



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

CARACTERÍSTICAS DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO EM ARGISSOLOS, PLINTOSSOLOS E CAMBISSOLOS DO ESTADO DA PARAÍBA

Lucia Helena Garófalo Chaves¹; Iêde de Brito Chaves²; Ana Kelliane Silva de Nascimento³;
Antonio Evami Cavalcante Sousa⁴

RESUMO

Com o objetivo de determinar as características de adsorção de fósforo (P) utilizando-se a isoterma de Langmuir, e suas relações com algumas propriedades químicas e físicas dos solos, foi desenvolvido um estudo em laboratório, na Universidade Federal de Campina Grande, PB, com amostras da camada superficial (0 - 20 cm) de Argissolos (PVAd; PVAe; PVd), Plintossolos (FTd-1 e FTd-2) e Cambissolos (CXbd-1; CXbd-2; CXbe) coletadas no Estado da Paraíba. Nesses solos, o P remanescente foi determinado com uma solução contendo 60 mg L⁻¹ de P. As doses de fósforo utilizadas foram definidas com base nos valores de P remanescente e corresponderam a 10; 30; 50; 100 e 150 mg L⁻¹ de P. Para avaliar a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP), os dados de P adsorvido foram ajustados ao modelo de Langmuir o qual descreveu satisfatoriamente a adsorção de P nos solos estudados. O PVd foi o solo que apresentou maior valor de CMAP. A CMAP e a energia de ligação correlacionaram-se negativamente com a saturação por bases. Os atributos mais relacionados com a CMAP pelos solos de mesma classe foram os teores de argila, matéria orgânica e pH. O P disponível influenciou a adsorção do elemento no PVAe.

Palavras-chave: Langmuir, isoterma de adsorção.

PHOSPHORUS ADSORPTION CHARACTERISTICS IN PARAIBA STATE ARGISOLS, PLINTHITE SOILS AND CAMBISOLS, BRAZIL

ABSTRACT

The objective of this paper was to determine the phosphorus (P) adsorption characteristics using the Langmuir isotherm and its relation with some chemical and physical properties of soils. The study was carried out in laboratory of Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba State (PB), Brazil, with Argisols (PVAd; PVAe; PVd), two Plinthite soil (FTd-1 e FTd-2) and three Cambisols (CXbd-1; CXbd-2; CXbe) surface (0-20 cm) samples from Paraíba State. In these soils, remaining phosphorus was determined with a solution containing 60 mg L⁻¹ of P. The phosphorus doses used were defined based on the remaining P values and corresponded to 10; 30; 50; 100 e 150 mg L⁻¹ of P. To available the maximum P adsorption capacity (MPAC), the data of adsorbed P and the concentrations of equilibrium solutions were adjusted to Langmuir isotherm. Langmuir model offered a good fit for the experimental data. The highest MPAC value was observed in PVd soil. The CMAP and adsorption energy were negatively correlated with base saturation. The attributes closest correlated with soil of the same class MPAC were soil clay and organic matter content and pH value. Available P influenced the adsorption of the element in PVAe.

Key-words: Langmuir, adsorption isotherm.

Trabalho recebido em 30/03/2009 e aceito para publicação em 03/05/2009.

¹ Professora Dra.Titular da Universidade Federal de Campina Grande. Departamento de Engenharia Agrícola. Campina Grande-PB. e-mail: lhgarofalo@hotmail.com;

² Professor Dr. Associado II da Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Solos e Engenharia Rural. Areia-PB.;

³ Mestranda em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB;

⁴ Doutorando em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande-PB.

1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica da barragem Camará abrange uma área de 100,4 km², compreendendo terras úmidas da região do Brejo Paraibano e terras sub-úmidas do Agreste da Borborema. É uma bacia contribuinte do rio Mamanguape, situada nos contrafortes orientais do Planalto da Borborema, com altitudes que variam de 450m a 700m. Caracteriza-se como uma área predominantemente minifundista, com uma grande diversidade de usos agrícolas, e próxima a mercados consumidores, o que a torna de grande valor sócio-econômico (SILVA, 2006).

O fósforo (P) é um dos macronutrientes mais exigidos pelas plantas, entretanto, é o que, com mais frequência, tem limitado a produção agrícola em condições brasileiras. Em geral, o teor total deste elemento no solo varia entre 200 a 3000 mg kg⁻¹ (NOVAIS & SMYTH, 1999), sendo que menos de 0,1 % desse total (0,002 a 2,0 mg L⁻¹) encontra-se na solução do solo. Em geral, na maioria dos solos tropicais, o teor de P é menor que 0,2 mg L⁻¹, o qual representa a concentração ideal de equilíbrio para o máximo crescimento da maioria das plantas. A baixa disponibilidade de P nos solos tropicais, provavelmente, é decorrente dos seus baixos teores, da baixa solubilidade dos compostos de P,

normalmente encontrados nos solos, e da sua imobilização devido as fortes interações que apresenta com os constituintes destes solos (ROLIM NETO et al., 2004), sendo estas interações conhecidas como adsorção, sorção ou fixação de fósforo.

A adsorção de fósforo é o fenômeno pelo qual formas solúveis de P, através de ligações eletrostáticas ou covalentes, e de precipitação, com formação de compostos insolúveis, tornam-se indisponíveis para as plantas (AQUINO, 2004).

A magnitude deste fenômeno depende da natureza e da quantidade de sítios disponíveis na superfície dos minerais. Assim, numerosos trabalhos têm mostrado que os principais fatores que influenciam a adsorção de P no solo são a quantidade e a mineralogia da fração argila, a quantidade de colóides amorfos, o pH, o teor de alumínio trocável e a matéria orgânica (MEHADI & TAYLOR, 1998; KER et al., 1996; FONTES & WEED, 1996; FALCÃO & SILVA, 2004; ROLIM NETO et al., 2004; MOREIRA et al., 2006).

De acordo com Bahia Filho et al. (1983), dentro de uma mesma mineralogia, a adsorção é afetada pelo maior teor de argila. Entretanto, nem sempre o solo com maior teor de argila possui o maior valor de capacidade máxima de adsorção, cuja

explicação estaria na qualidade da argila. Os óxidos de Fe e Al são tidos como os constituintes da fração argila mais efetivos na adsorção de P podendo apresentar maior capacidade em adsorvê-lo em relação às argilas silicatadas. Dentre estas argilas, aquelas do tipo 1:1 são as que efetivamente adsorvem P (GAMA, 2002).

O grau de cristalinidade dos colóides afeta diretamente o seu poder de adsorção de P. Atribui-se aos óxidos amorfos o papel de principais componentes na adsorção de P em solos intemperizados, por possuírem uma maior superfície específica e, por conseguinte, uma maior quantidade de sítios de adsorção (MOREIRA et al., 2006). A influência da matéria orgânica na adsorção de P tem sido muito discutida, uma vez que ela tanto pode aumentar, através das pontes de cátions com o Al, Fe e Ca (SANYAL & De MATTA, 1991), como diminuir a capacidade do solo em adsorver P, bloqueando os sítios de adsorção que ocorrem nas superfícies das argilas e dos óxidos de Fe e Al (AQUINO, 2004).

Uma das maneiras de estudar o fenômeno de adsorção é a partir do uso de isotermas, as quais descrevem quantitativamente a adsorção de solutos à superfície de sólidos, sob condições constantes de temperatura e pressão, mostrando a quantidade de adsorvato

adsorvido em função de uma concentração de equilíbrio (BOHN et al., 1985). Entre os modelos mais utilizados para se descrever a adsorção dos elementos, tem-se o de Langmuir (SPOSITO, 1989) o qual se baseia no fato da adsorção ocorrer em sítios uniformes com recobrimento em monocamada e afinidade iônica, independente da quantidade de material adsorvido (ATKINS, 1994).

A isoterma de Langmuir foi utilizada pela primeira vez por Olsen & Watanabe (1957) para descrever a adsorção de fósforo pelo solo. Através da equação desta isoterma é possível calcular a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) e a constante relacionada com a energia de adsorção, parâmetros esses que podem ser relacionados com várias propriedades do solo (PEREIRA, 1996; NOVAIS & SMYTH, 1999). Segundo Woodruff & Kamprath (1965), o valor da CMAP de solos, a qual revela o que poderá ocorrer com o fósforo adicionado ao solo para as culturas, em termos de aproveitamento, tem sido usado como uma estimativa da quantidade desse nutriente requerida pelos solos para condicionar o crescimento máximo das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a adsorção de fósforo em solos da bacia hidrográfica da Barragem Camará, localizada no Estado da Paraíba, visando

possibilitar a recomendação do manejo adequado da fertilidade dos solos, considerando a importância agro-econômica das suas terras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande-PB. Para isto, foram coletadas amostras da camada superficial (0 - 20 cm) de quatro classes de solos com ocorrência na área da Bacia Hidrográfica da Barragem Câmara: um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico (PVAd); um Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PVAe); um Argissolo Vermelho Distrófico (PVd); dois Plintossolos Argiluvico Distrófico (FTd-1 e FTd-2); um Cambissolo Háptico Tb Eutrófico típico (CXbe) e dois Cambissolos Háptico Tb Distrófico (CXbd-1 e CXbd-2). As amostras de solo foram destorroadas, secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm de diâmetro de malha e caracterizadas química e fisicamente de acordo com os métodos preconizados por Embrapa (1997) (Tabela 1). Esta bacia, cuja área total corresponde a 104 km², estende-se desde a região Agreste até a região do Brejo Paraibano, no Estado da Paraíba, Brasil.

O P remanescente (P-rem) foi determinado na solução de equilíbrio após

a agitação de uma amostra de solo de 5 cm³ com 50 mL de solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P, durante uma hora (ALVAREZ & FONSECA, 1990).

As doses para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfatos (CMAP) e da constante relacionada com a energia de ligação foram calculadas com base no P-rem e corresponderam a 10; 30; 50; 100 e 150 mg L⁻¹ de P.

A adsorção de P foi estudada, conforme Olsen & Watanabe (1957), adicionando-se 20 mL de solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo P nas doses indicadas, em amostras de solo de 2 g. Após 24 horas de agitação as amostras foram centrifugadas, filtradas e o P da solução de equilíbrio dosado colorimetricamente pelo método da vitamina C (BRAGA & DEFELIPO, 1974). O P adsorvido foi calculado pela diferença entre as quantidades de P adicionadas e as quantidades encontradas na solução de equilíbrio (sobrenadante), após o período de agitação.

A partir dos dados obtidos em duplicata, construíram-se isotermas de adsorção, plotando-se a quantidade de P adsorvido na ordenada e a concentração na solução de equilíbrio na abcissa.

Tabela 1. Características químicas e física das amostras dos solos estudados.

Solo	pH	S ¹	H	Al	CTC ²	V ³	P ⁴	M.O ⁵	Argila
		-----cmol _c kg ⁻¹ -----				%	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
PVAd	5,83	5,41	7,23	0,16	12,80	42,27	0,2	24,1	82
PVAe	5,39	9,22	5,33	0,32	14,87	62,00	9,7	49,1	404
PVd	4,80	3,08	8,07	0,16	11,31	27,23	6,2	37,9	487
FTd -1	5,79	4,27	4,09	0,28	8,64	49,42	2,9	24,1	239
FTd -2	5,11	1,52	6,95	0,32	8,79	17,29	3,8	28,5	424
CXbd -1	5,20	3,68	4,16	0,20	8,04	45,77	2,9	24,6	285
CXbd -2	5,55	2,78	3,55	1,00	7,33	37,93	3,5	18,9	171
CXbe	5,95	6,74	1,53	0,96	9,23	73,02	5,2	31,2	166

¹soma de bases; ²capacidade de troca catiônica; ³saturação por bases; ⁴fósforo disponível; ⁵matéria orgânica

A forma hiperbólica da equação de Langmuir é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{x}{m} = \frac{(a \cdot b \cdot c)}{(1 + a \cdot c)} \quad (1)$$

em que x/m é a quantidade de P adsorvido ao solo em mg P(x)/g solo (m); b é a CMAP do solo (mg g⁻¹) de P no solo; C é a concentração de P na solução de equilíbrio (sobrenadante) (mg L⁻¹); e a é a constante relacionada com a energia de adsorção do elemento ao solo (mg L⁻¹)⁻¹ (OLSEN & WATANABE, 1957).

As constantes a e b foram estimadas através da equação linear de Langmuir, obtida pela transformação da equação hiperbólica, que corresponde a: C/x/m = 1/ab + C/b.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises químicas (Tabela 1), interpretados segundo Lopes & Guidolin (1989), indicam, de acordo com os valores de pH, que os solos apresentam média acidez. Segundo os mesmos autores a soma de bases trocáveis (S) dos solos varia de baixa (0 a 2 cmolc kg⁻¹) a alta (> 5 cmolc kg⁻¹); a capacidade de troca catiônica (CTC) varia de média (4,6 a 10 cmolc kg⁻¹) a alta (> 10 cmolc kg⁻¹); os teores de matéria orgânica variam de médio (16 a 30 g kg⁻¹) a alto (>30 g kg⁻¹), e o teor de fósforo disponível é considerado baixo em todos os solos (0 a 10 mg dm⁻³).

O ajuste do modelo da isoterma de Langmuir aos dados experimentais foi bom, como pode ser constatado pelos altos valores dos coeficientes de determinação (Tabela 2), o que indica que este modelo é bem ajustado às diversas condições de solo e concentrações de P.

Tabela 2. Equações de Langmuir em sua forma linearizada e seus coeficientes de determinação; P remanescente (P REM) e parâmetros de ajuste da equação de Langmuir referentes aos dados de adsorção de fósforo nos solos estudados.

Solo	Equação	R ²	P Rem	CMAP	Energia de ligação
			mg L ⁻¹	mg g ⁻¹	L mg ⁻¹
PVAd	C/x/m= 2,038 C + 22,852	0,89	24,5	0,4907	0,0892
PVAe	C/x/m= 3,141 C + 60,478	0,75	35,0	0,3183	0,0519
PVd	C/x/m=1,656 C + 18,381	0,92	26,2	0,6038	0,0901
FTd - 1	C/x/m= 2,501 C + 49,023	0,81	35,0	0,3999	0,0510
FTd - 2	C/x/m= 1,688 C + 14,460	0,93	34,0	0,5923	0,1168
CXbd - 1	C/x/m= 2,665 C + 23,190	0,86	32,5	0,3751	0,1149
CXbd - 2	C/x/m= 3,312 C + 27,140	0,84	33,0	0,3019	0,1220
CXbe	C/x/m= 3,221 C + 140,05	0,73	33,6	0,3105	0,0229

As isotermas de adsorção de P (Figura 1) demonstraram que as quantidades de desse elemento adsorvidas pelos solos aumentaram com a concentração da solução de equilíbrio, corroborando com diversos autores (GODINHO et al., 1997; VALLADARES et al., 2003; FALCÃO; SILVA, 2004; ROLIM NETO et al., 2004; CHAVES et al., 2007). Entretanto, as diferentes inclinações das curvas demonstram que os solos têm comportamentos diferentes em relação à adsorção de P.

Observa-se que os solos FTd - 2, PVd, PVAd e CXbd -1 apresentam o tipo H (Hight) de isoterma, conforme classificação de Giles et al. (1974), o que indica alta afinidade de adsorção, enquanto que os demais solos apresentam isotermas

do tipo L (Langmuir), com menor energia de adsorção, caracterizadas por baixa inclinação devido os sítios de adsorção disponíveis diminuírem quando aumenta demasiadamente a cobertura da superfície adsorvente. Essas características das isotermas dependem, provavelmente, das propriedades dos solos.

Correlacionado a CMAP e a energia de ligação com alguns atributos dos solos (Tabela 3), foi constatado apenas correlação significativa e negativa com a saturação por bases, corroborando com Falcão & Silva (2004). Woodruff & Kamprath (1965), também observaram que o aumento da saturação por bases, através da adição de calcário em solos que tinham alta saturação em alumínio trocável, reduziu significativamente a CMAP.

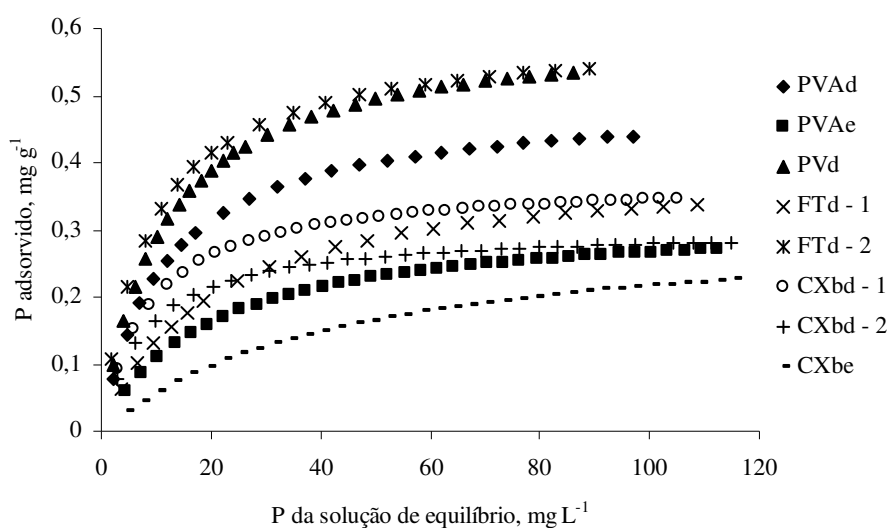


Figura 1. Relação entre os teores de P na solução de equilíbrio e os adsorvidos nos solos.

Tabela 3. Correlação entre constantes da isoterma de Langmuir e características dos solos.

Características dos solos	Capacidade máxima de adsorção de P	Energia de Ligação
pH	-0,59 ns	- 0,55 ns
MO	0,05 ns	-0,45 ns
P Rem	-0,55 ns	-0,24 ns
Argila	0,50 ns	0,14 ns
Alumínio	-0,62 ns	-0,19 ns
V%	-0,79 *	-0,81*

*, significativo ao nível de 5% de probabilidade; ns, não significativo.

O pH não afetou significativamente a capacidade dos solos em adsorver P, corroborando com diversos autores (GUILHERME et al., 1993; FALCÃO; SILVA, 2004; MOREIRA et al., 2006), provavelmente, porque o fenômeno da adsorção pode ocorrer em uma ampla faixa de pH (MOREIRA et al., 2006).

Mesmo com teores de matéria orgânica variando de médio a alto (Tabela 1), não foi constatado correlação

significativa entre esta e a CMAP e energia de ligação. Na literatura, segundo Rolim Neto et al. (2004), há trabalhos que ilustram tanto correlações positivas quanto negativas, decorrentes de pontos de cátions adsorvidos, os quais retêm o P, e do bloqueio dos sítios de adsorção por ânions orgânicos, respectivamente.

Não houve correlação significativa entre os teores de argila, CMAP e energia de ligação, evidenciando, talvez, a

preponderância da influência de outras características dos solos como, por exemplo, as químicas e mineralógicas na adsorção de P, corroborando com Rolim Neto et al. (2004) e Moreira et al. (2006). De acordo com Bahia Filho (1982), a mineralogia do solo é um dos fatores mais determinantes nos processos relacionados com a adsorção de P.

Embora não tenham sido observadas correlações significativas entre CMAP e os atributos dos solos, como o pH, a matéria orgânica e o teor de argila, pela diversidade dos solos estudados, é importante analisar a adsorção de P nos solos semelhantes. Desta forma, comparando os resultados de FTd - 1 com FTd - 2 e CXbd -1 com CXbd - 2, observa-se que FTd - 2 e CXbd - 1 apresentaram maiores teores de argila, portanto, maiores áreas superficiais, maiores teores de matéria orgânica, menores valores de P Rem, menores valores de pH e maiores valores de CMAP. Ou seja, a CMAP aumentou de acordo com a influência que estes atributos do solo exercem sobre este fenômeno.

No entanto, comparando os resultados do PVAd com os do PVAe, apesar deste último apresentar maior teor de argila, maior teor de matéria orgânica e menor valor de pH, seu valor de P Rem foi maior e os de CMAP e a energia de ligação

foram menores. Esse fato, segundo Godinho et al. (1997), pode ser atribuído ao elevado teor de P inicial, conforme observado na caracterização do solo (Tabela 1), que poderia estar saturando os sítios de adsorção. No caso do solo PVd, observa-se que foi o que apresentou maior CMAP em relação a todos os solos, devido, provavelmente, ao seu maior teor de argila e matéria orgânica e menor valor de pH.

4. CONCLUSÕES

O modelo de Langmuir conseguiu descrever satisfatoriamente a adsorção do fósforo para os solos estudados.

Dentre os solos estudados, o que mais adsorveu fósforo foi o Argissolo Vermelho Distrófico.

A capacidade máxima de adsorção de fósforo e a energia de ligação são indiretamente proporcionais a saturação por bases.

Dentre os solos de mesma classe, aqueles com maior teor de argila, maior teor de matéria orgânica e menor valor de pH apresentaram maior capacidade de adsorção de fósforo, com exceção do Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico.

A adsorção de fósforo no Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico foi

influenciada pelo P disponível presente no meio.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ V., 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**, v.14, p.49-55, 1990.
- AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo**. Fortaleza: UFC, 182p. 2004. (Apostilas Didáticas).
- ATKINS, P. W. **Physical chemistry**. 5.ed. Oxford: Oxford University Press. 279p. 1994.
- BAHIA FILHO, A. F. C. **Índices de disponibilidade de fósforo em Latossolos do Planalto Central com diferentes características texturais e mineralógicas**. 1982. 179 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.
- BAHIA FILHO, A. F. C.; BRAGA, J. M.; RIBEIRO, A. C.; NOVAIS, R. F. Sensibilidade de extratores químicos à capacidade tampão de fósforo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.243-249, 1983.
- BOHN, H.; MCNEAL, B.; O'CONNOR, G. **Soil Chemistry**. Toronto: John Willey. 341p. 1985.
- BRAGA, J. M.; DEFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.
- CHAVES, L. H. G.; CHAVES, I. B.; MENDES, J. S. Adsorção de fósforo em materiais de Latossolo e Argissolo. **Caatinga**, v.20, n.3, p.104-111, 2007.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 212p. 1997.
- FALCÃO, N. P. S.; SILVA, J. R. A. Características de adsorção de fósforo em alguns solos da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v.34, n.3, p. 337-342, 2004.
- FONTES, M. P. F.; WEED, S. B. Phosphate adsorption y clays from Brazilian Oxisols: relationships whit specific surface area and mineralogy. **Geoderma**, v.72, p.377-51, 1996.
- GAMA, M. A. P. **Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no nordeste paraense**. 2002. 107 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- GILES, C. H.; SMITH, D.; HUITSON, A. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 47, n.2, p.755-765, 1974.
- GODINHO, V. P. C.; SAMPAIO, R. A.; VENEGAS, V. H. A.; RUIZ, H. A. Adsorção de fosfatos em três solos da região semi-árida do Rio Grande do Norte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.819-823, 1997.
- GUILHERME, L. R. G.; RENÓ, N. B.; MACHADO, R. A. F.; CURI, N.; SILVA, M. L. N. 1993. Sorção de fósforo em solos de várzea. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia-GO. **Anais...**Goiânia: SBCS.
- KER, J. C.; FONTES, M. P. F.; SOUZA, A. R.; RESENDE, M. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. **Revista Ceres**, v.43, n.246, p.216-226, 1996.
- LOPES, A. S.; GUIDOLIN, J. A. **Interpretação de análise do solo: conceitos e aplicações**. 2.ed. São Paulo: ANDA. 64p. 1989.
- MEHADI, A. A.; TAYLOR, R. W. Phosphate adsorption by two highly-weathered soils. **Soil Science Society America Journal**, v.52, p.627-632, 1998.

- MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V. Adsorção de fósforo em solos do Estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.7-12, 2006.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Ed.: Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 399p. 1999.
- OLSEN, S. R.; WATANABE, F. S. A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the Langmuir isotherm. **Soil Science Society of American Proceedings**, v.21, p.144-149, 1957.
- PEREIRA, M. G. 1996. **Formas de Fe, Al e Mn como índices de pedogênese e adsorção de fósforo em solos do Estado do Rio de Janeiro**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; COSTA, L. M. et al. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p.953-964, 2004.
- SANYAL, S. K.; De DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Soil Science**, v.16, p.1-120, 1991.
- SILVA, S. R. R. **Zoneamento geoambiental da Bacia do Açude Camará - PB, utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 2006. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.
- SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. New York: Oxford University Press. 234p. 1989.
- VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. **Bragantia**, v.62, n.1, p.111-118, 2003.
- WOODRUFF, J. R.; KAMPRATT, E. J. Phosphorus adsorption as maximum measured by the Langmuir isotherm and its relation hip to phosphorus availability. **Soil Science American Proceeding**, v.29, p.148-150, 1965.