



## Fósforo extraído por Mehlich I e Resina de Troca Aniônica em Neossolo submetido à calagem

**Everton Martins Arruda<sup>(1)</sup>; Regina Maria Quintão Lana<sup>(2)</sup>; Hamilton Seron Pereira<sup>(2)</sup>**

<sup>(1)</sup> Doutorando do curso de Pós-Graduação em Agronomia (Área de concentração Solo e Água), Universidade Federal de Goiás; Goiânia, Goiás. E-mail: arruda.solos@gmail.com

<sup>(2)</sup> Professor(a) do Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia; Uberlândia, Minas Gerais;

**RESUMO:** Existem dúvidas na utilização de extratores para quantificação de fósforo na solução do solo, pois a disponibilidade deste elemento sofre bastante influência da calagem. Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o fósforo disponível através dos métodos Mehlich I e Resina de Troca Aniônica em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) sob diferentes condições de calagem e doses de fósforo. O experimento foi realizado em condições de laboratório. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, (DBC), consistindo esquema fatorial com três doses de fósforo na forma de superfosfato triplo (0, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) e três condições de correção do solo (1. Aplicação de calcário aos 30 dias antes da aplicação do fósforo; 2. Aplicação de calcário junto com o fósforo e; 3. Sem aplicação de calcário), com 4 repetições, totalizando 36 parcelas. O experimento teve duração de 150 dias, marcando o fim do ciclo de reações químicas, sendo realizadas amostragens aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação do fósforo. Foram avaliados o pH, P-Mehlich e P-Resina. Os valores de pH aumentaram com uso de calcário. Os teores de P extraídos pelo método Mehlich I foram inferiores nos tratamentos que estiveram sob prática da calagem, sendo contrários aos obtidos pelo método da Resina de Troca Aniônica, que se mostraram superiores com aplicação do calcário. As avaliações revelaram que a extração com Resina de Troca Aniônica detecta com maior eficiência os aumentos nos teores de fósforo disponível perante aplicação de calcário.

**Termos de indexação:** Calcário, Incubação, Extratores.

### INTRODUÇÃO

O grande número de métodos em uso para avaliação do teor de fósforo disponível, de certa forma, já é um indicativo da complexidade do seu comportamento no solo (Larsen et al., 1967).

O método Mehlich I (Mehlich, 1978) tem sido mais empregado ultimamente em nosso país pela sua viabilidade prática e econômica nas análises de rotina, à exceção do estado de São Paulo (Rossi & Fagundes, 1998). Contudo, essa vantagem é apenas para o trabalho laboratorial e para determinação considerada de forma isolada, pois a

eficiência de extração do P por este método sofre grande influência da capacidade tampão de fosfatos do solo (Santos, 2009). Entretanto, o método da Resina de Troca Aniônica (Raij et al., 1986) tem apresentando resultados satisfatórios em relação a outros extratores. Este método fundamenta-se na premissa de simular o comportamento do sistema radicular das plantas na absorção de fósforo do solo (Raij, 1978).

No entanto, uma característica importante na escolha de métodos de determinação de P em solos é a sua aplicabilidade em diferentes tipos de solos, principalmente no que se refere ao pH (Silva & Raij, 1999).

O aumento dos valores de pH advindos do uso de corretivos na agricultura é uma prática que contribui para aumentar a disponibilidade de P e a eficiência dos fertilizantes fosfatados (Sousa et al., 2004). No entanto, para conseguir boa disponibilidade deste elemento na solução do solo é importante o uso correto de combinações distintas de fosfatos e/ou corretivos de acidez.

Com isso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o fósforo disponível através dos métodos Mehlich I e Resina de Troca Aniônica em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) sob diferentes condições de calagem e doses de fósforo.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Goiás. Foram utilizadas amostras da camada de 0-20 cm de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), conforme Embrapa (2013).

A análise granulométrica do solo apresentou 94,5; 94,5; 22,6 e 534,9 g kg<sup>-1</sup>, de argila, silte, areia fina e areia grossa, respectivamente. A análise de fertilidade do solo apresentou 7,0 g kg<sup>-1</sup> de matéria orgânica; pH (CaCl<sub>2</sub>): 4,0; 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 0,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 1,9 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al; 0,6 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Al; 24 mg dm<sup>-3</sup> de K; P (mehlich) de 1,0 mg dm<sup>-3</sup>; CTC (cmolo dm<sup>-3</sup>): 2,2 e V(%): 12.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados (DBC) propondo um esquema fatorial consistindo de três doses de fósforo na forma de superfosfato triplo com 43% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, (0, 150 e 300 kg ha<sup>-1</sup>) e três condições de correção do solo, sendo, o carbonato de cálcio puro (CaCO<sub>3</sub>) aplicado 30 dias antes da



aplicação do fósforo (C30); o  $\text{CaCO}_3$  junto com a aplicação do fósforo (C0) e; sem aplicação de  $\text{CaCO}_3$  (SC), em doses calculadas para elevar a saturação por bases a 70%, com 4 repetições, totalizando 36 parcelas.

Os materiais foram homogeneizados em potes plásticos com 150 gramas de solo, fechados e mantidos próximos à capacidade de campo com água destilada durante 120 dias. O tratamento que recebeu  $\text{CaCO}_3$  aos 30 dias antes da aplicação de fósforo foi incubado por 150 dias no total. Após aplicação do fósforo, em cada pote foi retirada cerca de 30 gramas de solo a cada 30 dias. As amostras de solo foram levadas à estufa durante 48 horas visando encerrar as reações químicas. Desta forma, foram realizadas quatro amostragens, aos 30, 60, 90 e 120 dias após a aplicação do fósforo (DAAP). Foram realizadas análises de pH em água na proporção de 1:2,5; fósforo disponível extraído pelo método Mehlich I (Mehlich, 1978) e pelo método da Resina de Troca Aniônica (Raij et al., 1986). As análises estatísticas dos dados envolveram a análise de variância (Teste de F) e comparação de médias pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), através do programa SISVAR (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH do solo apresentaram interação significativa entre as condições de calagem e as doses de fósforo (P). Os maiores valores de pH foram verificados nas aplicações de calcário junto com aplicação de P (C0) e trinta dias antes da aplicação de P (C30) (**Tabela 1**).

Quando a calagem foi realizada junto com a aplicação do P (C0), foram obtidos maiores valores de pH. Este fato foi verificado nas amostragens realizadas aos 60 DAAP (Dias após aplicação de fósforo), propriamente na dose de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e também, nas amostragens aos 90 DAAP e 120 DAAP, tanto na dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ , quanto na dose de  $300 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Não foi verificada diferença significativa na interação entre os valores obtidos de P extraídos por Mehlich I e as condições de calagem (**Tabela 2**). Através desta indiferença, observamos ineficiência entre os tratamentos, ficando evidenciado que o extrator não conseguiu quantificar os incrementos nos teores de P do solo quando foi feita aplicação de calcário.

O Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) apresenta propriedades físico-químicas que ocasionam em baixa capacidade de retenção de P. No entanto, solos com pH mais elevado, com muito cálcio trocável, natural ou como consequência de uma supercalagem, pode ocorrer a precipitação de fosfatos adicionados ao solo (Sample et al., 1980).

O método da Resina de Troca Aniônica foi capaz de extrair maiores teores de P disponível nos tratamentos que receberam aplicação de calcário

(**Tabela 3**). Nas amostragens realizadas aos 60 DAAP e 120 DAAP foi constatada diferença significativa na interação entre as doses de P e as condições de calagem, já nas amostragens aos 30 DAAP e 90 DAAP não foi observada diferença significativa na interação, porém, os valores das médias das amostragens realizadas aos 90 DAAP foram superiores com uso do calcário (C0 e C30).

Os maiores níveis de P com uso da Resina de Troca Aniônica, mediante a prática da calagem, evidência de certa forma, a eficiência do processo de extração deste método.

Os maiores teores de P resultaram do aumento do pH do solo com a prática da calagem. Visto que ocorre precipitação do Al e Fe da solução e redução da adsorção de íons fosfatos (Camargo et al., 2010). Todavia, de acordo com Haynes (1984) a retenção de P pelo solo permanece com valores estequiométricos semelhantes, quando se substitui a precipitação do P pelo Alumínio trocável do solo ácido pela adsorção ao hidróxido de Al recém-formado pela calagem.

Na amostragem aos 120 DAAP, foi observado que o calcário associado ao P (C0) apresentou maiores níveis de P, condizendo com os maiores valores de pH também encontrados, mostrando que no decorrer do tempo e nestas condições de calagem (C0), o fósforo pode se tornar mais disponível na solução do solo.

O método da resina, embora seja indicado para solos com amplas variações de textura, não exerce influências importantes nas propriedades químicas do solo, como a capacidade de troca de ânions (RAIJ, 1978) e a capacidade de extração de P disponível (Santos & Kliemann, 2005).

Entretanto, a utilização da Resina de Troca Aniônica na determinação do P disponível de um solo, corrige ou minimiza os problemas de subestimar ou superestimar os teores reais que o solo apresenta (Raij et al., 1986).

## CONCLUSÕES

Com a prática da calagem, o método da Resina de Troca Aniônica apresenta-se como melhor opção para quantificar os teores de fósforo disponível no Neossolo Quartzarênico Órtico típico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as agências de fomento pelo auxílio através de bolsas e financiamento para a divulgação do trabalho: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

## REFERÊNCIAS

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. Fósforo em solos de cerrado submetidos a calagem. *Bioscience Journal*, 26:187-194, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Sistema Brasileiro de classificação de Solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 350p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, 6:36-41, 2008.

HAYNES, R. J. Lime and phosphate in the soil-plant system. *Advances in Agronomy*, 37:249-315, 1984.

LARSEN, S. Soil phosphorus. *Advances in Agronomy*, New York, 19:151-210, 1967.

MEHLICH, A. New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese and zinc. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 9:477-492, 1978.

RAIJ, B. V. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 2:1-9, 1978.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, N. M. Extraction of phosphorus, potassium, calcium, and magnesium from

soils by an ion-exchange resin procedure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 17:547-566, 1986.

ROSSI, C.; FAGUNDES, J. L. Determinação do teor de fósforo em solos por diferentes extratores. *Revista de Agricultura*, 73:215-227, 1998.

SAMPLE, E. C.; SOPER, R. J.; RACZ, G. J. Reactions of phosphate in soils. In.: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E. C.; KAMPRATH, E. J. The role of phosphorus in agriculture. Madison: American Society of Agronomy, 11:263-310, 1980.

SANTOS, E. A.; KLIEMANN, H. J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 35:139-146, 2005.

SANTOS, D. B. M. Distribuição do fósforo no perfil do solo sob sistema plantio direto. Dissertação de Mestrado. Brasília. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2009. 81p.

SILVA, F. C.; RAIJ, B. V. Disponibilidade de fósforo em solos avaliadas por diferentes extratores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34:267-288, 1999.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. Adubação com fósforo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E., Cerrado: Correção do solo e adubação. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, p.147-168. 2004.

**Tabela 1** - Valores de pH (H<sub>2</sub>O) em diferentes condições de calagem e doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, em Neossolo Quartzarênico Órtico no município de Jataí-GO, 2010.

Treatment P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	0	150	300	Média
Calagem <sup>1/</sup>	pH			
	----- Amostragem 30 DAAP -----			
SC	5,58 c B	5,68 b AB	5,74 b A	5,66 c
C0	7,77 b A	7,69 a A	7,67 a A	7,11 b
C30	8,02 a A	7,83 a B	7,78 a B	7,88 a
Média	7,12 A	7,07 A	7,06 A	
	----- Amostragem 60 DAAP -----			
SC	5,30 b A	5,20 b A	5,24 c A	5,25 c
C0	7,59 a A	7,58 a A	7,37 a B	7,52 a
C30	7,63 a A	7,41 a B	6,98 b C	7,34 b
Média	6,84 A	6,73 B	6,53 C	
	----- Amostragem 90 DAAP -----			
SC	4,33 b A	4,30 c AB	4,12 c B	4,25 c
C0	7,69 a A	7,78 a A	7,44 a B	7,63 a
C30	7,64 a A	7,45 b B	6,90 b C	7,33 b
Média	6,55 A	6,51 A	6,15 B	
	----- Amostragem 120 DAAP -----			
SC	4,01 c A	3,76 c B	3,61 c C	3,79 c
C0	7,89 a A	7,96 a A	7,71 a B	7,85 a
C30	7,76 b A	7,62 b B	7,21 b C	7,53 b
Média	6,55 A	6,45 B	6,17 C	

<sup>1/</sup> Calagem, onde, SC = Sem calagem. C0= Calagem realizada junto a aplicação do fósforo. C30 = Calagem realizada 30 dias antes da aplicação do fósforo. DAAP= Dias após aplicação do fósforo. \* Médias seguida de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).



**Tabela 2** - Teores de Fósforo Mehlich I em diferentes condições de calagem e doses de  $P_2O_5$ , em Neossolo Quartzarênico Órtico típico no município de Jataí-GO, 2010.

Tratamento $P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	0	150	300	Média
Calagem <sup>1/</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			
	----- Amostragem 30 DAAP -----			
SC	7,01	16,18	35,55	19,58 a
C0	6,50	21,24	30,78	19,51 a
C30	8,96	18,19	29,58	18,91 a
Média	7,49 c	18,54 b	31,97 a	
	----- Amostragem 60 DAAP -----			
SC	2,22	4,15	12,87	6,42 a
C0	2,97	5,90	12,90	7,26 a
C30	2,77	4,52	14,90	7,40 a
Média	2,66 c	4,86 b	13,56 a	
	----- Amostragem 90 DAAP -----			
SC	2,39	5,46	16,05	7,96 a
C0	3,30	6,55	14,58	8,14 a
C30	3,21	5,65	13,87	7,58 a
Média	2,97 c	5,89 B	14,83 a	
	----- Amostragem 120 DAAP -----			
SC	2,29	6,74	20,38	9,80 a
C0	3,15	7,32	22,78	11,08 a
C30	3,70	7,17	17,10	9,32 a
Média	3,05 c	7,08 b	20,08 a	

<sup>1/</sup> Calagem, onde, SC = Sem calagem. C0= Calagem realizada junto a aplicação do fósforo. C30 = Calagem realizada 30 dias antes da aplicação do fósforo. DAAP= Dias após aplicação do fósforo. \* Médias seguida de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

**Tabela 3** - Teores de Fósforo (Resina) em diferentes condições de calagem e doses de  $P_2O_5$ , em Neossolo Quartzarênico Órtico típico no município de Jataí-GO, 2010.

Tratamento $P_2O_5$ (kg ha <sup>-1</sup> )	0	150	300	Média
Calagem <sup>1/</sup>	mg dm <sup>-3</sup>			
	----- Amostragem 30 DAAP -----			
SC	22,52	50,37	72,14	48,34 a
C0	22,14	58,26	100,72	60,37 a
C30	36,88	43,21	121,06	67,05 a
Média	27,18 C	50,61 B	97,97 A	
	----- Amostragem 60 DAAP -----			
SC	8,25 b B	14,67 b B	36,32 b A	19,75 b
C0	16,42 a C	28,35 a B	46,20 a A	30,32 a
C30	13,15 ab C	20,75 b B	51,75 a A	28,55 a
Média	12,61 C	21,26 B	44,76 A	
	----- Amostragem 90 DAAP -----			
SC	9,46	18,86	42,35	23,56 b
C0	15,50	25,54	53,60	31,55 a
C30	18,56	27,65	53,65	33,29 a
Média	14,51 C	24,02 B	49,87 A	
	----- Amostragem 120 DAAP -----			
SC	5,28 b C	15,76 c B	38,69 c A	19,91 c
C0	20,59 a C	36,40 a B	83,34 a A	46,78 a
C30	13,30 a C	26,58 b B	60,67 b A	33,52 b
Média	13,06 C	26,24 B	60,90 A	

<sup>1/</sup> Calagem, onde, SC = Sem calagem. C0= Calagem realizada junto a aplicação do fósforo. C30 = Calagem realizada 30 dias antes da aplicação do fósforo. DAAP= Dias após aplicação do fósforo. \* Médias seguida de letras minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).