

CARGAS ELÉTRICAS DE UM LATOSOLO VERMELHO-AMARELO COM DIFERENTES COBERTURAS FLORESTAIS^{1/}

Liovando Marciano da Costa ^{2/}
Érico José de Moraes ^{3/}
Antonio Carlos Ribeiro ^{2/}
Sebastião da Fonseca ^{4/}

1. INTRODUÇÃO

Um dos aspectos básicos das reações físico-químicas do solo é a interação de superfície da fase sólida e solução do solo, que exerce influência sobre uma série de fenômenos que ocorrem nesse ambiente, relacionados com a adsorção e dessorção de íons e com a dispersão e flocação de coloides. As duas propriedades que explicam melhor a reatividade do solo são a superfície específica e as cargas elétricas dos coloides, que englobam, principalmente, a argila mineral e a matéria orgânica (2).

As cargas negativas permanentes dos coloides inorgânicos do solo originam-se principalmente das substituições isomórficas durante a cristalização dos minerais silicatados. Essas cargas predominam em solos de argila 2:1, mais comuns nas regiões de clima temperado (2, 10, 12). Nos solos de regiões tropicais úmidas, com predomínio de óxidos de ferro e alumínio e de argila 1:1, apenas o potencial de superfície é constante, sendo a carga variável (10). A origem primária dessas cargas é considerada ganho ou perda de H^+ do grupo funcional hidroxila na superfície dos coloides do solo. Essas cargas dependem do pH da solução, que regula o grau de

^{1/} Recebido para publicação em 27-4-1984.

^{2/} Departamento de Solos da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Celulose Nipo-Brasileira S.A. 35160 Ipatinga, MG.

^{4/} Departamento de Engenharia Florestal da UFPB. 58700 Patos, PB.

protonização ou desprotonização do grupo funcional (2, 3). Outra categoria de superfície é a da matéria orgânica, caracterizada por grupos funcionais R-OH, que são moderadamente ácidos e com grau de dissociação do H⁺ também dependente do pH da solução. Portanto, a matéria orgânica tem carga negativa e variável, com potencial constante (2, 12).

Se a concentração de íons H⁺ na solução for alta, a superfície de óxidos metálicos poderá adsorver um número de prótons acima do necessário para a neutralização, atingindo, assim, carga positiva (M-O_H^{H+})⁺, o que depende muito, também, da valência do cátion metálico do óxido e do número de átomos de oxigênio na coordenação (3). Podem ainda ocorrer, nos óxidos de ferro e de alumínio, cargas positivas próprias, pela substituição isomórfica de Fe⁺³ (0,67 Å) ou Al⁺³ (0,50 Å) por Ti⁺⁴ (0,64 Å), de acordo com SUMNER e DAVIDTZ (11).

Uma das maneiras de estudar as cargas dos colóides do solo é considerar o ponto de carga zero (PCZ), definido como o pH da solução em equilíbrio com a fase sólida do solo, em que a carga elétrica líquida da superfície é nula (2, 10, 12). Detalhes e fundamentos teóricos da sua determinação são discutidos por RAIJ (9), RAIJ e PEECH (10) e UEHARA e GILIMAN (11).

Solos com cobertura florestal apresentam ciclagem de nutrientes bem mais intensa e perfeita. Como têm sido verificadas variações nas características de solos com diferentes coberturas florestais, sobretudo com relação à matéria orgânica (1, 5, 6), procurou-se verificar possíveis variações no balanço de cargas de um solo com três distintas coberturas florestais por meio da determinação de seus pontos de carga zero.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O solo estudado situa-se no município de Viçosa, MG, tendo sido classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo álico, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia e relevo forte ondulado a montanhoso. A área escolhida foi uma meia encosta bem uniforme nas características edáficas e fisiográficas, coberta, em parte, pela mata secundária remanescente e por plantações de *Eucaliptus* spp. e *Pinus* spp., ambas com 17 anos, com alta porcentagem de faias e sem tratos culturais.

De cada cobertura florestal — mata, eucalipto e *pinus* — foram coletadas três amostras compostas de solo, constituídas de três amostras simples, em seis camadas do perfil, com quatro centímetros cada uma, entre zero e 24 centímetros de profundidade. As amostras compostas, depois de secas, homogeneizadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha, foram submetidas a análises químicas e de textura. Determinaram-se o pH em água e em KCl 1N, o fósforo e potássio disponíveis, o alumínio, o cálcio e magnésio trocáveis e a matéria orgânica (4). A análise textural foi feita segundo MOURA FILHO (7), com a modificação do tempo de contato e da concentração de NaOH dispersante para 24 horas e 0,5N, respectivamente. Finalmente, o ponto de carga zero (PCZ) foi obtido potenciometricamente, pelo método de RAIJ e PEECH (10), ligeiramente modificado. Assim, subamostras de 5 g dos materiais de solo, as quais se adicionaram 25ml de soluções de NaCl 1N, 0,1N, 0,01N e 0,001N foram tituladas com HCl ou NaOH 0,04N. A primeira leitura de pH foi feita depois de 24 horas de contato da subamostra de solo com a solução de NaCl. Iniciada a adição das alíquotas, de ácido ou de base, o tempo de contato passou a ser de 72 horas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise química (Quadro 1) mostrou que o solo estudado é de baixa fertilidade, principalmente quanto a P, Ca e Mg, com altos teores de alumínio trocável, sobretudo na superfície. Os maiores volumes dos elementos analisados na superfície indicam a ocorrência de um processo dinâmico de ciclagem de nutrientes. Desse modo, destacam-se o *Pinus* spp., quanto a cálcio, e a mata, quanto a fósforo e potássio.

QUADRO 1 - Características químicas das camadas 0-4 cm e 20-24 cm de profundidade do solo estudado, com as três coberturas florestais (média de três repetições)

Cobertura florestal	Profundidade	P	K	A1	Ca	Mg
		ppm		meq/100 g		
Eucalipto	0-4	3	30	1,80	0,30	0,10
	20-24	3	12	0,90	0,30	0,10
Pinus	0-4	2	30	1,50	0,80	0,30
	20-24	1	13	0,70	0,30	0,10
Mata	0-4	5	47	1,70	0,30	0,20
	20-24	1	15	0,90	0,20	0,10

A análise textural (Quadro 2) mostrou o natural aumento do teor de argila com a profundidade, com valores aproximados para todas as coberturas nas mesmas profundidades, o que se previa, por tratar-se do mesmo solo.

O teor de matéria orgânica diminuiu com a profundidade, com as três coberturas florestais (Quadro 3). O solo da mata destacou-se, apresentando maior quantidade de matéria orgânica que a das amostras das outras duas coberturas, até a segunda camada analisada.

Os valores do pH em água e em KCl 1N (Quadro 4) mostram que o solo, com as três coberturas e em todas as profundidades, é bastante ácido. O delta pH ($\text{pH}_{\text{KCl}} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) é negativo em todos os casos, o que indica que há carga líquida negativa no solo com todas as coberturas e em todas as profundidades, apenas com uma exceção, quando o delta pH é igual a zero, indicando que o pH do solo é igual ao PCZ. Essa exceção não foi confirmada pelas curvas de titulação, provavelmente em razão da presença de cátions, que não foram removidos previamente. Também há tendência, para todas as coberturas, de aproximar-se o delta pH de zero com a profundidade, o que é um indicador de que, na superfície, a carga negativa líquida é maior, decrescendo com a profundidade (9).

A titulação potenciométrica mostrou resultados que pouco variaram com as repetições. Com as curvas de titulação foram determinados os pontos de carga zero (Quadro 5), de acordo com o que se vê na Figura 1. Nota-se que, à medida que se afastam da superfície, os valores dos PCZ aumentam, correspondendo a um decréscimo da carga líquida negativa. Outra verificação de mais carga líquida nega-

QUADRO 2 - Composição textural das camadas 0-4 cm e 20-24 cm de profundidade do solo estudado, com as três coberturas florestais (média de três repetições)

Cobertura florestal	Profundidade (cm)	A.Grossa	A.Fina	Silte	Argila
		%	%	%	%
Eucalipto	0-4	20	21	11	48
	20-24	16	15	13	56
Pinus	0-24	23	13	11	53
	20-24	20	13	9	58
Mata	0-4	22	25	11	42
	20-24	18	15	14	53

QUADRO 3 - Teores de matéria orgânica do solo estudado, em seis camadas de 4 cm de espessura, entre 0 e 24 cm de profundidade, com as três coberturas florestais (média de três repetições)

Profundidade (cm)	Cobertura Florestal		
	Eucalipto	Pinus	Mata
0-4	5,30	4,98	7,17
4-8	4,05	3,43	5,30
8-12	3,43	3,43	4,05
12-16	3,12	3,12	3,74
16-20	3,80	2,80	3,12
20-24	2,49	2,80	2,80

tiva na superfície é a diferença maior que há entre o pH em água e o PCZ (Quadro 6) nas camadas próximas à superfície, provavelmente em razão dos maiores teores de matéria orgânica na camada superficial, uma vez que não deve haver variação significativa de composição mineralógica entre as camadas. Isso se demons-

QUADRO 4 - Valores de pH em água, pH em KCl 1N (relação 1:2,5) e delta pH (Δ pH) do solo estudado, em seis camadas de 4 cm de espessura, entre 0 e 24 cm de profundidade, com as três coberturas florestais (média de três repetições) *

Cobertura florestal	pH	Profundidade (cm)					
		0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24
Eucalipto	Água	4,00	4,20	4,23	4,20	4,27	4,30
	KCl	3,60	3,87	3,93	3,97	4,03	4,03
	Δ pH	-0,40	-0,37	-0,30	-0,23	-0,24	-0,27
Pinus	Água	4,10	4,10	4,13	4,13	4,10	4,10
	KCl	3,77	7,97	4,00	4,00	4,03	4,10
	Δ pH	-0,33	-0,13	-0,13	-0,13	-0,07	0,00
Mata	Água	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27
	KCl	3,93	3,90	4,00	4,03	4,03	4,10
	Δ pH	-0,34	-0,37	-0,27	-0,24	-0,24	-0,13

* Δ pH = pH KCl - pH H_2O

QUADRO 5 - Valores do ponto de carga zero (PCZ) do solo estudado, em seis camadas de 4 cm de espessura, entre 0 e 24 cm de profundidade, com as três coberturas florestais (média de três repetições)

Cobertura florestal	Profundidade (cm)					
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24
Eucalipto	3,42	3,65	3,72	3,75	3,74	3,83
Pinus	3,45	3,65	3,68	3,70	3,73	3,80
Mata	3,45	3,65	3,66	3,74	3,77	3,82

tra, em parte, pela alta correlação entre a matéria orgânica e o PCZ, com coeficientes de -0,98, -0,98, -0,97 para os solos com eucalipto, pinus e mata, respectivamente.

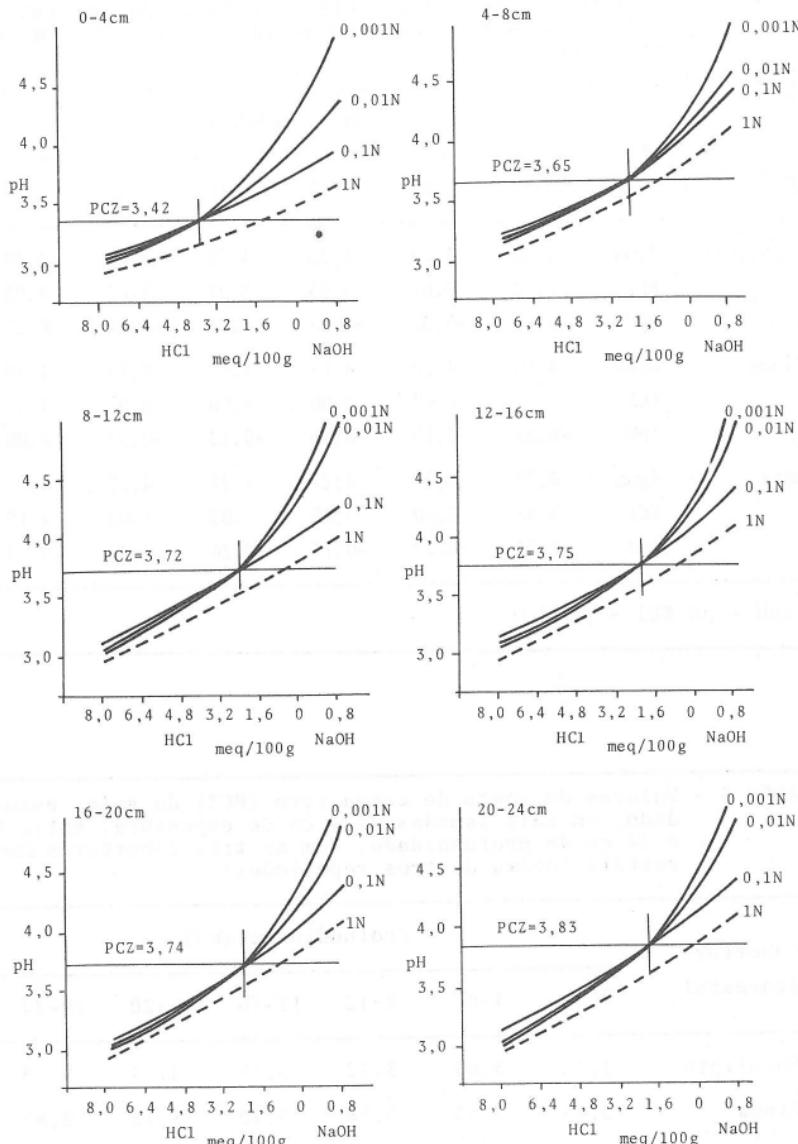


FIGURA 1 - Determinação do PCZ por meio das curvas de titulação potenciométrica, para o solo com eucalipto.

QUADRO 6 - Valores da diferença entre o pH em água e o PCZ, consumo de HCl para atingir o PCZ e relação entre essas variáveis no solo estudado, em seis camadas de 4 cm de espessura, entre 0 e 24 cm de profundidade, com as três coberturas florestais (média de três repetições)

	Profundidade (cm)					
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24
<u>Solo com eucalipto</u>						
pH - PCZ (A)	0,58	0,55	0,51	0,45	0,53	0,47
HCl (meq/100g) (B)	3,92	2,64	2,40	2,32	2,32	2,08
B/A	6,76	4,80	4,71	5,16	4,38	4,43
<u>Solos com Pinus</u>						
pH - PCZ (A)	0,65	0,45	0,45	0,43	0,37	0,30
HCl (meq/100g) (B)	5,44	3,92	3,52	3,20	3,18	3,12
B/A	8,33	8,71	7,82	7,44	8,59	10,40
<u>Solo com mata</u>						
pH - PCZ (A)	0,82	0,62	0,61	0,53	0,50	0,41
HCl (meq/100g) (B)	7,04	5,20	5,20	4,16	3,52	2,95
B/A	8,59	8,39	8,52	7,85	7,04	7,22

Para todas as titulações, a solução de NaCl 1N apresentou curvas que não atingiram o ponto de carga zero (Figura 1), provavelmente em razão de sua concentração de Na estar tão alta, para esse solo, de baixa atividade, que ocupou a maioria dos pontos possíveis na superfície da fase sólida, deslocando maior quantidade de H^+ para a solução, baixando com isso o pH mais do que nas outras soluções. Há citações com essa possibilidade, até com a ocorrência de dois valores de PCZ para soluções mais ou menos concentradas (9). Segundo RAIJ (8), a solução salina mais concentrada diminui o cancelamento mútuo de cargas positivas e negativas das duplas camadas, já que a influência da carga da dupla camada difusa no interior da fase líquida diminui com o aumento da concentração da solução.

As cargas negativas desse solo são predominantemente variáveis, isto é, pH dependentes. Essa é uma característica dos solos de regiões tropicais úmidas, onde as possíveis cargas negativas permanentes não ocorrem ou são neutralizadas (10). Uma determinação de PCZ dessa natureza envolve algumas dificuldades peculiares: o PCZ não ocorre num ponto exato de pH, mas numa faixa de alguns décimos de unidade, o que é comum nessa técnica; os colóides do solo são considera-

dos apenas de interface reversível e a lavagem prévia para a remoção de cátions, se, por um lado, evita uma subestimação do PCZ, por outro, altera algumas condições naturais do material do solo (9).

As diferenças entre o pH em água e o PCZ (Quadro 6) foram todas menores que a unidade, o que prova não haver necessidade de modificar a técnica utilizada (12). Essas diferenças também diminuem com a profundidade, para as três coberturas, o que é outra indicação de que a carga líquida negativa diminui com a profundidade e, o que é muito importante, o solo com mata tem mais carga líquida negativa, visto apresentar diferenças maiores.

A relação entre o consumo de HCl e a diferença entre o pH em água e o PCZ (Quadro 6) indicam que, para atingir o mesmo PCZ, na mesma camada, as amostras partiram de valores de pH diferentes, consumindo quantidades de ácido também diferentes. O solo com eucalipto exigiu menor quantidade de ácido, em razão do menor poder tampão, o que parece estar correlacionado com um teor de matéria orgânica mais baixo.

O solo estudado apresenta baixo valor de carga negativa líquida, o que se verifica por meio de sua análise química (Quadro 1) e pelas diferenças entre o pH em água e o PCZ (Quadro 6). Essas cargas negativas líquidas estão relacionadas com o teor de matéria orgânica, diminuindo com a profundidade. O ponto de carga zero, para as três coberturas florestais, foi praticamente o mesmo para idênticas profundidades e aumentou com a profundidade (Quadro 5).

O manejo desse solo, com distintas espécies florestais, até o 17.º ano, modificou, embora em pequena escala, o balanço de cargas elétricas, provavelmente por causa das alterações relativas à matéria orgânica. Encontrou-se, em ordem decrescente de cargas negativas líquidas, a seqüência mata, *pinus* e eucalipto.

4. RESUMO

Amostras retiradas de seis profundidades, num Latossolo Vermelho-Amarelo, tendo mata secundária, eucalipto e *pinus* como cobertura florestal, foram submetidas à avaliação de cargas elétricas, mediante a titulação potenciométrica. Ficou evidenciado que esse solo apresenta pouca carga negativa líquida, correlacionada com o teor de matéria orgânica, a qual diminui com a profundidade. O PCZ não variou, conforme as coberturas, e a carga negativa líquida decresceu na seguinte ordem: mata, *pinus* e eucalipto.

5. SUMMARY

(ELECTRICAL CHARGES IN A RED-YELLOW LATOSOL UNDER DIFFERENT FOREST COVERS)

The electrical charges of Red-Yellow Latosol samples, collected at six depths from areas covered with a second generation natural forest and 17-year old pine and eucalyptus plantations, at Viçosa, Minas Gerais, were evaluated in the laboratory by potentiometric titration. The samples showed a small net negative charge, correlated with their organic matter contents, which decreased with depth. The zero point of charge (ZPC) value did not vary among the covers and the net negative charge decreased in the following order: natural forest, pine and eucalyptus.

6. LITERATURA CITADA

1. ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in a *E. obliqua* (L'Hérit) forest. In: IV — Nutrient uptake and nutrient return. *Aust. J. Bot.* 28:199-222, 1980.
2. BOHN, H.L.; McNEAL, B.L. & O'CONNOR, G.A. *Soil Chemistry*. New York, John Wiley & Sons, 1979. 329 p.
3. BOLT, G.H. & BRUGGENWERT, M.G.M. *Soil Chemistry*. New York, Elsevier Scientific Publishing Co., 1978. 272 p.
4. EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1979 (s.n.p.).
5. KREBS, J.E. A comparison of soil under agriculture and forests in San Carlos, Costa Rica. In: Golley, F.B. & Medina, E. (eds.). *Tropical ecological systems. Trends in terrestrial and aquatic research*. New York, Spring-Verlag, 1975, p. 381-390.
6. LEPSCH, I.F. Influência do cultivo de Eucalyptus e Pinus nas propriedades químicas de solos de cerrado. *Rev. Bras. Ci. Solo*, 4:103-106, 1980.
7. MOURA FILHO, W. *Métodos de campo e laboratório. Levantamento e física de solos*. 1.^a aproximação. Viçosa, Escola Superior de Agricultura, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1964. 25 p. (mimeografado).
8. RAIJ, B. van. Determinação de cargas elétricas em solos. *Bragantia* 32:171-183, 1973.
9. RAIJ, B. van. Determinação do ponto de carga zero em solos. *Bragantia* 32: 337-347, 1973.
10. RAIJ, B. van. & PEECH, M. Electrochemical properties of some oxisols and alfisols of the tropics. *Proc. Soil Sci. Soc. Amer.*, 36:552-587, 1972.
11. SUMMER, M.E. & DAVIDTZ, J.C. Positive and negative charges in some Natal soils. *Afr. J. Agric. Sci.*, 8:1045-1050, 1965.
12. UEHARA, G. & GILLMAN, G. *The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays*. Boulder, Westview Press, 1981. 170 p.