

FÓSFORO EM DOIS LATOSSOLOS DO ESTADO DE MATO GROSSO: II-
DESSORÇÃO DE FOSFATOS*.

Carlos Alberto Vasconcelos
José Mário Braga
Roberto Ferreira de Novais
Onofre C.B. Pinto**

1. INTRODUÇÃO

O solo, considerado como um sistema dinâmico, está constituído por quatro fases básicas (sólida, líquida, gasosa e biológica) e as interações entre si.

Quando se faz uma adubação fosfatada, verifica-se a rápida transformação do adubo solúvel em formas menos solúveis, tais como: fosfatos de ferro, alumínio, cálcio, formas biológicas etc.

Simplificadamente, pode-se representar o fenômeno do modo indicado na seguinte equação:



Estas transformações podem ser caracterizadas tanto pelo fenômeno da adsorção quanto da absorção, precipitação, substituições isomórficas etc. sendo, frequentemente, o termo sorção utilizado como termo coletivo para as reações de adsorção e absorção (8).

Na literatura, há diversos exemplos indicando a adequação quantitativa, (não qualitativa), da Isoterma de Langmuir na descrição da sorção de fosfatos por constituintes do solo.

Apesar de algumas limitações relativas ao pH da solução de equilíbrio (1, 8) e outras limitações propostas por LARSEN (8), VASCONCELOS *et alii* (12) obtiveram, concomitantemente com a literatura, resultados quantitativamente favoráveis ao em-

* Parte da Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como um dos requisitos para obtenção do grau de "Magister Scientiae".

Aceito para publicação em 18-03-1975.

** Respectivamente, Eng^o-Agrônomo do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Oeste, Mato Grosso, (Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas); Professor Adjunto e Professores Assistentes da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

prego da Isoterma de Langmuir em Latossolos (Oxisols) de Mato Grosso. Todavia, é de interesse agrônomo o estudo da dessorção, objetivando-se conhecer a capacidade do solo em fornecer o fósforo à solução do solo.

Estudos da reversibilidade da isoterma de adsorção, em função da concentração de fosfatos, realizados por MULJADI *et alii* (11), permitiram observar que a adsorção nas regiões II e III dessa isoterma, são reversíveis para a caulinita. Esta reversibilidade decresce em importância para a bibsitá e a pseudobehmita.

LEAL (9), em solos sob vegetação de cerrado, chegou a conclusões semelhantes. Todavia, FASSBENDER (5) salienta que, apesar destas adequações da dessorção de fosfatos à isoterma de Langmuir, em virtude da interferência de outras reações, não há possibilidade de uma descrição total e exata do fenômeno.

No presente trabalho, procurou-se estudar a problemática da dessorção do fósforo sorvido em função de soluções de equilíbrio com concentrações e com pH variáveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois Latossolos (Oxisols), descritos em trabalho anterior (12).

A determinação da dessorção em função do pH e de níveis de P aplicado foi caracterizada através do equilíbrio de 2,5 gramas de solo, em três extrações sucessivas, com 25 ml de solução em KCl 0,01 M, após período de agitação de 9 horas em agitador do tipo Wagner. Em cada extração a solução sobrenadante foi retirada e analisada para fósforo, de acordo com BRAGA e DEFELIPO (3).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os valores obtidos para a dessorção de fósforo através de solução de KCl 0,01M com diferentes pH, isto é, 6,0- 6,5 e 7,0 e pH natural do solo, efetuou-se a análise de variância para as três extrações sucessivas. Os resultados apresentados nos Quadros 1 e 2 demonstram efeitos altamente significativos para todos os componentes estudados nos dois solos.

Examinando os Quadros 3 e 4, verifica-se crescente reversibilidade do fósforo em relação à concentração para cada solo estudado, o que é comprovado estatisticamente pelo efeito significativo para P dessorvido. A medida que o solo se encontra mais saturado com fósforo, aumenta a dessorção, conforme tem sido comprovado por diversos autores, FASSBENDER (5), LEAL (9) e MULJADI *et alii* (11).

É oportuno salientar o comportamento distinto do LR e do LVE, no presente trabalho. O primeiro, apesar de apresentar maior capacidade de sorção, possui dessorção bem menor do que o LVE. Na concentração mais elevada a pH 7,0, apresentam valor de 91,79% (Quadros 5 e 6).

Nessas mesmas condições, o LR apresenta apenas 21,08% de fósforo dessorvido em relação ao total sorvido.

Resultados semelhantes, com baixa dessorção de fosfatos, foram encontrados por FASSBENDER (5) e LEAL (9).

QUADRO 1 - Análise de variância para os dados de três extrações sucessivas do fósforo sorvido, utilizando KCl 0,01 M em quatro níveis de pH no LVE

Fontes de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetição	1	$0,132227 \times 10^{-5}$	$0,132227 \times 10^{-5}$	2,23
P dessorvido	8	$0,190166 \times 10^{-1}$	$0,237708 \times 10^{-2}$	40166,20 ⁺⁺
pH	3	$0,630826 \times 10^{-4}$	$0,210275 \times 10^{-4}$	35,53 ⁺⁺
P des. x pH	24	$0,815074 \times 10^{-4}$	$0,339614 \times 10^{-5}$	5,74 ⁺⁺
Dessorção	2	$0,219502 \times 10^{-1}$	$0,109751 \times 10^{-1}$	18544,94 ⁺⁺
P des. x des.	16	$0,121713 \times 10^{-1}$	$0,760798 \times 10^{-3}$	1285,39 ⁺⁺
pH x des.	6	$0,469494 \times 10^{-3}$	$0,782490 \times 10^{-4}$	132,22 ⁺⁺
P des. x pH x des.	48	$0,304299 \times 10^{-3}$	$0,633957 \times 10^{-5}$	10,71 ⁺⁺
Erro	107	$0,633238 \times 10^{-4}$	$0,591811 \times 10^{-6}$	
Total	215	$0,541212 \times 10^{-1}$		

C.V. = 3,50 %

++ - significativo ao nível de 1%.

QUADRO 2 - Análise de variância para os dados de três extrações sucessivas de fósforo adsorvido utilizando KCl 0,01 M, em quatro níveis de pH, no LR

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F.
Repetição	1	$0,118519 \times 10^{-7}$	$0,118519 \times 10^{-7}$	0,73
P dessorvido	8	$0,587764 \times 10^{-1}$	$0,734706 \times 10^{-2}$	45234,95 ⁺⁺
pH	3	$0,106989 \times 10^{-3}$	$0,356632 \times 10^{-4}$	219,57 ⁺⁺
P dessorvido	24	$0,225442 \times 10^{-3}$	$0,939342 \times 10^{-5}$	57,83 ⁺⁺
Dessorção	2	$0,330630 \times 10^{-2}$	$0,165315 \times 10^{-2}$	10178,24 ⁺⁺
P des. x des.	16	$0,719274 \times 10^{-2}$	$0,449546 \times 10^{-3}$	2767,80 ⁺⁺
pH x des.	6	$0,101690 \times 10^{-3}$	$0,169484 \times 10^{-4}$	104,34 ⁺⁺
P des. x pH des.	48	$0,200278 \times 10^{-3}$	$0,417246 \times 10^{-5}$	25,69 ⁺⁺
Erro	107	$0,173790 \times 10^{-4}$	$0,162320 \times 10^{-6}$	
Total	215	$0,699273 \times 10^{-1}$		

C.V. = 3,10%

++ - significativo ao nível de 1%.

QUADRO 3 - Resultados obtidos para 3 dessorções sucessivas com KCl 0,01 M em quatro níveis de pH no Latossolo Vermelho Escuro, textura média⁺

P Adicio- nado ppm	1ª Dessorção					2ª Dessorção					3ª Dessorção				
	pH					pH					pH				
	4,9	6,0	6,5	7,0		4,9	6,0	6,5	7,0		4,9	6,0	6,5	7,0	
	mg de P/g de solos														
5,00	0,004	0,004	0,006	0,005	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	0,002
5,00	0,004	0,004	0,006	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002
10,00	0,010	0,010	0,012	0,011	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004
10,00	0,010	0,010	0,012	0,011	0,004	0,004	0,004	0,004	0,005	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004
15,00	0,017	0,017	0,019	0,019	0,006	0,006	0,010	0,005	0,006	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
15,00	0,017	0,017	0,019	0,019	0,007	0,007	0,011	0,005	0,006	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004
30,00	0,025	0,025	0,031	0,027	0,010	0,010	0,016	0,009	0,008	0,005	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005
30,00	0,025	0,025	0,031	0,027	0,010	0,010	0,016	0,009	0,009	0,005	0,005	0,005	0,004	0,006	0,006
45,00	0,034	0,036	0,038	0,036	0,012	0,012	0,020	0,010	0,012	0,006	0,006	0,006	0,005	0,007	0,007
45,00	0,036	0,038	0,038	0,036	0,012	0,012	0,017	0,009	0,010	0,006	0,006	0,006	0,004	0,006	0,006
60,00	0,047	0,043	0,047	0,047	0,014	0,014	0,022	0,011	0,012	0,007	0,007	0,006	0,006	0,009	0,009
60,00	0,041	0,045	0,045	0,045	0,013	0,013	0,022	0,010	0,013	0,007	0,007	0,007	0,005	0,007	0,007
75,00	0,050	0,050	0,054	0,052	0,015	0,015	0,024	0,013	0,013	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,008
75,00	0,052	0,050	0,054	0,052	0,015	0,015	0,023	0,012	0,013	0,007	0,007	0,007	0,006	0,008	0,008
90,00	0,057	0,052	0,060	0,060	0,015	0,015	0,027	0,014	0,014	0,009	0,009	0,007	0,007	0,009	0,009
90,00	0,057	0,055	0,060	0,060	0,016	0,016	0,026	0,014	0,016	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,009

+ - A análise de variância foi efetuada usando-se o nível de 0,0 ppm de fósforo adicionado e com 4 números na casa decimal.
Os teores de fósforo sorvido podem ser encontrados em VASCONCELOS *et alii* (12)

QUADRO 4 - Resultados obtidos para três dessorções sucessivas com KCl 0,01 M em quatro níveis de pH do Latossolo Roxo

P Adicio- nado ppm	1ª Dessorção				2ª Dessorção				3ª Dessorção			
	pH				pH				pH			
	5,2	6,2	6,5	7,0	5,2	6,0	6,5	7,0	5,2	6,0	6,5	7,0
mg P/g de solo												
5,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30,00	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002
30,00	0,003	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
45,00	0,012	0,012	0,015	0,013	0,013	0,010	0,010	0,012	0,007	0,008	0,008	0,008
45,00	0,012	0,012	0,014	0,013	0,010	0,010	0,010	0,012	0,007	0,008	0,008	0,009
60,00	0,029	0,027	0,031	0,029	0,019	0,019	0,019	0,024	0,015	0,016	0,016	0,016
60,00	0,027	0,028	0,031	0,030	0,019	0,020	0,020	0,022	0,015	0,014	0,016	0,016
75,00	0,045	0,045	0,053	0,048	0,028	0,031	0,031	0,037	0,022	0,022	0,025	0,024
75,00	0,045	0,045	0,052	0,049	0,029	0,031	0,031	0,036	0,022	0,022	0,023	0,024
90,00	0,065	0,065	0,081	0,070	0,038	0,039	0,040	0,046	0,027	0,028	0,031	0,030
90,00	0,065	0,065	0,081	0,070	0,038	0,039	0,040	0,046	0,028	0,029	0,031	0,030

OBS.: A análise de variância foi efetuada usando o nível de 0 ppm de P adicionado e com 4 nú-
meros na casa decimal.
Os teores de fósforo sorvido podem ser encontrados em VASCONCELOS *et alii* (12).

QUADRO 5 - Resultados obtidos para o total de fósforo dessorvido e sua relação em função do total sorvido, em quatro níveis de pH no Latossolo Roxo, distrípico

P Adicio- nado ppm	Total dessorvido mg P/g					% de P dessorvido em função de P sorvido					pH		
	pH												
	5,2	6,0	6,50	7,0		5,2	6,0	6,5	7,0				
5,00	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	
5,00	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	
10,00	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	
15,00	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	
15,00	0,000	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000	0,000	0,000			0,000	
30,00	0,008	0,009	0,010	0,009		2,690	3,040	3,360	2,700			2,700	
30,00	0,008	0,009	0,010	0,009		2,690	3,040	3,370	3,030			3,030	
45,00	0,029	0,030	0,033	0,033		6,680	6,920	7,620	7,710			7,710	
45,00	0,029	0,030	0,032	0,034		6,670	6,920	7,390	7,480			7,480	
60,00	0,063	0,062	0,066	0,070		11,380	11,200	12,000	12,970			12,970	
60,00	0,061	0,062	0,067	0,068		10,940	11,150	12,220	12,650			12,650	
75,00	0,095	0,098	0,109	0,109		14,250	14,920	16,860	17,280			17,280	
75,00	0,096	0,098	0,106	0,109		14,400	14,920	16,400	17,280			17,280	
90,00	0,130	0,132	0,152	0,146		17,130	17,690	20,730	21,080			21,080	
90,00	0,130	0,132	0,152	0,146		17,130	17,690	20,730	21,080			21,080	

OBS.: Os teores de fósforo podem ser encontrados em VASCONCELOS *et alii* (12)

QUADRO 6 - Resultados obtidos para o total de fósforo desorvido; sua relação em função do total sorvido em quatro níveis de pH no Latossolo Vermelho Escuro, textura média

P Adicio- nado ppm	Total desorvido mg P/g				% de P desorvido em função de P sorvido			
	pH				pH			
	4,9	6,0	6,5	7,0	4,9	6,0	6,5	7,0
5,0	0,008	0,007	0,010	0,010	20,30	18,13	26,18	26,95
5,0	0,008	0,007	0,010	0,010	20,30	17,68	27,17	26,60
10,0	0,017	0,017	0,019	0,020	28,57	33,93	41,76	38,09
10,0	0,017	0,016	0,018	0,020	28,57	31,94	37,58	39,92
15,0	0,027	0,031	0,028	0,029	37,66	48,90	51,66	50,79
15,0	0,028	0,031	0,027	0,029	37,63	48,90	49,81	50,79
30,0	0,040	0,050	0,044	0,040	46,08	66,93	64,93	64,83
30,0	0,040	0,046	0,044	0,042	43,20	61,58	58,74	61,49
45,0	0,052	0,062	0,053	0,055	44,67	70,45	78,06	56,29
45,0	0,054	0,061	0,051	0,052	50,37	78,20	75,11	66,67
60,0	0,068	0,071	0,064	0,068	49,82	88,42	98,46	84,68
60,00	0,061	0,074	0,060	0,065	49,51	92,15	74,53	68,28
75,0	0,072	0,081	0,073	0,073	68,77	97,94	88,27	88,27
75,0	0,074	0,080	0,072	0,073	70,68	96,73	87,06	69,72
90,0	0,081	0,086	0,081	0,083	87,47	92,87	87,38	89,63
90,0	0,081	0,088	0,081	0,085	87,47	95,03	87,38	91,79

OBS.: Os teores de fósforo sorvido podem ser encontrados com VASCONCELOS *et alii* (12)

Esta reversibilidade do fosfato em função da concentração é explicada por MULJADI *et alii* (11), que apresentam, na isoterma de Langmuir, três regiões energicamente distintas para caolinita e para dois óxidos de alumínio. A reversibilidade decresce da Região III para a Região I.

Numa análise detalhada dos resultados apresentados nos Quadros 4 e 5, pode-se notar que o LR apresenta duas regiões distintas na sorção: uma até 30 ppm, onde não se verifica reversibilidade nem efeito ao pH; outra, a partir de 30 ppm, com reversibilidade crescente em função da concentração e do pH.

Quanto ao LVE em Quadros 3 e 6, desde a concentração de 5 ppm observa-se reversibilidade crescente, tanto em função da concentração quanto ao pH.

Trabalho desenvolvido por outros autores (11) demonstram que (para a caolinita e gibsita) a sorção na região I apresenta maior energia de sorção e reversibilidade em função de pH e não em função da concentração. As regiões II e III, com menor energia de retenção, apresentam reversibilidade em função do pH e da concentração.

Baseando-se nesses aspectos teóricos, principalmente quando se considera a predominância da caolinita e gibsita nos dois solos usados neste trabalho, não se consegue caracterizar a região I do mesmo modo especificada por MULJADI *et alii* (11). Possivelmente, esse fenômeno esteja ligado aos teores das superfícies sorventes e da heterogeneidade do material em estudo.

Um outro ponto a salientar é a queda do teor de fósforo dessorvido com as sucessivas extrações nos dois solos, evidenciando pelo efeito significativo para a interação P- dessorvido (teor) e dessorção (etapa).

A quantidade de P dessorvido, sendo maior na primeira extração, decrescendo na segunda e sendo ainda menor na terceira extração explica o efeito significativo para dessorção. Resultados semelhantes foram obtidos por FASSBENDER (5), FRIED e SHAPIRO (6) e LEAL (9).

Analisando os resultados da dessorção de fósforo em função do pH (Quadros 3 e 4), pode-se verificar o comportamento distinto para os solos estudados. No Latossolo Roxo, a primeira dessorção foi mais efetiva (em concentrações acima de 30 ppm) ao pH 6,5; a segunda dessorção ao pH 7,0, ao passo que na terceira nota-se tendência à estabilidade em relação ao pH. Todavia, ao analisar o problema em termos de percentagem de fósforo dessorvido em função do total, Quadro 6, o teor de P dessorvido aumentou à medida que se aumentou o pH.

No presente trabalho o menor valor da constante de ligação obtido ao pH do solo (2,065), seguindo-se pH 7,0 (2,183), pH 6,5 (2,228) e pH 6,0 (2,278). Estes resultados não concordam com os obtidos por LEAL (9), pois mostram tendência de a maior dessorção estar associada a menores valores de pH para a energia de ligação.

Em se tratando de solos, a heterogeneidade das superfícies sorventes e do equilíbrio dinâmico entre eles dificulta, sobretudo, a obtenção de resultados que podem ser comparados uns aos outros. Cada superfície e cada sorvente deve possuir uma energia de sorção específica, com características distintas para dessorção. É oportuno, no momento, relembrar que a dessorção para óxidos de alumínio apresenta-se muito menos rever-

sível do que a caolinita com respeito à concentração (11).

Quanto ao LVE, os resultados das três dessorções apresentadas nos Quadros 3 e 6 indicam haver maior teor de fósforo des-sorvido ao pH 6,5 na primeira dessorção; a pH 6,0, na segunda e na terceira, análogo ao LR, significando estabilidade com relação ao pH. Entretanto, ao analisar o fenômeno em termos de porcentagem do total sorvido, verifica-se (Quadro 6) haver maior dessorção ao pH 7,0 até a concentração de 15 ppm (50,76%) e menor ao pH natural do solo (37,66%). Para concentrações acima de 15 ppm, o pH 6,0 apresenta-se mais efetivo na dessorção. Na concentração de 75 ppm, por exemplo, há uma dessorção de 97,94% para esse pH. Para os demais pH, o valor máximo de dessorção é de 88,27%. Essas observações justificam os efeitos significativos para pH e suas interações, conforme obtidos na análise de variância (Quadro 1).

Essa variabilidade do número de extrações em função de pH, provavelmente esteja ligada aos sorventes e às regiões de sorção. Para que haja dessorção do anionte sorvido, segundo HINGSTON *et alii*, citado por LEAL e VELOSO (10), é necessário que o anionte deslocante seja especificamente adsorvido e esteja em concentrações suficientes para aumentar a carga negativa global da superfície sorvente (óxidos). O uso de KCl 0,01M para estudos de dessorção, portanto, indicará pequena dessorção de fosfatos.

Por outro lado, analisando as sucessivas extrações do fósforo sorvido, espera-se uma mudança da região III a II, e desta para a I. A irreversibilidade do fosfato em relação à concentração tem sido explicada como uma mudança de fase ao se reduzir a concentração de fósforo através de extrações sucessivas.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

No presente trabalho, estudou-se a reversibilidade de fosfato adsorvido em relação à concentração e ao pH, em dois Latossolos do Estado de Mato Grosso - Latossolo Roxo distrófico (LR) e Latossolo Vermelho Escuro, textura média (LVE).

O estudo dessa reversibilidade foi possível através do equilíbrio de solo com soluções crescentes de fósforo, conforme caracterização em trabalho anterior (12). Posteriormente, nessas amostras de solo, efetuaram-se três extrações sucessivas com KCl 0,01M em quatro níveis de pH (natural do solo, 6,0, 6,5 e 7,0). As amostras foram agitadas durante 9 horas. Os resultados permitiram concluir que as dessorções (teores), tanto no LR como no LVE, decresceram com as sucessivas extrações. Todavia, querendo se analisar os resultados das dessorções de fósforo em função do pH, verificaram-se comportamentos totalmente distintos entre solos e entre as etapas da adsorção. Deste modo, foi possível concluir que:

1) No Latossolo Roxo, a primeira dessorção foi mais efetiva (em concentrações acima de 30 ppm) ao pH 6,5; a segunda dessorção ao pH 7,0, ao passo que a terceira tendeu à estabilidade em função do pH.

2) No Latossolo Vermelho Escuro, os resultados das três dessorções indicaram haver maior teor de fósforo des-sorvido ao pH 6,5, na primeira dessorção; ao pH 6,0, na segunda dessorção e, na terceira, análogo ao LR, uma estabilidade com relação ao pH.

3) Em se tratando de solos, a heterogeneidade das superfícies sorventes e do equilíbrio dinâmico entre eles dificulta sobremodo a obtenção de resultados semelhantes uns aos outros. Desta forma, não se observou, por exemplo, a tendência das maiores dessorções estarem associadas a menores valores para a energia de ligação calculada pela isoterma de Langmuir.

5. SUMMARY

The phosphate adsorption reversibility of two types of oxisols collected in the state of Mato Grosso, Brazil, was studied. This study was made on bases of the effect of concentration and pH of the soil solution.

In order to study this reversibility, a solution of 0,01M KCl was used to obtain three consecutive extractions.

The results showed that the amount of desorbed phosphate decreased in a different way effected by the phosphate concentration and pH of the soil solution. The desorbed phosphorus did not correlate with the bonding energy determined by Langmuir isotherm.

It is possible that soils complexity factors are unavailable to make an effort to obtain similar results.

6. LITERATURA CITADA

1. BACHE, B.W. & WILLIAMS, E.C. A phosphate sorption index for soils. *J. Soil Sci.*, Oxford, 22(3):289-301, 1971.
2. BLACK, C.A. Phosphorus. In BLACK, C.A. *Soil plant relationships*. 2. ed. New York, John Wiley Sons, 1968.
3. BRAGA, J.M. & DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *R. Ceres*, Viçosa, 21(113):73-85, 1974.
4. FASSBENDER, H.W. Descripción físico-química del sistema fertilizante fosfatado-suelo-planta. *Turrialba*, 16(3):237-46, 1966.
5. FASSBENDER, H.W. La adsorción de fosfatos em suelos fuertemente ácidos y su evolución usando la isoterma de Langmuir. *Fitotecnia Latino Americana*, Costa Rica, 3(1/2):203-16, 1966.
6. FRIED, M. & SHAPIRO, R.E. Phosphate supply pattern of various soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Madison, 20(4):471-5, 1956.
7. HEMWALLZ, J.B. The fixation of phosphorus by soils. *Adv. in Agronomy*, New York, 9:95-112, 1957.
8. LARSEN, S. Soil phosphorus. *Adv. in Agronomy*, New York, 19:151-211, 1967.
9. LEAL, J.R. *Adsorção de fosfato em latossolos sob cerrado*. Rio de Janeiro, s. ed. 1971, 96 p. (Tese M.S.).

10. LEAL, J.R. & VELLOSO, A.C.X. Dessorção do fosfato adsorvido em latossolos sob vegetação de cerrado. 1. Reversibilidade da isoterma de adsorção em relação à concentração de fosfato. *Pesq. agropec. bras.-Sér. Agron.*, Rio de Janeiro, 7:193-7, 1972.
11. MULJADI, D.; POSNER, A.M. & QUIRK, J.P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudobohemite. 1. The isotherms and the effect of pH and adsorption. *J.Soi.Sci.*, Oxford, 13(2):212-29, 1966.
12. VASCONCELOS, A.A.; BRAGA, J.M.; NOVAIS, F.R. & PINTO, O.C. B. Fósforo em dois latossolos do Estado de Mato Grosso: I. Sorção de fosfato. *Experientiae*, Viçosa, 18(12): 267-85, dez. 1974.