

P-REMANESCENTE E ARGILA NA ESTIMATIVA DA CAPACIDADE DE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE FÓSFORO

Ascânio da Cunha Moreno¹, Adalto Alexandre dos Santos², Adriano Barboza Moura²,
Leila Cruz da Silva Calheiros³, Julia de Omena²

¹Discente de agronomia do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias-CECA/UFAL; ²Engenheiro-Agrônomo pelo *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias-CECA/UFAL; ³Prof. Dra. da Universidade Federal de Alagoas-UFAL do *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias-CECA/UFAL

RESUMO: O uso da adubação fosfatada nos solos depende do conhecimento de sua adsorção de fosfatos e normalmente, essa característica está associada à sua textura e os demais atributos químicos dos solos. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi determinar P-remanescente por dois métodos, correlacionar com a capacidade máxima de adsorção de fósforo (P) e elaborar e elaborar classes de adsorção de P para recomendação de adubação fosfatada. Para isso, foram realizadas análises químicas e físicas em onze amostras de solos de Alagoas e determinação de P-remanescente (padrão e rotina) e capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP). O P-remanescente, pelos dois métodos, mostraram correlações altas e conseguiram separar bem as classes de adsorção de P, bem superior aos teores de argila. Ambos os métodos de determinação de P-remanescente foram altamente correlacionados entre si.

PALAVRAS CHAVE: fixação de fósforo, textura do solo, adubação fosfatada.

REMAINING P AND CLAY IN THE ESTIMATION OF MAXIMUM PHOSPHORUS ADSORPTION CAPACITY

ABSTRACT: The use of phosphate fertilization in soils depends on understanding phosphate adsorption, which is typically associated with soil texture and other chemical properties. In this context, the objective of this study was to determine remaining P by two methods, correlate it with the maximum phosphorus (P) adsorption capacity and establish P adsorption classes for phosphate fertilization recommendations. For this, chemical and physical analyses were performed on eleven soil samples from Alagoas, determining remaining P (standard and routine) and maximum phosphorus adsorption capacity (MPAC). The remaining P, using both methods, showed high correlations and effectively distinguished the P adsorption classes, outperforming clay content. Both methods for determining remaining P were highly correlated with each other.

KEYWORDS: phosphorus fixation, soil texture, phosphate fertilization.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um macronutriente primário fundamental para o desenvolvimento das plantas, pois interfere em vários processos celulares, tais como fotossíntese, respiração celular, transferência e armazenamento de energia e crescimento celular. Os solos brasileiros apresentam, por natureza, baixos teores de P devido ao material de origem dos solos, grau de intemperismo e sua interação com o solo, portanto para se ter um bom desenvolvimento das plantas e alcançar alta produtividade é de suma importância à adubação fosfatada (Carneiro et al., 2011; Silva et al., 2015).

Nem todo o fósforo aplicado ao solo fica disponível para as plantas, isso por que parte do nutriente pode ser fixado ao solo, processo conhecido como adsorção de P. Esse fenômeno pode ser influenciado por atributos físicos e químicos do solo (Corrêa et al., 2011).

O teor de argila é um dos principais atributos para indicar adsorção de P no solo. Dentre os componentes da fração argila, a goethita e caulinita mostraram maior correlação com a adsorção de P (Bahia Filho et al., 1983; Moreira et al., 2006). Contudo, outros atributos químicos também se correlacionam, como acidez potencial (H+Al), teores de ferro (Fe) e alumínio (Al) presentes no solo, pH, matéria orgânica, CTC do solo, capacidade de campo (CC), saturação por bases (V%). Vários atributos podem influenciar a adsorção de P, e conseqüentemente, o P disponível na solução do solo, onde as plantas absorvem o nutriente para o seu desenvolvimento (Moreira et al., 2006; Corrêa et al., 2011).

Nesse sentido, o objetivo desse trabalho foi determinar P-remanescente pelos métodos padrão e de rotina e correlacionar com a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) e elaborar classes de adsorção de P, para recomendação de adubação fosfatada.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e preparo das amostras

Foram coletadas 11 amostras compostas de solo na profundidade de 0 – 20 cm em locais de mata nativa, das regiões Litorânea, Agreste e Sertão do Estado de Alagoas.

As amostras foram coletadas com trado holandês de aço inox, foram identificadas e secas à 30 °C em estufa de ventilação forçada por 4 dias. Logo após foram processadas em peneira de 10 mesh (2 mm) e acondicionadas em sacos plásticos para posterior realização das análises. As análises granulométricas e de fertilidade foram feitas no Laboratório de Solo, Água e Planta (LABSAP) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, de acordo com Teixeira et al. (2017).

Análises físicas: A análise granulométrica feita pelo método do densímetro com modificações (areia, foi feita por peneiramento). E determinados os teores de areia grossa, areia fina, silte e argila seguindo os procedimentos adotados por Teixeira et al. (2017).

Análises químicas: Foram determinados pH em água, P, K, Ca, Mg, Al, H+Al e matéria orgânica. As determinações de P em solução foram feitas colorimetricamente, pelo método do ácido ascórbico (Braga e Defelipo, 1974). As determinações de Ca, Mg e Al feitas por titulação, H+Al foi feito indiretamente com leituras de pH em SMP, matéria orgânica pelo método colorimétrico, seguindo a metodologia do Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes, Embrapa (2009).

P-Remanescente Padrão P-rem (P): A determinação do P remanescente no método padrão foi feita com amostras em duplicatas, com uma solução em equilíbrio obtida após agitação de uma amostra de solo de 2,5 cm³ com 25 mL de solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo 60 mg L⁻¹ de P, durante 1 h em agitador vertical (ALVAREZ V. et al., 2000). Após centrifugar por 5 min a 3000 rpm, em seguida foi filtrado, e o P contido em solução, este foi dosado colorimetricamente em feixe de luz a 725 nm. (Braga E Defelipo, 1974).

P-Remanescente Rotina P-rem (R): O método de rotina foi feito com amostras duplicatas, a determinação do P remanescente foi feita com uma solução em equilíbrio obtida após agitação de uma amostra de solo de 5 cm³ com 50 mL de solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo 60 mg L⁻¹ de P, com agitação horizontal por 5 min e repouso por cerca de 16 h (Teixeira et al 2017). Em seguida retirou-se o sobrenadante e determinou-se o P 22 em solução, colorimetricamente na faixa de luz de 725 nm (Braga E Defelipo, 1974).

Capacidade máxima de adsorção de P (CMAP): A determinação da Capacidade Máxima de Adsorção de P (CMAP) foi feita com as doses crescente de P, de acordo com os valores de P remanescente, determinado pelo Método Padrão. Em duplicata, retirou-se 2,5 cm³ de solo, com 25 mL da solução de CaCl₂ 0,01 M, contendo doses crescentes de P, agitados por 24h, em agitador vertical, em seguida centrifugada por 5 min a 3000 rpm para a determinação do P em solução colorimetricamente, na faixa de luz de 725 nm.

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.

Os valores da CMAP foram avaliados e ajustados à isoterma de adsorção, pela equação de Langmuir linearizada, optando pela segunda região da isoterma de Langmuir. Os ajustes foram feitos por meio de equação de regressão e desenvolvido no Excel. Foi adotada essa classificação de adsorção de P, em mg kg⁻¹, foi dividida em Baixa (0 – 0,250), Média (0,251- 0,650), Alta (0,651 – 1,100) e Muito Alta (> 1,100).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão os resultados das análises químicas e granulométrica dos 11 solos. Os resultados variam bastante, de acordo com as características químicas e granulométrica, fatores que influenciaram na variação da CMAP, P-Rem e as diferentes formas de Fe e Al, que serão discutidos posteriormente.

Tabela 1: Atributos da fertilidade, granulometria e mineralógicos dos solos estudados.

----- AMOSTRAS DE SOLO -----											
ATRIBUTOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pH	5,9	4,7	4,7	6,3	4,6	5,6	4,7	5,5	5,2	5,2	4,7
P ¹	9	14	3	153	5	5	5	3	6	5	4
K ¹	75	30	75	185	50	350	58	126	20	45	83
Ca ²	2,63	0,50	1,25	4,11	1,96	2,36	1,37	1,20	2,33	2,33	1,20
Mg ²	0,76	0,22	1,03	1,75	0,60	1,39	0,59	0,80	0,89	0,86	0,97
Al ²	0,09	0,26	0,64	0,00	1,29	0,13	0,92	0,00	0,87	0,66	1,34
H+Al ²	2,31	2,24	7,92	2,74	7,06	4,67	7,56	2,80	6,22	8,43	10,59
SB ²	3,69	0,89	2,60	6,44	2,80	4,80	2,22	2,45	3,48	3,46	2,51
CTC ³	6,00	3,13	10,52	9,18	9,86	9,47	9,78	5,25	9,70	11,89	13,10
V ³	62	28	25	70	28	51	23	47	36	29	19
m ³	2	23	20	0	32	3	29	0	20	16	35
M.O. ⁴	21,9	7,4	32,4	19,9	33,6	28,2	39,8	16,2	33,2	49,1	56,6
Areia ⁴	740	920	840	710	690	660	650	610	460	540	400
Silte ⁴	210	20	40	160	150	100	90	90	200	80	140
Argila ⁴	50	60	120	130	160	240	260	300	340	380	460
CMAP ⁵	0,15	0,14	0,16	0,34	0,23	0,27	0,44	0,26	0,46	1,31	0,87
P-Rem ⁶	56,1	55,6	54,5	43,5	49,8	48,3	39,2	51,6	36,4	21,7	23,2
Fe _d ⁴	1,07	1,08	4,22	13,11	11,44	30,30	14,64	32,23	23,34	23,91	18,69
Al _d ⁴	0,79	0,78	1,16	3,82	6,34	9,25	0,24	13,21	11,22	19,01	3,55
Fe _o ⁴	1,28	1,69	1,94	13,60	3,12	4,83	26,78	2,97	12,41	6,64	6,94
Al _o ⁴	0,41	0,33	0,47	0,61	0,73	0,84	0,94	0,51	0,63	0,78	0,48
Fe _p ⁴	0,50	0,63	0,39	0,59	1,50	0,70	0,98	0,54	0,91	2,26	1,33
Al _p ⁴	0,21	1,02	0,94	1,17	1,27	0,48	1,66	0,59	1,48	2,45	1,91

(1) mg dm⁻³; (2) cmolc dm⁻³; (3) %; (4) g kg⁻¹; (5) mg kg⁻¹; (6) mg L⁻¹; (d) Extração por ditionito-citrato-bicarbonato de sódio (DCB); (o) Extração por oxalato ácido de amônio; (p) Extração por pirofosfato de sódio.

Os resultados das determinações de P-rem pelos métodos padrão e de rotina, junto com a classificação textural e os valores de capacidade de adsorção de P, encontram-se na tabela 2. Percebe-se, claramente, que os valores de P-Rem conseguiram uma boa distinção na classificação de adsorção de P, bem superior a classe textural dos solos. Isso é verificado pelos maiores valores dos coeficientes de correlação de CMAP x P-Rem-P (-0,985), CMAP x P-Rem-R (-0,979) e CMAP x argila (0,845), concordando com vários trabalhos na literatura (Bahia Filho et al, 1983; Valladares et al, 2003; Oliveira et al, 2014).

Vilar et al (2010) concluíram que o P-Rem apresentou correlação significativa ($p < 0,01$) com a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP) dos solos estudados. Corrêa et al (2011), analisando a CMAP em solos do estado de Pernambuco, concluíram que o P-Rem é um atributo confiável para a estimativa da CMAP dos solos de Pernambuco.

Nesse caso, as tabelas de recomendação de adubação fosfatada podem incluir os valores de CMAP, baseado nos teores de P-Rem, determinado pelo método de rotina (P-Rem-P x P-Rem-R (0,992; $p < 0,01$). Esse é mais rápido e de fácil determinação.

Tabela 2. Valores de CMAP, classificação textural e teores de P remanescente.

Solo	CMAP	C. A. ¹	Textura	P-Rem (P)	P-Rem (R)
1 (RR)	0.15	Baixo	Arenosa	56.1	53.1
2 (RQ)	0.14	Baixo	Arenosa	55.6	54.8
3 (PA1)	0.16	Baixo	Arenosa	54.5	53.8
4 (SX)	0.34	Médio	Arenosa	43.5	41.8
5 (PA2)	0.23	Baixo	Média	49.8	49.4
6 (LV)	0.27	Médio	Média	48.3	46.6
7 (PA3)	0.44	Médio	Média	39.2	37.0
8 (LVA)	0.24	Baixo	Média	51.6	49.2
9 (PVA)	0.46	Médio	Média	36.4	34.3
10 (LA1)	0.98	Alto	Argila	21.7	22.5
11 (LA2)	0.87	Alto	Argila	23.2	26.6

RR: Neossolo Regolítico; RQ: Neossolo Quartzarênico; PA1: Argissolo Amarelo Distrocoeso; SX: Planossolo Háplico; PA2: Argissolo Amarelo Distrocoeso; LV: Latossolo Vermelho; PA3: Argissolo Amarelo Distrocoeso; LVA: Latossolo Vermelho Amarelo; PVA: Argissolo Vermelho Amarelo; LA1: Latossolo Amarelo Distrocoeso; LA2: Latossolo Amarelo Distrocoeso; (1) Classificação de adsorção.

CONCLUSÕES

O P-remanescente, pelos dois métodos, mostraram correlações altas e conseguiram separar bem as classes de adsorção de P, bem superior aos teores de argila. Ambos os métodos de determinação de P-remanescente foram altamente correlacionados entre si.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bahia Filho, A.F.C.; Braga, J.M.; Resende, M.; Ribeiro, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de latossolos do planalto central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **1983**, 7, 221-226.
- Braga, J.M.; Defelipo, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, **1974**, 21, 3-85.
- Carneiro, L.F.; Resende, A.V.; Neto, A.E.F.; Santos, J.Z.L.; Curi, N.; Reis, T.H.P.; Valle, L.A.R. Frações de fósforo no solo em resposta à adubação fosfatada em um latossolo com diferentes históricos de uso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **2011**, 35, 483-491.
- 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.
- Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, **2009**, 627. ISBN 978-85-7383-430-7.
- 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, 1, 7-12.
- Oliveira, C.M.B.; Gatiboni, L.C.; Miquelluti, D.J.; Smyth, T.J.; Almeida, J.A. Capacidade máxima de adsorção de fósforo e constante de energia de ligação em latossolo bruno em razão de diferentes ajustes do modelo de Langmuir. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **2014**, 38, 1805-1815.
- Silva, R.R. Adubação fosfatada com fertilizante Basiduo® na cultura da soja no oeste da Bahia. *J. Bioen. Food*, **2015**, 2, 82-90.
- Teixeira, P.C.; Donagemma, G.K.; Fontana, A.; Teixeira, W.G. Manual de métodos de análises de solo. 3. ed. e ampl., Brasília, DF: Embrapa, **2017**. 573p.
- Valladares, G. S.; Pereira, M. G.; Anjos, L. H. C. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. *Bragantia*, **2003**, 62, 111- 118.
- Vilar, C.C.; Costa, A.C.S.; Hoepers, A.; Souza Junior, I.G. Capacidade máxima de adsorção de fósforo relacionada a formas de ferro e alumínio em solos subtropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, **2010**, 34, 1059-1068.