

RESUMO

Foi determinada a capacidade de troca de cátions a pH natural do solo e a pH 7,0 ao longo do perfil de três solos da Amazônia Central e correlacionou-se os valores de CTC encontrados com outras características intrínsecas de cada solo, tais como: matéria orgânica, superfície específica teor e mineralogia da fração argila, as quais causam variação na CTC do solo. As diferenças entre os valores de CTC obtidos foram decorrentes principalmente do teor de matéria orgânica e da mineralogia da fração argila. A matéria orgânica do solo apresentou-se altamente correlacionada com a CTC determinada a pH 7,0 dos solos Latossolos Amarelo ($r = 0,998$) e Podzólico Vermelho Amarelo ($r = 0,974$), principalmente para os horizontes de superfície, enquanto que para o solo Gleí Pouco Húmico foram encontradas correlações significativas apenas ao nível de 5%. Para a CTC a pH natural do solo, altas correlações também foram obtidas somente para Latossolo ($r = 0,980$) e Podzólico ($r = 0,984$). A correlação entre a superfície específica e a CTC do solo apresentou-se altamente significativa para o Latossolo ($r = 0,957$) e Gleí Pouco Húmico ($r = 0,952$), enquanto que para o Podzólico ($r = 0,873$), a correlação foi significativa apenas ao nível de 5%. Foi observado ainda que a classe textural, o teor de matéria orgânica e principalmente a composição mineralógica conferiram maiores valores de superfície específica para o solo Gleí Pouco Húmico.

INTRODUÇÃO

Desde os trabalhos pioneiros de Thomas Way em 1850, muito tem sido feito para caracterizar a natureza do complexo de troca cationica (Martini, 1970). Esta propriedade é de suma importância na avaliação dos solos em fornecer cátions para as plantas, na predição da composição mineralógica e na contribuição das frações minerais e orgânicas. Os cátions trocáveis influenciam ainda na estrutura, na atividade biológica, na reação e nos processos genéticos do solo (Fassbender, 1975).

(*) Parte do trabalho de Dissertação apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, da Escola Superior de Agricultura de Lavras, MG, para obtenção do grau de Mestre.

(**) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus - AM.

Para melhor compreensão do comportamento dos vegetais, perante aos diferentes manejos de solo, torna-se necessário o conhecimento mais amplo das propriedades, não só das camadas superficiais, mas também dos horizontes subsuperficiais, que por serem menos susceptíveis às influências externas, refletem melhor suas características originais. Estudos detalhados da capacidade de troca de cátions de solos da Amazônia Central, realizados em perfis de solos completos são praticamente inexistentes. Tendo em vista isso e considerando ser a troca de cátions o mais importante dos fenômenos que ocorrem no solo, sendo de grande valor prático na avaliação da fertilidade do solo e determinação da necessidade de calagem, principalmente nas áreas tropicais húmida. Este trabalho foi realizado com três solos da região da Amazônia Central, com o objetivo de correlacionar os valores de capacidade de troca de cátions determinados a pH natural do solo e a pH 7,0 com outras propriedades do solo, tais como matéria orgânica, superfície específica e mineralogia da fração argila, as quais causam variação na CTC do solo.

MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizadas amostras de material de solo coletadas ao longo de três perfis, situados nas proximidades da cidade de Manaus no Amazonas, classificados por Falesi *et al.* (1970, 1971), e Pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (1979), segundo o Esquema Brasileiro de Classificação do Solo, como sendo:

- Latossolo Amarelo Álico, A moderado, textura muito argilosa floresta equatorial úmida de terra firme relêvo ondulado;

- Podzólico Vermelho Amarelo latossólico Álico, A moderado textura média/argilosa fase floresta equatorial perenifólia, relêvo ondulado;

- Glei Pouco Húmido, A proeminente, textura muito argilosa, sob vegetação de campina de várzea com predominância de gramíneas e ciperáceas cobrindo a superfície do solo.

- A CTC a pH natural do solo foi determinada através da soma de bases trocáveis mais a acidez trocável, de acordo com a metodologia proposta por Vettori (1969). A CTC a pH 7,0 foi determinada segundo Van Raij (1966), através da saturação do complexo coloidal do solo com acetato de cálcio 1N, tamponado a pH 7,0 e posterior determinação do íon cálcio através da espectrofotometria de absorção atômica.

A matéria orgânica foi quantificada através da determinação do carbono orgânico pelo método de combustão via úmida, método de Tiurin, modificado por Vettori (1969). A superfície foi determinada segundo o método baseado no princípio de recobrimento das partículas do solo (60 meses) por uma camada monomolecular de Etileno Glycol Monoetil Éter (EMEG), (Heilman *et al.*, 1965).

No preparo das lâminas para os difratogramas de raios X da fração mineral, as amostras sofreram tratamento prévio com acetato de sódio 1N a pH 5,0 para eliminação de sais solúveis, com peróxido de hidrogênio a 30% para eliminação da matéria orgânica. O ferro livre foi removido da amostra de solo seguindo as recomendações de Holmgren, citado por Mendes (1970), utilizando citrato de sódio, ditionito de sódio, água destilada e agitação

lenta por 12 horas, repetindo-se o tratamento, tantas vezes quantas necessárias para deixar a amostra clara ou acizentada.

Para o estudo de correlação, foram tomadas as médias de três repetições por observação, sendo que cada horizonte foi considerado uma observação (Pimentel, 1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes as características físicas químicas e mineralógicas são apresentados no Quadro I. Os teores de hidrogênio mais alumínio trocáveis apresentaram uma grande amplitude de valores indo de 0,4 a 9,7 eq mg/100g de solo, os valores mais elevados foram encontrados nas amostras do solo Glei Pouco Húmico. Influenciado principalmente pelos teores de Ca^{++} , a soma de bases permutáveis apresentou-se com teores de bases bastante baixos ao longo de todo o perfil nos três solos estudados. Segundo Jordan (1985) a substituição das bases como Ca^{++} , Mg^{++} e K^+ , pelo hidrogênio, nas partículas coloidais, constitui uma reação importante nas regiões de florestas pluviais. A concentração crescente de átomos de hidrogênio relativa a cátions básicos resulta na redução do pH do solo (Sanchez, 1976).

Os resultados dos difractogramas de raio X são apresentados na Figura 1. A caolinita foi o mineral de argila predominante nas amostras do perfil de Latossolo Amarelo e Podzólico Vermelho Amarelo. Estes resultados estão de acordo com os trabalhos de Sombroek (1966) e Kitagawa & Moller (1979) que demonstraram ser a caolinita o mineral predominante em amostras de Latossolo e Podzólico da região da Amazônia. Para o solo Glei Pouco Húmico, além da caolinita observa-se ainda a presença de minerais de argila tipo 2:2 como a clorita; 2:1 tais como montmorilonita, vermiculita, mica e pirofilita. Kitagawa & Moller (1979) afirmam ser freqüente em solos aluviais da Amazônia a presença de mica e minerais de argila tipo 2:1 mesmo que a caolinita seja o mineral dominante.

Nos três solos estudados foram encontrados as correlações entre a CTC e as principais propriedades intrínsecas de cada solo.

Correlacionando-se os valores de CTC determinados a pH natural do solo com o teor de matéria orgânica encontrou-se coeficientes de regressão linear altamente significativas para os solos Latossolo e Podzólico, conforme demonstra o Quadro II. No entanto, o mesmo não aconteceu para o solo Glei Pouco Húmico onde praticamente não se obteve correlação entre a CTC a pH natural do solo e o teor de matéria orgânica ($r = 0,036$). Isso provavelmente pode ser explicado como sendo devido ao grau de decomposição da matéria orgânica, assim como também pelo decréscimo da mesma com a profundidade e aumento do teor de alumínio trocável, e que contribui para se obter valores de CTC a pH natural do solo mais ou menos uniforme ao longo de todo o perfil do solo Glei Pouco Húmico.

O Quadro II demonstra ainda as correlações existentes entre a CTC determinada a pH 7,0 e o teor de matéria orgânica. Observam-se valores de r^2 altamente significativos tanto para o Latossolo quanto para o Podzólico permitindo inferir portanto que a matéria orgânica é a grande responsável pela CTC destes solos, o que está de acordo com Pratt

(1966) e Sanchez (1976), que mencionam ser a matéria orgânica a principal fração responsável pela quase totalidade da CTC de muitos solos tropicais. Nos oxissols argilosos a baixa CTC está muito associada a fração argila, os colóides dominantes são calinita gibsitita, materiais amorfos e óxidos de ferro livre os quais são os colóides de mais baixa superfície específica e de baixa CTC (Fassbender, 1975). Nos solos estudados, observa-se que a matéria orgânica está principalmente concentrada nos primeiros centímetros superficiais do perfil (Quadro I), o que deve-se ao acúmulo de resíduo da cobertura vegetal, esta característica da distribuição da matéria orgânica no perfil está de acordo com outros resultados na região (Volkoff et al., 1982).

Alfaia & Nogueira (1985), estimaram a contribuição das frações minerais e orgânicas para a CTC total destes solos: os dados demonstraram que para os solos latossolo e podzólico, a fração orgânica apresentou uma maior contribuição nos horizontes de superfície. O contrário foi observado no solo Glei Pouco Húmico onde provavelmente o estágio de decomposição da matéria orgânica e a presença de minerais de argila tipo 2:1 e 2:2 conferiram maior atividade à fração mineral ao longo de todo o perfil deste solo.

As reações de troca cationica nos solos, são essencialmente fenômenos de superfície e isto explica de acordo com Curtin & Smillie (1979) porque a área de superfície pode estar melhor relacionada com a CTC do que os teores de argila.

A correlação entre a superfície específica e a CTC do solo apresentou-se altamente significativa para os solos Latossolo e Glei Pouco Húmico, enquanto que para o Podzólico a correlação foi significativa apenas ao nível de 5% (Quadro III). Observa-se ainda que a matéria orgânica teve grande influência no aumento da superfície específica, pois as amostras dos horizontes superficiais apresentaram valores mais elevados de superfície. Embora os teores de matéria orgânica sejam baixos na maioria dos solos tropicais (Grohmann, 1975), os valores de superfície específica obtidos podem estar altamente influenciados pela sua presença. Isto deve-se ao fato da matéria orgânica apresentar uma alta superfície específica devido ao seu elevado grau de subdivisão, e, também da fração argila apresentar-se normalmente com valores relativamente baixos de superfície específica. Segundo este autor, os solos de regiões tropicais, ricos em caulinita e gibsitita na fração argila, apresenta valores baixos de superfície específica, mesmo que aqueles minerais de argila, estejam presentes em altas proporções. Por outro lado, solos com baixos teores de montmorilonita poderão apresentar valores elevados de superfície específica em virtude da elevada superfície interna que esses minerais apresentam. Estes princípios justificam o valor mais elevado de superfície específica e a alta correlação com a CTC do solo Glei Pouco Húmico (GPH) que pode estar relacionada com a presença de minerais de argila tipo 2:2, tais como a clorita; 2:1, tais como montmorilonita, vermiculita, mica, pirofilita e ainda minerais interestratificados como montmorilonita-clorita e vermiculita-mica, no perfil deste solo, enquanto que nos outros solos a análise mineralógica demonstrou apenas a presença de caulinita e traços de gibsitita (Figura 1) principalmente no caso do solo Podzólico, cujas amostras apresentaram menor valor de superfície específica, pois o solo em questão além de apresentar classe textural média/argilosa e mineralógica caulínica, possui também, baixo teor de matéria orgânica.

CONCLUSÕES

As diferenças entre os valores de CTC obtidos nos três solos estudados foram decorrentes, principalmente do teor de matéria orgânica e da mineralogia da fração argilosa.

A matéria orgânica dos solos apresentou-se altamente correlacionada com a CTC das amostras dos solos Latossolo e Podzólico, principalmente para os horizontes de superfície que apresentaram valores mais elevados de CTC. Para esta característica, foi observada ainda que as correlações obtidas para estes dois solos não apresentaram grandes diferenças entre si, no entanto foram bastante diferentes daquelas obtidas para solo Gleí Pouco Húmico.

A classe textural, o teor de matéria orgânica e principalmente a composição mineralógica conferiram maiores valores de superfície específica ao solo Gleí Pouco Húmico.

O íon alumínio foi o cátion que mais contribuiu para a CTC determinada a pH natural do solo para todos os solos estudados.

SUMMARY

Cation exchange capacity, at natural soil pH and at pH 7,0, was determined within the profile of three Central Amazonian soils: Yellow Latosol, Red-Yellow Podzol; Low Humic Gley. The relationship between CTC and other soil characteristics (organic matter, specific surface, quantity and mineralogy of clay fraction) that cause variation in CTC were studied through regression and correlation analysis. The different values of CTC found were due principally to organic matter and the mineralogy of the clay fraction. Soil organic matter was highly correlated with CTC (at pH 7.0) in the Yellow Latosol ($r = 0.998$) and Red-Yellow Podzol ($r = 0.974$), especially in the surface horizon, while the Low Humic Gley was correlated at the 5% level ($r = 0.894$), and with CTC (at natural pH) in the Yellow Latosol ($r = 0.98$ and Red-Yellow Podzol ($r = 0.984$). The correlation between surface specificity and CTC was highly significant for the Yellow Latosol ($r = 0.957$) and Low Humic Gley ($r = 0.952$), but only at the 5% level for the Red-Yellow Podzol ($r = 0.873$). The textural class, organic matter, and principally, the mineralogical composition were responsible for high specific surface values in the Low Humic Gley.

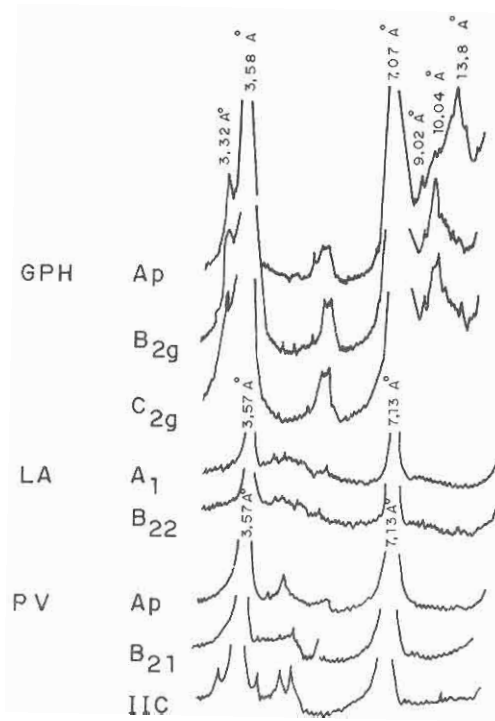


Fig. 1 - Diffractograma da fração argila dos três solos estudados.

Quadro I. Resultados das análises físicas e químicas realizadas nas amostras dos solos estudados.

Solo	Horizonte	Profundidade (cm)	pH H ₂ O	pH KCl	Cátions Trocáveis				Acidez Trocável		CTC pH do solo	CTC CaOAc pH 7,0	Areia	Silte	Argila	Matéria Orgânica	
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	H ⁺							
LA	A ₁	0 - 5	4,0	3,7	0,15	0,12	0,10	0,12	2,4	0,8	3,69	15,4	21	4	75	5,15	
	A ₃	5 - 20	4,7	4,4	0,10	0,07	0,03	0,05	1,2	0,0	1,45	7,7	14	12	74	2,23	
	B ₂₁	20 - 54	4,9	4,5	0,10	0,06	0,02	0,03	1,0	0,0	1,21	5,5	10	10	80	1,00	
	B ₂₂	54 - 90	5,0	4,4	0,12	0,05	0,01	0,02	0,8	0,0	1,00	5,2	7	3	90	0,63	
	B ₂₃	90 - 107	5,0	4,5	0,10	0,05	0,01	0,02	0,7	0,0	0,88	4,9	7	4	89	0,60	
	B ₂₄	107 - 160+	5,2	4,6	0,10	0,05	0,01	0,02	0,6	0,0	0,78	4,4	7	5	88	0,57	
	PV	Ap	0 - 18	4,5	3,7	0,11	0,10	0,07	0,05	1,1	0,1	1,53	6,4	64	8	28	2,28
	A ₂	18 - 35	4,5	3,8	0,10	0,06	0,03	0,03	0,9	0,1	1,22	5,2	59	9	32	1,35	
GPH	B ₁	35 - 60	4,3	4,2	0,10	0,06	0,04	0,05	0,9	0,0	1,15	5,1	53	9	38	1,18	
	B ₂₁	60 - 130	4,9	4,4	0,11	0,06	0,03	0,05	0,6	0,0	0,85	2,5	54	9	37	0,24	
	B ₂₂	130 - 225	5,0	4,4	0,13	0,06	0,04	0,07	0,5	0,0	0,80	2,0	56	9	35	0,12	
	B ₂₃	225 - 270	5,0	4,4	0,12	0,06	0,05	0,06	0,4	0,0	0,69	1,6	55	11	34	0,12	
	B ₂₄	270 - 320+	5,1	4,4	0,10	0,05	0,02	0,04	0,4	0,0	0,61	1,6	53	14	33	0,10	
	Ap	0 - 16	4,7	3,8	0,60	0,21	0,07	0,05	7,6	1,0	9,53	22,2	1	16	61	4,30	
	A ₃	16 - 44	4,6	3,6	0,38	0,12	0,06	0,05	8,2	0,7	9,57	21,6	1	17	82	2,10	
C _{2g}	B _g	44 - 82	4,6	3,5	0,20	0,08	0,05	0,05	8,3	0,6	9,28	19,7	2	11	87	1,10	
	C _{2g}	82 - 110	4,5	3,5	0,18	0,08	0,06	0,05	8,6	0,4	9,37	18,6	1	11	86	0,51	
	C _{2g}	110 - 160+	4,4	3,3	0,18	0,18	0,08	0,06	9,4	0,5	10,06	17,5	2	12	86	0,38	

Quadro II. Equações e coeficientes de correlação linear entre os valores do teor de matéria orgânica e a CTC a pH natural e a pH 7,0 para cada um dos três solos estudados.

SOLO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	r
CTC à pH natural		
L.A	$y = 0,483 + 0,599 x$	0,980 **
P.V	$y = 0,685 + 3,387 x$	0,984 **
6PH	$y = 9,608 - 0,034 x$	0,187
CTC à pH 7,0		
L.A	$y = 3,27 + 2,30 x$	0,998 **
P.V	$y = 1,71 + 2,30 x$	0,974 **
6PH	$y = 18,14 + 1,07 x$	0,894 *

$y = a + bxi$, onde y representa a CTC determinada a pH natural e a pH 7,0 e xi se refere ao teor de matéria orgânica.

** significativo ao nível de 1%.

* significativo ao nível de 5%.

Quadro III. Equações e coeficientes de correlação linear entre os valores de superfície e CTC do solo, para cada um dos três solos estudados.

SOLO	EQUAÇÃO DE REGRESSÃO	r
L.A	$y = -17,52 + 0,391 x$	0,957 **
P.V	$y = -3,44 + 0,180 x$	0,873 *
6PH	$y = 11,19 + 0,109 x$	0,952 **

$y = a + bxi$, onde y representa a CTC determinada a pH 7,0 e xi se refere aos valores de superfície específica.

** significativo ao nível de 1%.

* significativo ao nível de 5%.

Referências bibliográficas

- Alfaia, S. S. & Nogueira, F. D. - 1985. Capacidade de troca de cátions da fração mineral e orgânica de três solos da Amazônia Central. *Ciência e Prática*, 9(1):30-38.
- Curtin, D. & Smillie, C. W. - 1976. Estimation of components of soil cation exchange capacity from measurements of specific surface and organic matter. *Soil Sci Soc. Am I.*, 40:461-462.
- Falesi, I. G.; Rodrigues, S. B. N.; Araújo, J. V.; Rodrigues, I. E. Rêgo, R. S. - 1970. **Os solos da área Cacau Pirêra - Manacapuru, Belém.**
- Falesi, I. G.; Rodrigues, I. E.; Morikauna, I. K.; Reis, R. S. - 1971. Solos do Distrito Agropecuário da Suframa - Manaus.
- Fassbender, H. W. - 1975. **Química de suelos.** Turrialba, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da O.E.A. 398p.
- Grohmann, F. - 1975. Superfície específica. In: **Elementos de Pedologia.** Moniz, A. C. (ed.). Polígona. São Paulo. p. 111-112.
- Jordan, F. C. - 1985. Ciclagem de nutrientes e silvicultura de plantações na Bacia Amazônica. In: **Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos, Ilhéus.** p. 187-197.
- Martini, J. A. - 1970. Allocation of cation exchange capacity to soil fraction in seven surface soil from Panama and the application of cation exchange factor as weathering index. *Soil Science*, 109:324-331.
- Mendes, A. C. T. - 1970. **Dispersão de amostras de solos minerais.** ESALQ, Piracicaba. 47 p.
- Pimentel, G. F. - 1970. **Curso de Estatística Experimental.** ESALQ, Piracicaba. 430 p.
- Sanchez, P. A. - 1976. **Properties and management of soil in the tropics.** J.Wiley(ed.). N. York. 617 p.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - 1979. **XVII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo.** Guia de excursão - Manaus. 61 p.
- Sombroek, W. G. - 1966. Amazon soil; a reconnaissance of the soil of the Brazilian Amazon region. Wageningen. **Center Agr. Pub. Doc.** p. 76-95.
- Van Raij, B. - 1966. Capacidade de troca de cátions em solos. Estudo comparativo de alguns métodos. *Bragantia*, 25:327-336.
- Vettori, L. - 1969. Métodos de análise de solo, EPFS, Rio de Janeiro. **Boletim Técnico**, 7, 24 p.
- Volkoff, B.; Maysui, E.; Cerri, C. C. - 1982. Discriminação isotópica do carbono nos humos de latossolos e podzol na região amazônica do Brasil. In: **Anais do Colóquio Regional sobre matéria orgânica do solo.** USP, São Paulo, p. 147-153.
- Kitagawa, Y. & Moller, R. F. - 1979. Clay mineralogy of some typical soils in the Brazilian Amazon Region. *Pesq. agropec. bras.*, 14(3):201-228.

(Aceito para publicação em 20.07.1988)