

# FIXAÇÃO DE FÓSFORO EM SOLOS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO<sup>1</sup>

DEJAIR LOPES DE ALMEIDA<sup>2</sup> e ARY CARLOS X. VELLOSO<sup>3</sup>

**RESUMO** - Num experimento de laboratório foi estudada a capacidade de fixação de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro. Os solos foram equilibrados com soluções de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $10^{-3}\text{M}$  e o fósforo fixado foi determinado pela diferença entre as concentrações inicial e final da solução em equilíbrio. Considerando todos os solos, a variação na capacidade de retenção foi de 0,05 a 1,89 mmol/100 g de solo, o que corresponde às percentagens, de 1,0 a 37,8% do fósforo aplicado, com médias de 23,5% para os Latossolos Vermelho-Amarelos, 21,5% para os Hidromórficos e Aluviais, 16,3% para os Podzólicos Vermelho-Amarelos e 4,7% para os derivados de sedimentos do terciário (solos de tabuleiro). Os valores de fixação, em percentagem, foram correlacionados com características químicas e físicas dos solos. Correlações lineares altamente significativas foram obtidas com o conteúdo de argila, equivalente de umidade, matéria orgânica, oxí-hidróxidos de ferro e alumínio e pH em KCl.

Termos para indexação: capacidade de retenção, Latossolos Vermelho-Amarelos, solos de tabuleiro.

## PHOSPHATE FIXATION IN SOILS FROM THE STATE OF RIO DE JANEIRO

**ABSTRACT** - The fixation of phosphate was studied using samples of forty soils from the state of Rio de Janeiro. The soils were equilibrated with solution of  $\text{KH}_2\text{PO}_4$   $10^{-3}\text{M}$ , and the fixed phosphate were determined by the difference between the initial and final concentration of solution. The phosphate fixation varied from 0.05 to 1.89 mmols/100 g of soil. These limits corresponded to 1 to 37,8% of the applied phosphate, respectively, with averages of 23.5% for the Red-Yellow Latosols, 21.5% for the Hydromorphics and Alluvials, 16.3% for the Red-Yellow Podzolics and 4.7% for the soils derived from the sediments of the tertiary ("Tabuleiro" soils). The phosphate fixation values, in percentage, were closely correlated with the amounts of clay, moisture, organic matter, oxy-hydroxyds of aluminum and pH in KCl.

Index terms: retention capacity, Yellow Red Latosols, "tabuleiro" soils.

## INTRODUÇÃO

O fósforo é um dos elementos mais limitantes de grande maioria dos solos tropicais altamente intemperizados, como os Latossolos e Podzólicos. A alta capacidade de fixação de fosfatos destes solos, em forma não prontamente disponíveis para as plantas, apresenta sérios problemas agrônômicos e de grande importância econômica.

Os íons fosfato, que são liberados através da decomposição da matéria orgânica, da ação do intemperismo e da dissolução de fertilizantes, sofrem no solo reações de adsorção e precipitação. Os

compostos de fósforo de solubilidade reduzida, de importância relevante no solo, são os de magnésio, de cálcio, de alumínio e de ferro. Mesmo na ausência de íons capazes de precipitar o fosfato, este será ainda removido da solução, através da adsorção na superfície das partículas do solo, tais como: argilas silicatadas e oxí-hidróxidos de ferro e de alumínio. A adsorção é fenômeno predominante em concentração de fosfato baixa a média (Mujalidi et al. 1966).

Para a determinação da quantidade de fosfato fixado pelo solo, têm-se utilizado várias técnicas. A medida através do decréscimo da concentração de fósforo de uma solução equilibrada com o solo é o método mais usado.

Roeder & Bornemisza (1968), analisando solos altamente intemperizados do Maranhão, encontraram valores de retenção do fósforo que oscilaram entre 84,2 e 91,6%. Fassbender (1969), trabalhando com oito solos da Amazônia, verificou valores de retenção entre 26,8 e 51,6% que apresentaram correlação significativa com a percentagem de

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 10 de fevereiro de 1982.

Parte do trabalho de Tese do primeiro autor para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Depart. de Solos - Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, MSc., EMBRAPA/PESAGRO-RIO, Estação Experimental de Itaguai - km 47 da estrada Rio-São Paulo, CEP 23460, Seropédica, RJ.

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Livre Docente Prof. do Depart. de Solos da UFRRJ, km 47, estrada Rio-São Paulo, CEP 23460, Seropédica, RJ.

carbono, de argila e de  $Al_2O_3$ . Leal & Velloso (1973), trabalhando com nove solos de Cerrado, encontraram valores de retenção máxima de P que variam entre 23 e 70 mg/100 g de solo, que se correlacionaram significativamente com a percentagem de carbono, de argila e de  $Al_2O_3$ . Trabalhos realizados na Seção de Solos do ex-IPEACS (resultados não publicados) mostraram que, para 20 solos estudados, usando o método preconizado por Waugh & Fitts (1966), a fixação foi de 20 a 84% do fósforo aplicado.

O presente trabalho teve como objetivo conhecer a capacidade de fixação de fosfato em solos do Estado do Rio de Janeiro e os seis fatores responsáveis.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Solos

Os solos empregados neste estudo foram dez Podzólicos Vermelho-Amarelos, nove Latossolos Vermelho-Amarelos, dez solos Podzólicos Vermelho-Amarelo-Latossólicos de tabuleiro desenvolvidos de sedimentos do terciário, nove Hidromórficos e Aluviais e dois Brunizens, todos coletados no Estado do Rio de Janeiro. O trabalho foi conduzido em amostras compostas, coletadas até a profundidade de 20 cm. As análises químicas e físicas foram realizadas pelos métodos descritos no Manual de Métodos de Análises do Solo (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1979).

### Fixação de fósforo

Um grama de solo foi agitado com 50 ml de solução de  $KH_2PO_4$   $10^{-3}M$  e  $0,02M$  em KCl, utilizando-se um agitador rotativo. Após 18 horas de agitação, determinou-se o pH da solução em equilíbrio. Em seguida, as amostras foram centrifugadas e o fosfato analisado na solução em equilíbrio. O fosfato fixado foi calculado pela diferença entre a concentração inicial e a final da solução em equilíbrio. Para dosagem do fósforo, usou-se o método colorimétrico do molibdato de amônio reduzido pelo ácido ascórbico, em meio sulfúrico, descrito no Manual de Métodos de Análise de Solos (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1979).

## RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Para a apresentação dos resultados, os solos foram agrupados tomando-se como critério sua classificação. Os resultados das análises químicas e físicas encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Os resultados da Tabela 3 mostram que houve

grande variabilidade na capacidade de fixação; o maior número de amostras apresentou fixação entre 15 e 30% (0,75 a 1,50 mmol/100 g), com exceção dos solos derivados de sedimentos terciários, que praticamente não fixaram fosfato. Considerando os 40 solos estudados, a variação foi de 1,0 a 37,8% (0,05 a 1,89 mmol/100 g), com médias de 16,3% (0,81 mmol/100 g) para os PVA, 23,5% (1,17 mmol/100 g) para os LVA, 4,7% (0,24 mmol/100 g) para os terciários, 21,5% (1,06 mmol/100 g) para Hidromórficos e Aluviais e 11,6% (0,58 mmol/100 g) para os Brunizens. Como pode ser observado, o grupo com maior capacidade de fixação foi o dos LVA. Os Hidromórficos e Aluviais e PVA ficaram como grupos intermediários.

A capacidade de fixação de fosfato tem sido associada com o pH e com os teores de matéria orgânica, argila, ferro e alumínio. Os resultados do estudo da correlação destes fatores com o P fixado são apresentados em seguida.

### Carbono x fixação de fosfato.

O papel da matéria orgânica na fixação de fosfato é salientado por alguns autores (Fassbender 1969, Leal & Velloso 1973). Para o conjunto dos solos estudados (Tabela 4), encontrou-se correlação significativa ao nível de 1% ( $r = 0,603$ ). Quanto ao grupo de solos isolados, obteve-se uma correlação elevada no caso dos LVA, com  $r = 0,903$ , e não significativa para os Hidromórficos e Aluviais ( $r = 0,201$ ).

A matéria orgânica, segundo Rennie & Mckercher (1959), parece ser tão importante quanto a argila no estabelecimento da capacidade de adsorção de fosfatos pelos solos. Fassbender (1966) encontrou valores mais elevados de constantes de energia de retenção de fosfatos (K) para solos de maior teor de matéria orgânica, embora a relevância destas constantes seja questionável para estudos de adsorção de P em solos.

### Argila x fixação de fosfato.

Os coeficientes de correlação apresentados na Tabela 4 indicam uma associação significativa entre o conteúdo de argila e a fixação de fosfato, sendo maior para o grupo dos Podzólicos. Estes valores divergem dos encontrados por Fassbender (1969) que, trabalhando com 107 solos da Améri-

TABELA 1. Resultados das análises químicas de solos do Estado do Rio de Janeiro.

Grupos	Solos	Nº	Local	pH				mE/100 gramas de solo										V (%)	MO (%)
				H <sub>2</sub> O	KCl	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	T						
PVA	01	Natividade	5,5	4,7	2,11	1,08	0,18	0,03	3,40	0,05	3,06	7,11	47,81	1,54					
	02	B.J. Itabapoana	5,9	4,9	3,30	4,01	0,35	0,04	7,70	0,00	3,02	10,72	71,83	2,23					
	03	Stº Eduardo	6,0	5,2	1,51	1,51	0,43	0,03	3,48	0,00	2,09	5,56	62,59	0,89					
	04	Miracema	6,0	5,1	3,47	1,92	0,46	0,03	5,88	0,00	3,09	9,77	60,18	1,93					
	05	Itaocara	6,1	5,3	2,62	1,21	0,98	0,03	4,84	0,00	2,12	6,96	69,54	1,41					
	06	Valença	5,7	4,7	2,92	2,41	0,16	0,03	5,52	0,05	4,61	10,18	54,22	2,49					
PVA-L	07	P. do Sul	5,3	4,3	1,06	0,50	0,13	0,02	1,71	0,30	3,79	5,80	29,48	1,25					
	08	P. do Sul	5,6	4,6	3,10	1,88	0,26	0,03	5,27	0,05	4,70	10,02	52,59	2,74					
	09	Itaguaí	5,8	4,8	3,17	2,10	0,22	0,04	5,53	0,00	3,37	8,90	62,13	1,90					
	10	P. do Sul	5,2	4,1	0,81	0,66	0,17	0,02	1,66	0,61	5,22	7,49	22,16	1,83					
	11	Natividade	5,0	4,0	0,74	0,63	0,20	0,02	1,59	1,00	8,17	10,76	14,78	3,06					
	12	Porciúncula	5,1	4,2	0,92	1,18	0,13	0,02	2,25	0,36	4,39	7,00	32,14	1,90					
LVA	13	Italva	5,9	5,2	3,18	1,59	0,21	0,01	4,99	0,05	2,62	7,66	65,14	1,64					
	14	Miracema	5,7	4,8	2,40	0,78	0,09	0,01	3,28	0,01	3,94	7,32	44,81	2,26					
	15	Cantagelo	5,5	4,3	2,04	1,02	0,09	0,02	3,17	0,10	4,20	7,57	41,87	1,90					
	16	Bom Jardim	5,6	4,5	1,75	0,83	0,20	0,01	2,79	0,20	3,69	6,58	42,40	1,49					
	17	Valença	5,4	4,4	2,08	1,66	0,40	0,02	4,16	0,10	5,23	9,49	43,83	2,74					
	18	Piraf	4,2	3,4	0,35	0,20	0,16	0,03	0,74	2,74	11,93	15,41	4,80	3,27					
Terciário	19	Miagá	5,1	4,1	1,85	0,77	0,16	0,02	2,80	0,77	7,99	11,56	24,22	3,57					
	20	Campos	5,7	5,3	5,90	1,17	0,33	0,02	7,42	0,05	2,76	10,23	75,53	2,42					
	21	Campos	5,2	4,2	1,74	0,82	0,22	0,01	2,79	0,15	4,23	7,17	38,91	1,59					
	22	Campos	5,6	4,8	2,92	1,28	0,28	0,02	4,50	0,05	3,72	8,27	54,41	1,86					
	23	Campos	5,2	4,4	1,15	0,60	0,15	0,01	1,91	0,10	2,19	4,20	45,48	0,88					
	24	Campos	5,7	4,7	0,90	0,55	0,10	0,01	1,56	0,00	1,65	3,21	48,60	0,77					
Terciário	25	Campos	5,9	4,9	1,52	0,91	0,36	0,02	2,81	0,00	2,17	4,98	56,42	1,67					
	26	Campos	5,4	4,4	2,18	1,37	0,14	0,03	3,72	0,10	4,25	8,07	46,10	1,78					
	27	Campos	5,6	4,6	1,22	0,92	0,09	0,01	2,24	0,05	3,78	6,07	36,90	0,84					
	28	Campos	4,9	4,0	1,31	0,86	0,18	0,01	2,36	0,35	4,61	7,32	32,24	1,67					
	29	Campos	5,3	4,3	0,70	0,25	0,09	0,01	1,05	0,15	2,23	3,43	30,61	0,88					
	30	Natividade	5,3	4,3	2,17	1,66	0,09	0,01	3,93	0,31	4,27	8,51	46,18	1,18					
AL	31	Natividade	5,7	4,8	2,60	2,25	0,30	0,01	5,16	0,05	3,62	8,83	58,44	1,90					
	32	Porciúncula	5,9	4,9	3,07	2,03	0,34	0,03	5,47	0,00	3,85	9,32	58,69	2,15					
	33	Italva	5,9	4,0	2,23	1,92	0,20	0,04	4,39	0,00	3,01	7,40	59,32	0,99					
	34	Itaocara	5,8	4,7	9,87	5,88	0,44	0,14	16,33	0,00	6,41	22,74	71,81	3,34					
	35	Porciúncula	5,8	4,5	3,37	2,04	0,18	0,17	5,76	0,05	4,34	10,15	56,75	1,43					
	36	Pádua	5,5	4,4	2,55	1,17	0,18	0,10	4,00	0,10	4,36	8,46	47,28	1,11					
Planossolo	37	Itaocara	6,2	5,6	6,41	6,25	1,05	0,19	13,90	0,00	3,04	16,94	82,05	3,26					
	38	Natividade	5,4	4,2	0,65	0,60	0,12	0,05	1,47	0,10	1,91	3,48	42,24	0,57					
	B. Pardo	39	B.J. Itabapoana	6,2	5,2	3,47	2,85	0,90	0,02	7,19	0,00	3,07	10,26	70,08	1,85				
	B. Avermelhado	40	Cantagelo	6,0	5,1	3,74	2,08	0,14	0,02	5,98	0,00	3,08	9,06	66,00	2,31				

TABELA 2. Algumas características físicas e químicas de solos do Estado do Rio de Janeiro.

Solos			Equiv.	Argila	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup>	SiO <sub>2</sub> <sup>+</sup>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup>
Grupo	Nº	Local	unidade (%)	(%)	(%)	(%)	(%)
PVA	01	Natividade	19,13	33,6	7,16	13,01	12,47
	02	B.J. Itabapoana	20,33	25,2	4,02	12,39	12,20
	03	Stº Eduardo	8,55	13,3	1,41	5,29	5,91
	04	Miracema	20,94	31,8	6,84	12,50	12,42
	05	Itaocara	11,80	17,1	2,67	8,34	7,20
	06	Valença	19,66	32,7	4,72	13,32	17,17
	07	Paraíba do Sul	16,56	29,0	5,20	10,33	13,64
	08	Paraíba do Sul	21,76	33,2	5,19	14,60	12,40
	09	Itaguaí	18,06	24,3	3,73	11,68	10,82
PVA-L	10	Paraíba do Sul	19,63	35,8	7,19	13,97	15,62
LVA	11	Natividade	25,02	48,8	6,95	16,53	18,27
	12	Porciúncula	20,21	35,0	5,17	14,34	14,36
	13	Italva	14,66	29,7	3,90	12,45	11,77
	14	Miracema	20,87	31,1	6,63	13,25	13,57
	15	Cantagalo	26,30	34,8	1,94	21,06	18,99
	16	Bom Jardim	15,34	23,0	3,81	9,44	11,82
	17	Valença	25,08	49,2	8,21	20,66	18,42
	18	Piraí	26,40	51,6	8,45	16,49	17,93
	19	Magé	29,72	45,0	9,12	15,42	19,97
	Terciário	20	Campos	13,07	20,0	2,34	9,14
21		Campos	14,27	29,4	2,31	11,67	11,52
22		Campos	11,49	21,1	1,79	7,76	8,89
23		Campos	7,92	13,7	1,36	4,66	5,76
24		Campos	5,58	9,9	1,20	3,32	4,59
25		Campos	7,88	11,7	1,42	5,37	6,12
26		Campos	13,50	31,1	2,73	12,30	11,62
27		Campos	8,32	16,4	1,68	6,96	7,79
28		Campos	12,32	24,1	2,33	9,74	10,35
29		Campos	7,06	13,8	1,00	6,09	6,14
AL	30	Natividade	17,16	25,7	4,30	11,79	9,51
	31	Natividade	25,10	38,8	6,48	20,29	18,09
	32	Porciúncula	24,44	34,7	4,26	17,79	16,96
	33	Italva	20,96	30,0	5,32	13,71	12,93
	34	Itaocara	40,83	58,7	10,79	29,30	24,48
GS	35	Porciúncula	24,19	28,5	5,06	15,26	11,61
	36	Pádua	21,70	22,9	4,13	15,78	10,52
	37	Itaocara	32,12	29,3	5,78	20,88	16,48
Planossolo	38	Natividade	8,80	7,1	1,41	5,00	3,85
B. Pardo	39	B.J. Itabapoana	14,05	13,6	3,72	7,66	5,33
B. Avermalhado	40	Cantagalo	21,08	27,1	7,95	11,93	11,14

+ Extração da TFSA com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d= 1,47)

TABELA 3. Capacidade de fixação de fosfato em solos do Estado do Rio de Janeiro.

Grupos	Solos		p fixado	
	Nº	Local	mmol/100 g	% do aplicado
PVA	01	Natividade	0,93	18,5
	02	B.J. Itabapoana	0,67	13,4
	03	Stº Eduardo	0,15	3,0
	04	Miracema	1,00	20,2
	05	Itaocara	0,40	8,1
	06	Valença	0,92	18,5
	07	Paraíba do Sul	0,96	19,2
	08	Paraíba do Sul	1,07	21,4
	09	Itaguaí	0,74	14,8
PVA-L	10	Paraíba do Sul	1,31	26,3
LVA	11	Natividade	1,76	35,3
	12	Porciúncula	0,96	19,4
	13	Italva	0,36	7,2
	14	Miracema	1,17	23,5
	15	Cantagalo	0,92	18,4
	16	Bom Jardim	0,77	15,5
	17	Valença	1,06	21,3
	18	Piraf	1,88	37,7
	19	Magé	1,67	33,5
Terciário	20	Campos ( * )	—	—
	21	Campos	0,33	6,7
	22	Campos	0,28	5,6
	23	Campos	0,10	2,0
	24	Campos	0,05	1,0
	25	Campos	0,10	2,0
	26	Campos	0,27	5,6
	27	Campos	0,15	3,0
	28	Campos	0,56	11,1
	29	Campos	0,28	5,5
AL	30	Natividade	1,24	24,9
	31	Natividade	0,91	18,4
	32	Porciúncula	0,59	12,0
	33	Italva	1,08	21,8
	34	Itaocara	1,89	37,8
GS	35	Porciúncula	1,56	31,2
	36	Pádua	1,39	28,0
	37	Itaocara	0,63	12,6
Planossolo	38	Natividade	0,35	7,0
Brunizen	39	B.J. Itabapoana	0,33	6,6
	40	Cantagalo	0,83	16,6

(\*) Não se estudou a capacidade de fixação de P neste solo devido ao elevado teor de P extraível.

TABELA 4. Coeficientes de correlação linear entre algumas variáveis de solos do Estado do Rio de Janeiro e a % de P fixado.

Variáveis	Coeficientes de correlação nos diferentes grupos de solos				
	Todos	P.V.A.	L.V.A.	Terciário	Hidromórficos e Aluviais
Matéria orgânica	0,603**	0,542	0,903**	0,551	0,201
Eq. umidade	0,806**	0,841**	0,760**	0,719*	0,525
Argila	0,804**	0,964**	0,787**	0,690**	0,597
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup>	0,838**	0,903**	0,745*	0,716*	0,669*
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>+</sup>	0,751**	0,950**	0,699*	0,739**	0,406
pH (H <sub>2</sub> O)	-0,361*	-0,744**	-0,827**	-0,747**	-0,089
pH (KCl)	-0,423**	-0,794**	-0,839**	-0,742**	-0,243

+ Extração da TFSA com H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (d = 1,47).

ca Central, não encontrou nenhuma associação entre teor de argila e fósforo fixado. No entanto, tal associação está de acordo com a maioria dos trabalhos relacionados com o assunto, que mostram ser a adsorção de fosfato estreitamente relacionada com o teor da argila dos solos. Sá Junior et al. (1968) constataram que os solos de textura argilosa de Pernambuco apresentaram adsorção máxima de fosfato superior aos de textura arenosa. Estes autores, usando o equivalente de umidade como uma expressão do fenômeno de superfície dos solos, demonstraram existir correlação entre aquela constante de umidade e a adsorção de fosfato dos solos. Leal & Velloso (1973), trabalhando com nove Latossolos sob vegetação de Cerrado, encontraram correlação linear altamente significativa entre o teor de argila e a adsorção máxima de fosfato dos solos.

#### pH x fixação de fosfato.

Considerando todos os solos, o coeficiente de correlação encontrado foi de 0,423, indicando uma associação significativa ao nível de 1% entre pH e P fixado. Coeficientes mais elevados foram encontrados quando se fez análise por grupo de solo, com exceção para os Hidromórficos e Aluviais, que não apresentaram correlação significativa. Observou-se que o pH em KCl se correlaciona melhor com o fósforo fixado do que o pH em água.

#### Ferro e alumínio total x fixação de fosfato.

De acordo com os coeficientes de correlação

encontrados, os conteúdos de ferro e alumínio totais se associam bem com o fosfato fixado. Para o conjunto dos solos estudados, encontram-se coeficientes de correlação de 0,828 e 0,751, para ferro e alumínio, respectivamente. Para o grupo que representa os Podzólicos, maiores valores de "r" foram encontrados. Apenas o grupo dos Hidromórficos e Aluviais apresenta valores "r" inferiores; porém a correlação ainda foi adequada para ferro e não significativa para alumínio. Os maiores índices de correlação obtidos com o ferro talvez possam ser explicados pelo fato do alumínio total englobar aquele alumínio que normalmente é constituinte das argilas.

#### REFERÊNCIAS

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979.
- FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos en suelos fuertemente ácidos y su evaluación usando la isoterma de Langmuir. *Fitotec. Latinoam.*, 3(1/2): 203-16, 1966.
- FASSBENDER, H.W. Retención y transformación de fosfatos en ocho Latossolos de la Amazonia del Brasil. *Fitotec. Latinoam.*, 6(1): 1-9, 1969.
- LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Adsorção de fosfato em Latossolos sob vegetação de cerrado. *Pesq. agropec. bras.*, Sér. Agron., 8: 81-8, 1973.
- MUJALDI, D.; POSNER, A.M. & QUIRK, J.P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudoboehmite. I. The isotherms

- and the effect of pH on adsorption. *J. Soil Sci.*, **17**: 212-29, 1966.
- RENNIE, D.A. & MCKERCHER. Adsorption of phosphorus by four Saskatchewan soils. *Can. J. Soil Sci.*, **39**: 64-75, 1959.
- ROEDER, M. & BORNEMISZA, E. Algunas propiedades de suelos de la región Amazónica del Estado de Maranhão, Brasil. *Turrialba*, **18**(1): 39-44, 1968.
- SÁ JUNIOR, J.P.M.; GOMES, I.F. & VASCONCELLOS, A.L. Retenção de fósforo em solos da zona da Mata de Pernambuco. *Pesq. agropec. bras.*, **3**: 193-88, 1968.
- WAUGH, D.L. & FITTS, J.W. Estudos para interpretação de análise de solo: de laboratório e em vasos. s.l. North Carolina State University and International Soil Testing., 1966. 33p. (Boletim Técnico, 3).