

CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO: CORRELAÇÃO COM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

José Cícero Rodrigues da Silva¹, Gilson Moura Filho², Leila Cruz da Silva Calheiros³, Julia de Omena⁴, Ascânio da Cunha Moreno⁵.

¹Discente de Agroecologia do *Campus* de Engenharia e Ciências Agrárias-CECA da Universidade Federal de Alagoas-UFAL; ^{2,3}Docentes da Universidade Federal de Alagoas-UFAL do *Campus* de Engenharia e Ciências Agrárias-CECA; ⁴Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal de Alagoas-CECA/UFAL; ⁵Discente de agronomia do *Campus* de Engenharia e Ciências Agrárias-CECA da Universidade Federal de Alagoas-UFAL.

RESUMO: O fósforo (P) é um macronutriente primário fundamental para o desenvolvimento das plantas, influenciando em vários processos. Contudo, a adsorção do P no solo, é um fator crucial para a disponibilidade desses nutrientes para as plantas, podendo ser influenciado por atributos químicos e físicos do solo. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) dos solos de Alagoas e sua relação com os atributos químicos do solo (pH, P, P-rem, K, Na, H+Al, Ca, Mg, Al, M.O) e CMAP ajustadas a isotermas de Langmuir. Os resultados indicam variação na capacidade de fixação de P, com atributos como matéria orgânica, CTC e acidez potencial mostrando correlação significativa com a CMAP, influenciando a disponibilidade de P nos solos.

PALAVRAS CHAVE: Fósforo; Capacidade Máxima de Adsorção de Fosfatos; Atributos Químicos

MAXIMUM PHOSPHORUS ADSORPTION CAPACITY: CORRELATION WITH SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES

ABSTRACT: Phosphorus (P) is a primary macronutrient essential for plant development, influencing various processes. However, P adsorption in the soil is a crucial factor for the availability of this nutrient to plants and can be influenced by chemical and physical soil attributes. In this context, this study aimed to evaluate the maximum phosphorus adsorption capacity (CMAP) of soils from Alagoas and its relationship with soil chemical attributes, evaluating chemical attributes (pH, P, P-rem, K, Na, H+Al, Ca, Mg, Al, OM) and CMAP adjusted to Langmuir isotherms. The results indicated variation in P fixation capacity, with attributes such as organic matter, CEC (cation exchange capacity), and potential acidity showing significant correlation with CMAP, influencing the availability of phosphorus in the soils.

KEYWORDS: Phosphorus; Maximum Phosphorus Adsorption Capacity; chemical attributes

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um macronutriente primário fundamental para o desenvolvimento das plantas, pois influencia em vários processos celulares, tais como fotossíntese, respiração celular, transferência e armazenamento de energia e crescimento celular. No entanto, a adsorção de fósforo (P) no solo é um fator crucial que afeta a disponibilidade desse nutriente para as plantas, esse fenômeno pode ser influenciado por parâmetros físicos e químicos (Corrêa et al., 2011).

O teor de argila é um dos principais atributos para indicar a adsorção de P no solo. Dentre os componentes da fração argila, a goethita e caulinita mostraram maior correlação VIII Semana da Agronomia. 11 a 14 de novembro de 2024. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo – AL

com a adsorção de P (Moreira et al., 2006). Contudo, outros atributos químicos também se correlacionam, como acidez potencial (H+Al), teores de ferro (Fe), alumínio (Al), pH, matéria orgânica (M.O), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V%) (Moreira et al., 2006; Corrêa et al., 2011).

Este estudo teve como objetivo avaliar a capacidade máxima de adsorção de fósforo dos solos de Alagoas e sua relação com os atributos químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram coletadas 11 amostras compostas de solo na profundidade de 0 a 20 cm em locais de mata nativa de municípios de Alagoas (Pariconha, Mata Grande, Penedo, Piranhas, Coruripe, Arapiraca, São Miguel dos Campos, São Sebastião, União dos Palmares, Rio Largo e Joaquim Gomes).

A análise química foi feita seguindo procedimentos adotados no Laboratório de Solos, Água e Planta (LABSAP) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, ao qual foram determinados o pH em água (1:25), os teores de P, de potássio (K) e de sódio (Na) foram extraídos em Mehlich-1 (Embrapa, 1997), em que o fósforo disponível foi determinado por colorimetria (Braga e Defelipo, 1974) e os cátions trocáveis K e Na foram determinados por fotômetro de chama. A acidez potencial (H+Al) foi feita indiretamente com leitura de pH com a solução tampão SMP. Os elementos trocáveis cálcio (Ca), magnésio (Mg) e Alumínio (Al) foram extraídos com solução de cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria de neutralização (Embrapa, 1997). A M.O foi feita pelo método colorimétrico.

Os teores de Fe e Al cristalinos e amorfos e complexados por M.O foram determinados seguindo método de Mehra & Jackson (1960) em diferentes soluções (Ditionito-Citrato-Bicarbonato, Oxalato de Amônio e Solução de Pirofosfato de Sódio).

Para determinação de P-rem, foram preparadas soluções de CaCl₂ a 0,01M com concentrações de P variando de 0 a 60 mg L⁻¹. O P-rem foi determinado conforme metodologia de Alvarez et al. (1990).

A determinação da CMAP foi realizada com doses crescentes de P, de acordo com os valores de P-rem. Para tal, amostras com 2,5 cm³ de solo foram agitadas com 25 ml de solução de CaCl₂ (0,01M) com doses crescentes de P, variando entre 0 e 135 mg L⁻¹, foi agitado por 24 h em agitador vertical para serem centrifugadas por 5 min a 3000 rpm, o P determinado foi por colorimetria a 725 nm de comprimento de onda (Braga e Defelipo, 1974).

O P adsorvido foi calculado pela equação:

$$qe = \frac{(Co - Ce)V}{m} \quad Eq. 1$$

Em que:

qe: quantidade de P em solução de equilíbrio (mg g⁻¹); Co: concentração de P observada (mg L⁻¹); Ce: concentração de P esperada (mg L⁻¹); V: volume da solução extratora (mL); m: massa utilizada da amostra de solo (g).

A partir dos dados obtidos construiu-se as isotermas de adsorção com o modelo proposto por Langmuir, aos quais foram usadas para estimar o CMAP e a constante associada a energia de adsorção (K_L).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de ferro livre mais cristalino (Fe_d) variaram de 1,07 a 32,23 g kg⁻¹, os teores de ferro amorfo (Fe_o) foram de 1,28 a 26,78 g kg⁻¹ e os teores de ferro complexado por matéria orgânica (Fe_p) foram entre 0,39 a 2,26 g kg⁻¹. Foram verificados teores de alumínio livre mais cristalino (Al_d) entre 0,24 e 19,01 g kg⁻¹, os teores de alumínio amorfo VIII Semana da Agronomia. 11 a 14 de novembro de 2024. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo – AL

(Al_o) foram 0,33 a 0,94 g kg⁻¹ e os teores de alumínio complexado por matéria orgânica (Al_p) foram de 0,21 a 2,45 g kg⁻¹.

Al_p e Fe_p ligados à Matéria Orgânica e, portanto, seus teores variam principalmente em função da quantidade desse material nos solos. De maneira geral, os valores de Al_p são maiores que os Fe_p, demonstrando maior afinidade dos óxidos de Al com a matéria orgânica, quando comparados aos óxidos de Fe.

Os valores de P-Rem, variando de 21,7 a 56,1 mg L⁻¹, apresentaram grande amplitude e indicando ampla variação na capacidade de fixação de P nas amostras de solo estudadas.

A partir dos dados obtidos construiu-se isotermas de adsorção com o modelo proposto por Langmuir. As equações lineares, coeficientes de determinação (R²) e demais atributos estão na Tabela 1, a partir das equações de regressão linear, foi estimado a CMAP e K_L, cumprindo as pressuposições da isoterma de Langmuir (Alvarez, 1982). Os valores de CMAP variaram de 0,121 a 0,938 mg g⁻¹, resultados semelhantes na amplitude de variação dos valores de CMAP foram obtidos por Lima (2018).

Tabela 1: Equação de Langmuir, CMAP e K_L de diferentes solos de Alagoas

Solo	Eq. de Langmuir	R ²	CMAP (mg g ⁻¹)	K _L (mg L ⁻¹)
Neossolo Regolítico (RR)	$\hat{Y} = 6,483 + 35,516x$	0,989	0,154	0,183
Neossolo Quartzarênico (RQ)	$\hat{Y} = 7,500 + 21,627x$	0,994	0,134	0,339
Argissolo Amarelo Distrocoeso (PA1)	$\hat{Y} = 6,300 + 48,181x$	0,992	0,166	0,118
Planossolo Háptico (SX)	$\hat{Y} = 3,077 + 10,006x$	0,973	0,352	0,207
Argissolo Amarelo Distrocoeso (PA2)	$\hat{Y} = 4,091 + 27,406x$	0,982	0,245	0,149
Latossolo Vermelho (LV)	$\hat{Y} = 3,851 + 20,212x$	1,000	0,260	0,191
Argissolo Amarelo Distrocoeso (PA3)	$\hat{Y} = 2,381 + 4,7101x$	0,990	0,420	0,504
Latossolo Vermelho Amarelo (LVA)	$\hat{Y} = 4,073 + 28,870x$	0,980	0,246	0,140
Argissolo Vermelho Amarelo (PVA)	$\hat{Y} = 1,672 + 6,332x$	0,975	0,597	0,265
Latossolo Amarelo Distrocoeso (LA1)	$\hat{Y} = 1,021 + 1,218x$	0,990	0,998	0,731
Latossolo Amarelo Distrocoeso (LA2)	$\hat{Y} = 1,203 + 3,383x$	0,980	0,831	0,356

A energia de adsorção (K_L) variou de 0,118 a 0,731 mg L⁻¹ nas amostras de solo estudadas, evidenciando que a adsorção de P está mais relacionada com a CMAP do que com a K_L. Os coeficientes de correlação dos atributos dos solos com a CMAP foram, em sua maioria, positivos e em alguns significativos a 1% ou a 5% de probabilidade de acordo com o teste t (Tabela 2). De maneira geral, neste trabalho, foi observado relações com P-Rem (r = -0,988, p < 0,05); M.O (r = 0,808, p < 0,05); CTC (r = 0,699, p < 0,05); H+Al (r = 0,679, p < 0,05); Argila (r = 0,849, p < 0,05); teores de Fe (r = 0,792, p < 0,05) e Al (r = 0,792, p < 0,05).
 VIII Semana da Agronomia. 11 a 14 de novembro de 2024. Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo – AL

= 0,871, $p < 0,05$) complexados por Matéria Orgânica, indicando que contribuem no processo de adsorção de P. E, corroborando com Farias *et al.* (2009) há uma correlação negativa entre a CMAP com o P-Rem que, no entanto, foi considerada significativa pelo teste t

Tabela 2: Resultados da análise estatística, obtidos por correlação, regressão e teste t, em que CMAP é a variável correlacionada com os demais atributos das amostras de solo.

Atributos	r	R ²	Test t
pH	-0,114	0,013	0,739ns
P	-0,078	0,006	0,819ns
K	-0,228	0,052	0,500ns
Ca	0,097	0,009	0,777ns
Mg	0,109	0,012	0,750ns
Al	0,494	0,244	0,122ns
H+Al	0,679	0,461	0,022*
SB	0,069	0,005	0,841ns
CTC	0,699	0,489	0,017*
V	-0,367	0,135	0,267ns
M	0,339	0,115	0,308ns
MO	0,808	0,653	0,003**
Argila	0,849	0,721	0,006**
P-Rem	-0,988	0,976	0,000**
Fed	0,437	0,191	0,179ns
Ald	0,540	0,292	0,086ns
Feo	0,304	0,092	0,364ns
Alo	0,316	0,100	0,344ns
Fep	0,792	0,627	0,004**
Alp	0,871	0,759	0,005**

A relação da CMAP e a M.O foi considerada positiva. Moreira (2006) estudando a Adsorção de P em solos do Estado Ceará cita Wild (1950), que afirma a existência dessa correlação está ligada aos íons orgânicos carregados negativamente que compartilham as valências dos cátions fazendo pontes com os íons fosfatos.

A relação da CMAP com a CTC apresentou expressiva relação por estar, também, ligada com a concentração de argila e matéria orgânica, atributos que estão relacionados com a CMAP.

A relação da CMAP com a Acidez potencial (H+Al) foi observada de forma direta, também foi observada por Corrêa et al. 2011). A relação da CMAP com os teores de Fe complexados por Matéria Orgânica (Fe_p) foi considerada boa, possivelmente pela atuação da Matéria Orgânica. A relação da CMAP com os teores de Al complexados por Matéria Orgânica (Al_p) apresentou intervenção, possivelmente por conta da Matéria Orgânica.

As análises de regressão realizadas entre a CMAP e os atributos do solo resultaram em equações, em que a CMAP pode ser estimada utilizando dados de P-Rem; Matéria Orgânica; CTC; Acidez potencial (H+Al); Argila; Fe e Al complexados pela matéria orgânica e Al livre mais cristalino. A relação da CMAP com o P-Rem possui regressão de excelente ajuste, assim como Corrêa et al. (2011).

CONCLUSÃO

Os valores de P-Remanescente apresentaram variação de 21,7 a 56,1 mg L⁻¹, indicando que os solos estudados apresentam capacidade de fixação de fósforo muito diferentes.

Dos atributos estudados, o P-rem, M.O, CTC, Acidez potencial, Teores de Fe e Al complexados pela matéria orgânica, apresentam correlação significativa com a CMAP e influenciam no comportamento do P no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez V., V.H. Efecto de los factores cantidad, insentidad y capacidade amortiguadora de fosfato em la evaluación del fósforo disponible de suelos derivados de cenizas vulcânicas de la Meseta Tarasca, Edo. Michoacáu. Chapingo, México; Colégio de Postgraduados. Tese de Doutorado, **1982**. 300p.
- Alvarez V. V. H.; Fonseca, D.M. Definição de doses de fósforo para a determinação da capacidade máxima de adsorção de fosfato e para ensaios de casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **1990**, 14, 49-55.
- Braga, J.M.; Defelipo, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, **1974**, 21, 73-85.
- Corrêa, R.M.; Nascimento, C.W.A.; Rocha, A.T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. *Acta Scientiarum Agronomy*, **2011**, 33, 153-159.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa. Manual de Métodos de Análise de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, **1997**. 212p.
- Farias, D. R.; Oliveira, F. H. T.; Santos, D.; Arruda, J. A.; Hoffmann, R. B.; Novais, R. F. Fósforo em solos representativos do Estado da Paraíba. I – Isotermas de adsorção e medidas do fator capacidade de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **2009**, 33, 623-632.
- Lima, L.C. Avaliação da adsorção e dessorção de fósforo por solos agricultáveis com citros. **2018**. Graduação (Química Licenciatura) – Universidade Federal de Alagoas, Arapiraca, 2018
- Mehra, O.P.; Jackson, M.L. Iron oxide removal from soil and clays by dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner.*, **1960**, 5, 317-327.
- 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*, **2006**, 37, 7-12.