

# ADSORÇÃO DE FOSFATOS EM TRÊS SOLOS DA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DO RIO GRANDE DO NORTE<sup>1</sup>

VICENTE DE PAULO CAMPOS GODINHO<sup>2</sup>, REGYNALDO ARRUDA SAMPAIO<sup>3</sup>,  
VICTOR HUGO ALVAREZ VENEGAS<sup>4</sup> e HUGO ALBERTO RUIZ<sup>5</sup>

**RESUMO** - Com o objetivo de avaliar a adsorção de fosfatos em solos da região semi-árida do Rio Grande do Norte, foram realizadas determinações de laboratório utilizando-se amostras, coletadas até 20 cm de profundidade, de um Vertissolo (V) e de dois solos Aluviais eutróficos (Ae1 e Ae2). Nesses solos, o P remanescente foi determinado após agitação das amostras com uma solução de CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, durante uma hora. As doses de fósforo para o ajuste da isoterma-de-Langmuir foram definidas com base nos valores de P remanescente e corresponderam a 0,0; 6,0; 12,0; 18,0; 30,0; 42,0; 54,0; 66,0; 84,0; 102,0 e 120,0 mg/L de P. Os dados de P adsorvido e as concentrações das soluções de equilíbrio, obtidos após a agitação por 24 horas das amostras de solo com as soluções de CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L contendo as concentrações de P supracitadas, foram ajustados à isoterma-de-Langmuir. Três diferentes regiões de adsorção foram identificadas e ajustadas a modelos de regressão linear. Foram determinadas a capacidade máxima de adsorção de fosfatos (CMAF) e a constante relacionada com a energia de adsorção de fosfatos (EAF). A CMAF apresentou valores de 0,312; 0,291 e 0,249 mg de P/cm<sup>3</sup> de solo, para os solos V, Ae1 e Ae2, respectivamente. A adsorção de fosfatos foi fortemente influenciada pela superfície específica e pelo teor de P dos solos. Nos solos V e Ae1, o P remanescente diminuiu com o aumento do teor de argila, enquanto a CMAF e EAF aumentaram com o incremento de argila.

**Termos para indexação:** fósforo, fósforo remanescente, capacidade máxima de adsorção, energia de adsorção.

## PHOSPHATE ADSORPTION IN THREE SOILS OF THE RIO GRANDE DO NORTE SEMIARID REGION

**ABSTRACT** - To evaluate phosphate adsorption in Rio Grande do Norte semiarid soils, laboratory determinations were made utilizing samples collected at up to 20 cm of depth, from a Vertisol (V) and two Fluvents (Ae1 and Ae2). In these soils, remaining phosphorus was determined after agitation of the samples with a solution of CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L containing 60 mg/L of P, for one hour. The phosphorus doses for Langmuir isotherm adjustment were defined based on the remaining P values and corresponded to 0.0; 6.0; 12.0; 18.0; 30.0; 42.0; 54.0; 66.0; 84.0; 102.0; and 120.0 mg/L. The data of adsorbed P and the concentrations of equilibrium solutions obtained after 24-hour agitation of soil samples with the solutions of CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L containing the above-cited P concentrations, were adjusted to Langmuir isotherm. Three different adsorption regions were identified and adjusted to linear regression models. The maximum phosphate adsorption capacity (CMAF) and the constant related to the adsorption energy of phosphates (EAF) were determined. The CMAF presented values of 0.312; 0.291 and 0.249 mg of P/cm<sup>3</sup> of soil for soils V, Ae1 and Ae2, respectively. Phosphate adsorption was strongly influenced by the specific surface and P content of the soils. In soils V and Ae1, the remaining phosphorus decreased with and increase in the clay content, while CMAF and EAF increased with an increase in clay.

**Index terms:** phosphorus, equilibrium phosphorus, adsorption maximum capacity, adsorption energy.

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 16 de outubro de 1996.  
Trabalho apresentado no XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa, MG, 1995.

<sup>2</sup> Eng. Agr., D.Sc., Embrapa-Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (CPAF-Rondônia), CEP 78900-000 Porto Velho, RO.

<sup>3</sup> Eng. Agr., D.Sc., Prof. Adjunto, Universidade Federal de Roraima, CEP 69300-000 Boa Vista, RR.

<sup>4</sup> Eng. Agr., D.Sc., Prof. Titular, Dep. de Solos, UFV, CEP 36571-000 Viçosa, MG. Bolsista do CNPq.

<sup>5</sup> Bioquímico, D.Sc., Prof. Titular, Dep. de Solos, UFV. Bolsista do CNPq.

## INTRODUÇÃO

O fenômeno da adsorção de fosfatos resulta do equilíbrio entre as forças da superfície adsorvente e a energia cinética do adsorvato. Com o predomínio da adsorção em relação à dessorção, a superfície adsorvente fica coberta com a substância adsorvida, que se converterá por sua vez em fonte de atração para a mesma substância, formando camadas múltiplas (Fassbender & Bornemisza, 1987).

A adsorção de fosfatos pode ser representada por equações matemáticas, destacando-se, entre elas, as de Freudlich e de Langmuir (Bohn et al., 1979). A equação de Langmuir possibilita o cálculo da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e esta, por sua vez, associada às demais propriedades do solo, permite a compreensão da natureza das reações entre o solo e os fertilizantes fosfatados (Olsen & Watanabe, 1957; Syers et al., 1973).

A isoterma-de-Langmuir baseia-se na teoria cinética dos gases e pode ser escrita na seguinte forma linear (Woodruff & Kamprath, 1965):

$$C/q = (1/kb) + (C/b)$$

onde,

q = P adsorvido, em mg/cm<sup>3</sup> de solo;

b = adsorção máxima, em mg/cm<sup>3</sup>;

C = concentração de P na solução de equilíbrio, em mg/L de solução;

k = constante relacionada com a energia de adsorção de P, em (mg/L)<sup>-1</sup>.

No processo de adsorção de fosfatos existem três fases distintas, denominadas regiões I, II e III (Muljadi et al., 1966a, 1966b). Essas fases estão relacionadas com a afinidade dos fosfatos a sítios de adsorção energeticamente diferentes (Muljadi et al., 1966c). Dessa forma, os cálculos da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e da constante relacionada com a energia de adsorção devem ser realizados na região II, na qual mais se cumprem as pressuposições da isoterma-de-Langmuir (Alvarez Venegas, 1982).

Este trabalho teve como objetivo principal determinar a capacidade máxima de adsorção de fosfatos e o coeficiente relacionado com a energia de adsorção, em três solos da região semi-árida do Rio Grande do Norte.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras, até 20 cm de profundidade, de um Vertissolo (V), em Mossoró, e de dois solos Aluviais eutróficos (Ae1 e Ae2), em Caicó (Ae1) e Ipanguaçú (Ae2).

As amostras foram destorroadas, secas ao ar, peneiradas a 2 mm e caracterizadas química e fisicamente, determinando-se o pH em água, o fósforo disponível e o potássio

trocável (Defelipo & Ribeiro, 1991); o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, a acidez potencial e o carbono orgânico (Alvarez Venegas, 1985); a composição textural e o equivalente de umidade (Embrapa, 1979), cujos resultados encontram-se na Tabela 1.

O P remanescente foi determinado na solução de equilíbrio após agitação de uma amostra de solo de 5 cm<sup>3</sup> com 50 ml de solução de CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, durante uma hora (Alvarez Venegas, 1982; Alvarez Venegas & Fonseca, 1990).

As doses para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos (CMAF) e da constante relacionada com a energia de adsorção (EAF) foram calculadas com base no fósforo remanescente (Alvarez Venegas & Fonseca, 1990) e corresponderam a 0,0; 6,0; 12,0; 18,0; 30,0; 42,0; 54,0; 66,0; 84,0; 102,0 e 120,0 mg/L de P. Para cada dose foram utilizadas duas repetições, de forma que, em cada solo, a isoterma-de-Langmuir foi ajustada com 22 pontos.

Os pontos para ajuste da isoterma-de-Langmuir foram obtidos adicionando-se 25 mL de solução de CaCl<sub>2</sub> 10 mmol/L, contendo P nas doses indicadas, em amostras de solo de 2,5 cm<sup>3</sup>. Após 24 horas de agitação as amostras foram centrifugadas, filtradas e o fósforo da solução de equilíbrio dosado colorimetricamente pelo método da vitamina C (Braga & Defelipo, 1974).

Para a identificação das regiões plotou-se a relação linear da isoterma-de-Langmuir,  $C/q = f(C)$ , em que C é a concentração de P na solução de equilíbrio (em mg/L), e q, o P adsorvido (em mg/cm<sup>3</sup>). Após a identificação dos pontos referentes as três regiões da isoterma, estimou-se as respectivas equações de regressão linear. A CMAF e EAF foram estimadas utilizando-se os valores da equação de regressão linear da região II (Alvarez Venegas, 1982).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o ajuste da isoterma-de-Langmuir aos dados de adsorção e concentração de fósforo na solução de equilíbrio, constatou-se a presença das três regiões propostas por Muljadi et al. (1966a, 1966b), observadas nas Figs. 1, 2 e 3. Em todos os solos estudados, os coeficientes angulares das equações de regressão diminuíram da região I para a III.

De modo geral, os valores dos coeficientes angulares das equações de regressão (Figs. 1, 2 e 3), aumentaram com a diminuição do teor de argila (Tabela 1). Esse fato indica o efeito da superfície específica sobre a adsorção de fosfatos.

TABELA 1. Características químicas e físicas das amostras dos solos<sup>1</sup>.

Solo	C	pH-H <sub>2</sub> O (1:2,5)	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	H+Al	Areia	Silte	Argila	Equivalente de umidade
	dag/kg		-----mg/dm <sup>3</sup> -----			-----cmol/dm <sup>3</sup> -----					dag/kg	
V	0,78	7,1	15,47	115,00	18,63	0,00	3,63	0,5	35	25	40	27
Ae1	0,57	7,0	13,13	84,30	21,73	0,00	2,87	0,4	69	6	25	19
Ae2	0,82	6,4	62,03	97,67	27,80	0,00	2,73	1,0	10	53	37	37

<sup>1</sup> Foi usado o Melich-I para extrair P e K; o KCl 1 mol/L, para extrair Ca, Al e Mg; o Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol/L a pH 7,0 para extrair o H+Al.

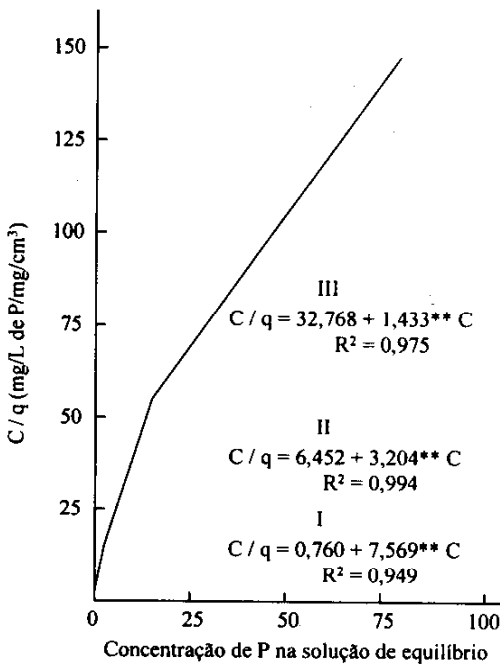


FIG. 1. Equações de regressão C/q (relação entre a concentração de P na solução de equilíbrio e P adsorvido) como função de C (concentração de P na solução de equilíbrio), correspondente às três regiões da isoterma de adsorção do solo Vertissolo.

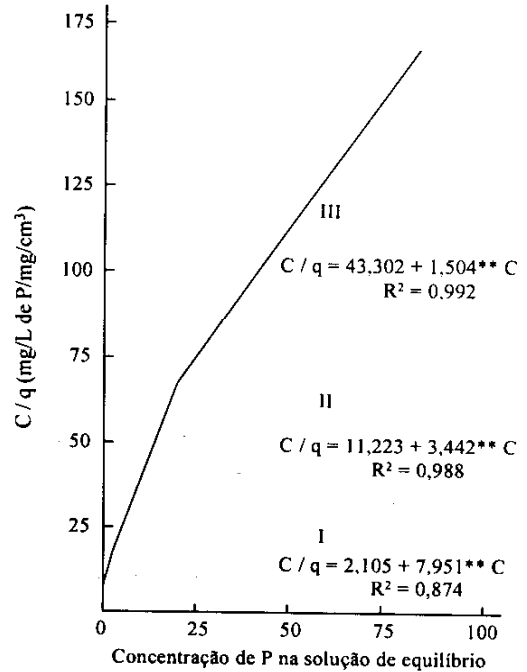


FIG. 2. Equações de regressão C/q (relação entre a concentração de P na solução de equilíbrio e o P adsorvido) como função de C (concentração de P na solução de equilíbrio), correspondente às três regiões da isoterma de adsorção do solo Aluvial eutrófico de Caicó.

Observa-se que o solo V com maior teor de argila e, portanto, maior área superficial, apresentou menor valor em P remanescente e maiores valores em CMAF e EAF (Tabela 2). No solo Ae2, apesar do maior teor de argila, os valores de P remanes-

cente foram maiores e os de CMAF e EAF foram menores do que nos demais solos. Esse fato pode ser atribuído ao elevado teor de P inicial, conforme observado na caracterização da amostra (Tabela 1), que poderia estar saturando os sítios de adsorção.

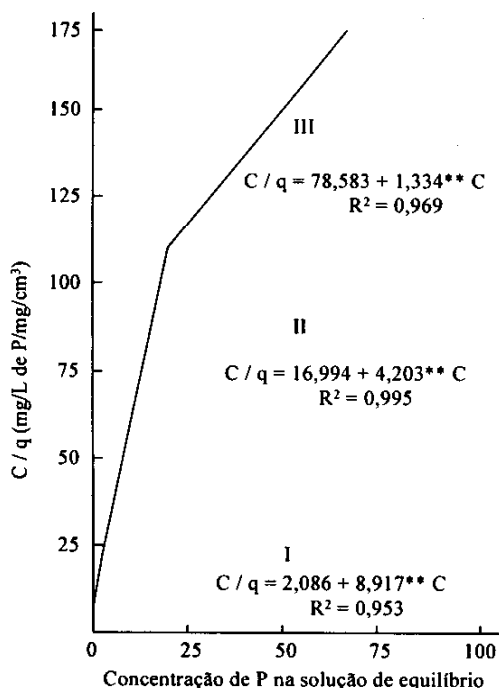


FIG. 3. Equações de regressão  $C/q$  (relação entre a concentração de P na solução de equilíbrio e o P adsorvido) como função de  $C$  (concentração de P na solução de equilíbrio), correspondente às três regiões da isoterma de adsorção do solo Aluvial eutrófico de Ipanguaçu.

TABELA 2. P remanescente, capacidade máxima de adsorção de fosfatos (CMAF) e constante relacionada com a energia de adsorção (EAF) nos solos Vertissolo (V), Aluvial eutrófico de Caicó (Ae1) e Aluvial eutrófico de Ipanguaçu (Ae2).

Solo	P remanescente	CMAF	EAF
	mg/L	mg/cm <sup>3</sup>	(mg/dm <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>
V	32,11	0,312	0,497
Ae1	39,35	0,291	0,307
Ae2	44,63	0,249	0,237

A análise mineralógica da fração argila desses solos, realizada por difração de raios X (Whitting, 1965), evidenciou a presença de mica, esmectita e caulinita como minerais predominantes. Assim, em razão da maior eletronegatividade, os valores de P remanescente foram mais elevados e os de CMAF e EAF foram mais baixos do que os normalmente encontrados em solos mais intemperizados (Fonseca, 1987). Bognola (1995) encontrou valores de CMAF entre 1,62 e 2,74 mg de P/cm<sup>3</sup> de solo, em latossolos derivados de rochas basálticas. Esses valores indicam a importância da mineralogia da fração argila no processo de adsorção de fosfatos no solo (Carrasco R. et al., 1992). Olsen & Watanabe (1957) afirmam que os solos ácidos adsorvem mais fósforo por unidade de área superficial e com mais energia do que os solos alcalinos.

## CONCLUSÃO

Nos solos Vertissolo e Aluvial Eutrófico com teores não muito elevados de fósforo, a capacidade máxima de adsorção de fosfatos e o coeficiente relacionado com a energia de adsorção de fosfatos são diretamente proporcionais ao teor de argila do solo.

## REFERÊNCIAS

- ALVAREZ VENEGAS, V.H. Caracterização química de solos. Viçosa: UFV, 1985. 77p. Mimeografado.
- ALVAREZ VENEGAS, V.H. Efecto de los factores cantidad, intensidad y capacidad amortiguadora de fosfato en la evaluación del fósforo disponible de suelos derivados de cenizas volcánicas de la Meseta Tarasca, Edo. Michoacán. Chapingo, México: Colégio de Postgraduados, 1982. 300p. Dissertação de Doutorado.
- ALVAREZ VENEGAS, V.H.; FONSECA, D.M. Definição de doses de fósforo para determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos e para ensaios em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.14, p.49-55, 1990.
- BOGNOLA, I.A. Caracterização química, física e mineralização de solos intermediários entre latossolos brunos e latossolos roxos. Viçosa: UFV, 1995. 205p. Dissertação de Mestrado.

- BOHN, H.L.; McNEAL, B.L.; O'CONNOR, G.A. **Soil chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 1979. 341p.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica do fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, Viçosa, v.21, p.73-85, 1974.
- CARRASCO R., M.A.; OPAZO A., J.; PERALTA V., I.; VERA Q., L. Retención de fósforo en suelos de zonas semiaridas. **Agricultura Técnica**, Santiago, v.52, p.411-415, 1992.
- DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo: metodologia**. Viçosa: UFV, 1991. 17p. (Boletim de Extensão, 29).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. (Rio de Janeiro, RJ): **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. Não-paginado.
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. **Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina**. San José: IICA, 1987. 420p.
- FONSECA, D.M. **Níveis críticos de fósforo em amostras de solos para o estabelecimento de *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa***. Viçosa: UFV, 1987. 146p. Dissertação de Mestrado.
- MULJADI, D.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite, and pseudoboehmite. Part I. The isotherms and the effect of pH on adsorption. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 17, p.212-229, 1966a.
- MULJADI, D.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite, and pseudoboehmite. Part II. The location of the adsorption sites. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.17, p.230-237, 1966b.
- MULJADI, D.; POSNER, A.M.; QUIRK, J.P. The mechanism of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite, and pseudoboehmite. Part III. The effect of temperature on adsorption. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.17, p.238-247, 1966c.
- OLSEN, S.R.; WATANABE, F.S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soils as measured by the Langmuir isotherm. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.21, p.144-149, 1957.
- SYERS, J.R.; BROWMAN, M.G.; SMILLIE, G.W.; COREY, R.B. Phosphate sorption by soils evaluated by the Langmuir adsorption equation. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.37, p.358-363, 1973.
- WHITTING, L.D. X-ray diffraction techniques for mineral identification and mineralogical composition. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part I. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling. Madison: ASA, 1965. p.671-698. (Agronomy, 9.)
- WOODRUFF, J.R.; KAMPRATH, E.J. Phosphorus adsorption maximum as measured by the Langmuir isotherm and its relationship to phosphorus availability. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.29, p.148-172, 1965.