used for determination of cation exchange capacity. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 14: 1005-14, 1983.
8. JACKSON, M.L. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1958. 498p.
9. JOHNSON, W.M.; CADY, J.G. & JAMES, M.S. Characteristics and some brown grumusols of Arizona. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 27:389-93, 1962.
10. JUO, A.S.R.; AYAANLAJA, S.A. & OGUNWALE, J.A. An evaluation of cation exchange capacity measurements for soils in the tropics. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 7:751-61, 1976.
11. KELLEY, W.P. Cation exchange in soils. Baltimore, The Waverly Press, 1948. 143p.
12. SCHOLLENBERGER, C.J. & DREIBELBIS, F.R. Analytical methods in base exchange investigations on soils. Soil Science, 30:161-73, 1930
13. SOIL SURVEY STAFF. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, U.S. Dept. Agric., 1999. 870 p. (Handbook nº 436).
14. TALIBUDEEN, O. Cation exchange in soils. In: Greenland, D.J. & Hayes, M.H.B. (eds.). The chemistry of soil processes. Chichester, John Wiley & Sons, 1981. p. 115-77.
15. UEHARA, G. & GILLMAN, G.P. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: I. Theory. Soil Sci. Soc. Am. J., 44: 2, 1980.