

# DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM SOLOS COM DIFERENTES TEXTURAS APÓS APLICAÇÃO DE DOSES CRESCENTES DE FOSFATO MONOAMÔNICO DE LIBERAÇÃO LENTA

## *PHOSPHORUS AVAILABILITY IN SOILS WITH DIFFERENT TEXTURES AFTER APPLICATION OF GROWING DOSES OF SLOW RELEASE MONOAMMONIUM PHOSPHATE*

Vanessa Júnia MACHADO<sup>1</sup>; Carlos Henrique Eiterer de SOUZA<sup>2</sup>

1. Engenheira Agrônoma, Mestranda; Universidade Federal de Uberlândia - UFU, Uberlândia, MG, Brasil. [vjunia01@globocom.com](mailto:vjunia01@globocom.com);

2. Engenheiro Agrônomo, Professor, Doutorando; Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, MG, Brasil.

[carloshenrique@unipam.edu.br](mailto:carloshenrique@unipam.edu.br).

**RESUMO:** A disponibilidade de P no solo é dependente do seu teor de argila, quanto maior o seu teor e o tempo de permanência do P no solo, maior sua adsorção e menor sua disponibilidade. O uso de fontes de liberação lenta podem aumentar esta disponibilidade, uma vez que o revestimento impede o contato do fertilizante com os óxidos, diminuindo sua adsorção. O experimento foi conduzido no Laboratório de análises de fertilidade do solo CeFert, localizado no Campus do Centro Universitário de Patos Minas, em Minas Gerais. Objetivou-se quantificar os teores de P disponível, após incubação de solos com diferentes texturas. Os tratamentos foram testemunha (sem aplicação de P) e doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50; 100; 200 e 400 mg dm<sup>-3</sup>), utilizando o fosfatado monoamônico de liberação controlada, em solo argiloso, médio e arenoso. Avaliou-se o P disponível aos 30, 60 e 90 dias da incubação do fertilizante com o solo. Os resultados demonstraram que o solo argiloso apresentou maior disponibilidade do nutriente quanto maior a dose aplicada.

**PALAVRAS-CHAVE:** MAP de liberação lenta. Disponibilidade de P. Solo arenoso. Argiloso e textura média.

## INTRODUÇÃO

Um dos fatores que mais tem contribuído para o incremento da produção de grãos brasileira nos últimos anos foi a adoção de inovações tecnológicas e práticas adequadas por parte dos produtores rurais. Dentre elas se destaca o incremento do uso de fertilizantes no processo de produção (ANDA, 2005).

Segundo Sousa e Lobato (2004) a qualidade dos fertilizantes, tipo de solo, época de aplicação, forma de aplicação ou localização e uniformidade de aplicação do adubo, são fatores que associados à umidade do solo, espécie vegetal cultivada e manejo da lavoura interferem na eficiência da adubação, podendo ocasionar perdas de nutrientes e consequente desperdício de recursos financeiros quando da adubação.

Aliado a não total absorção dos fertilizantes pelas plantas, tem-se ainda uma grande deficiência mineral das áreas agricultáveis, sendo que metade das áreas agricultáveis do planeta apresenta problemas de deficiência de P para as plantas, fato comum no cerrado brasileiro (REIS, 2007).

Os solos tropicais se caracterizam pelo elevado grau de intemperismo e pelos baixos teores de fósforo na forma disponível as plantas (Bonser et al., 1996; Rocha et al., 2005). Nesses solos o fósforo é o nutriente mais limitante para a produção agrícola

(LÓPEZ-BÚCIO et al., 2000). Por apresentar baixa mobilidade no solo (MARSCHNER, 2002; Costa et al., 2009), o fósforo é, frequentemente, o fator que restringe o crescimento de plantas (HINSINGER, 2001).

Outro ponto a ser considerado quando da aplicação de P é o fator capacidade. O fator capacidade de fósforo é definido pela razão de equilíbrio entre a quantidade de P e o P na solução do solo e representa uma medida da capacidade do solo em manter um nível determinado de P em solução. As características e o teor dos constituintes minerais da fração argila são responsáveis pela velocidade do processo de passagem do P lábil para o P não-lábil (GONÇALVES et al., 1989).

Fox e Searle (1978) indicaram que o processo de adsorção pode acontecer preferencialmente, segundo uma ordem de predomínio dos minerais de argilas 2:1, seguido pelas argilas 1:1 e óxidos de Fe e Al. A adsorção de fosfato pelos solos é influenciada pelos minerais que apresentam grupamentos superficiais Fe-OH e Al-OH, nos quais o fosfato pode ser adsorvido por meio de troca de ligantes com o estabelecimento de ligações covalentes (Mesquita Filho e Torrent, 1993).

Uma alternativa para aumentar a eficiência das adubações é o parcelamento da adubação. Outra alternativa seria usar como fonte fertilizantes de

liberação mais gradual ou controlada dos nutrientes. Estes fertilizantes são chamados de fertilizantes de liberação lenta (*slow release*) – os fertilizantes polimerizados.

Um polímero é uma macromolécula formada pela repetição de pequenas e simples unidades químicas (monômeros), ligadas covalentemente. Se somente uma espécie de monômero está presente na estrutura do polímero, este é chamado de homopolímero. Se espécies diferentes de monômeros são empregadas, o polímero recebe a denominação de copolímero. Os polímeros são produzidos sinteticamente através da reação de polimerização de seus monômeros (QMCWEB, 2010).

Os fertilizantes de liberação lenta fornecem os nutrientes gradualmente às plantas, assim, requerem menor frequência de aplicação, diminuindo os gastos com mão-de-obra para o parcelamento, evitam injúrias às sementes e raízes decorrentes de aplicações excessivas, e são pouco suscetíveis a perdas, minimizando os riscos de poluição ambiental (KHALAF; KOO, 1983; SHAVIV, 2001).

Diversas pesquisas vêm sendo realizadas visando observar a eficiência do uso de fertilizantes de liberação lenta. Na cultura da soja, na região de cerrado na safra 2006/2007, foi comprovada uma redução do custo de adubação de 36,5% com o uso de MAP polimerizado. Enquanto no milho,

somando-se a adubação de plantio e cobertura a economia com adubos chegou a 37,15%. Em algodão, em caso semelhante a cultura de milho citada, a economia na adubação foi de 38,9% em função da maior eficiência do fertilizante e da redução da dose aplicada (TINDALL, 2007).

Tindall (2007) relatou ainda que o uso deste fertilizante resultou no aumento nos teores de açúcar em plantas de beterraba, e na qualidade de batata tanto no rendimento quanto no tamanho dos tubérculos.

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a disponibilidade de P em solos da região do Alto Paranaíba - MG, com diferentes texturas, a partir da incubação de doses crescentes de fosfato monoamônico (MAP) de liberação lenta.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de análises de fertilidade do solo do UNIPAM (CeFert), localizado no Campus do Centro Universitário de Patos Minas em Minas Gerais.

Foram utilizadas amostras de três Latossolos, classificados de acordo com metodologia proposta pela EMBRAPA (2006), com diferentes texturas, argilosa, média e arenosa (Tabela 1), coletadas a uma profundidade de 0,2 a 0,4 m na região do Alto Paranaíba, Minas Gerais.

**Tabela 1.** Classificação e análise textural dos latossolos utilizados na condução do ensaio com curvas de disponibilidade de fósforo após incubação com diferentes doses de  $P_2O_5$ . Patos de Minas, MG, 2009.

Classes de Solo	Argila	Silte		Areia
		g kg <sup>-1</sup>		
Latossolo Vermelho Distrófico argiloso	380	200		420
Neossolo Quartzarênico	60	10		930
Latossolo Amarelo Distrófico médio	250	210		540

Teores de argila, silte e areia determinados pelo teste da pipeta, segundo Embrapa (1997)

De cada solo foi coletada uma amostra de 0,3 kg, depois secas ao ar, homogêneas e peneiradas em malha de 0,2 mm; em seguida procederam-se as análises para caracterização física e química, cujos resultados podem ser vistos nas Tabelas 1 e 2, respectivamente. Os teores de  $Ca^{+2}$ ,

$Mg^{+2}$ ,  $K^+$  e  $Al^{3+}$  trocáveis; acidez potencial por acetato de cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria; P-assimilável por Mehlich<sup>-1</sup>, e pH em água seguindo metodologia descrita pela Embrapa (1997), que também serviu de base para as análises físicas.

**Tabela 2.** Análise química dos latossolos utilizados na condução do ensaio com curvas de disponibilidade de fósforo após incubação com diferentes doses de  $P_2O_5$ . Patos de Minas, MG, 2009.

Solo	pH	P-Meh	P-Rem	K	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Al^{3+}$	(H+Al)	M.O.
	Água								
Argiloso	6,77	6,05	4,38	9,76	0,2	1,5	0,1	3,8	0,84
Arenoso	4,89	0,31	25,22	8,76	0,1	1,1	0,3	3,3	1,44
Textura Média	6,38	1,03	13,14	106,37	3,7	2,3	0,0	4,0	5,64

pH em água, K e P-assimilável por Mehlich-1, P-remanescente, teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$  trocáveis extraídos por KCl; acidez potencial por Acetato de Cálcio; matéria orgânica total (MOS) por titulometria, segundo metodologia Embrapa (1997).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em um esquema fatorial 5x3, constituídos de tratamentos com doses crescentes de fósforo, textura de solo, e três repetições, em um total de 45 unidades experimentais.

Os tratamentos foram: testemunha (sem aplicação de P) e doses crescentes de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50; 100; 200 e 400 mg dm<sup>-3</sup>); utilizando MAP de liberação lenta KimCoat e solos com textura argilosa, média e arenosa.

Em todos os tratamentos foi realizada a calagem, de acordo com o método de Al<sup>3+</sup> e Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup> trocáveis, de acordo com a expressão [NC= (Y x Al<sup>3+</sup>) + (X - (Ca<sup>2+</sup> + Mg<sup>2+</sup>))], com calcário calcítico comercial (Filler).

Foram utilizados 0,3 kg de amostras de terra, que foram colocadas em sacos plásticos para realização da calagem. O calcário calcítico comercial foi incorporado em todo o volume do solo, sendo este umedecido até aproximadamente 80% da capacidade de campo, incubando-se por 10 dias e, posteriormente, secas ao ar até atingirem umidade suficiente para permitir o manuseio, e posterior transporte para os potes plásticos translúcidos com 0,5 L de volume, nos quais foram aplicados os tratamentos.

O adubo fosfatado foi peneirado em malha de 0,2 mm a fim de homogeneizar sua granulometria. Após pesado, o adubo foi incorporado ao volume total do solo. As unidades experimentais foram mantidas a capacidade de campo de acordo com o peso, sendo então, feita a reposição com água destilada.

O experimento foi conduzido por 90 dias após a aplicação de fósforo e incubação do solo. A cada 30 dias após o início do experimento foram coletadas amostras de 10 cm<sup>3</sup> das unidades experimentais e determinada o teor de P-disponível por Mehlich-1, segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Os dados foram submetidos à análise de variância ajustando modelos de regressão dos parâmetros avaliados a 5% de significância, utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2000).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

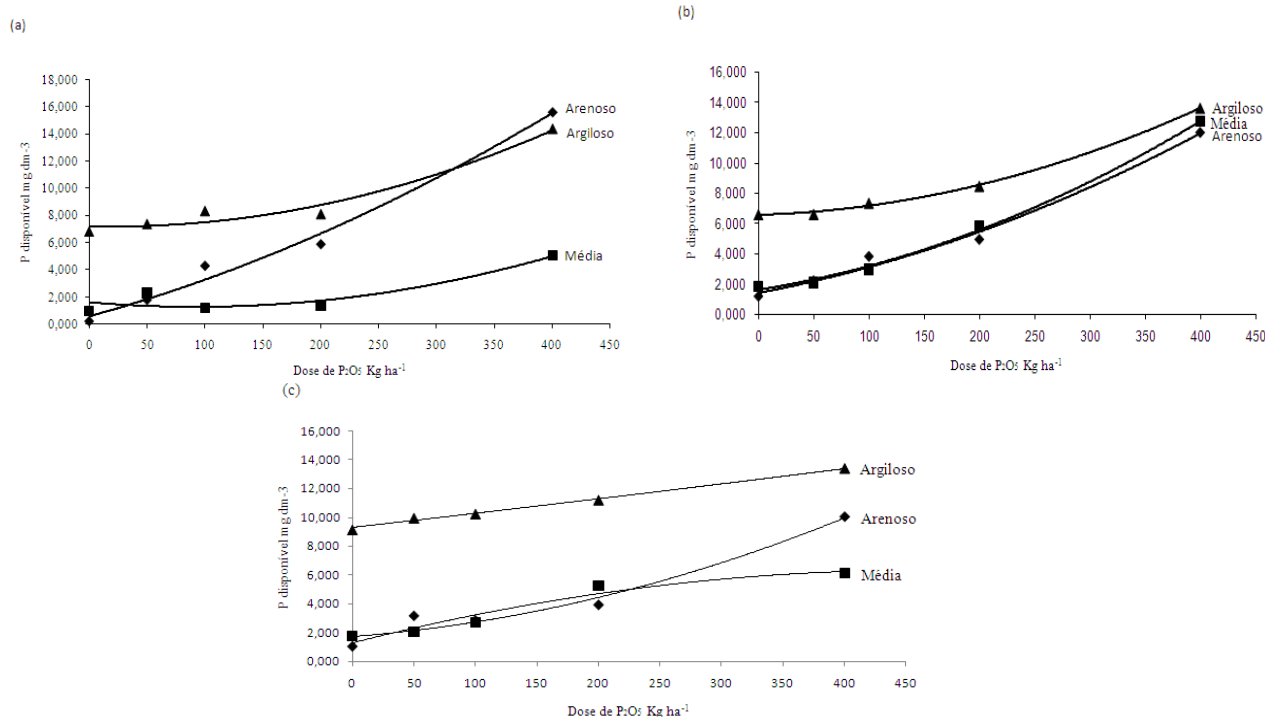
Na Figura 1, avaliou-se o teor de fósforo disponível em função de diferentes doses e tempos de avaliação. Observou-se que aos 30 dias (Figura 1a), um comportamento diferenciado em todos os solos. O solo argiloso manteve a sua disponibilidade constante até a dose de 200 kg ha<sup>-1</sup> e após essa dose

apresentou maior disponibilidade de P, sendo o incremento observado de aproximadamente 50% entre a dose de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>. Esse mesmo comportamento foi observado aos 60 dias (Figura 1b). Já aos 90 dias, em ambas as doses o teor de P disponível foi constante, pode-se inferir que após os 60 dias neste solo, o processo de fixação pode ter iniciado, principalmente na dose mais elevada (400 kg ha<sup>-1</sup>).

No solo arenoso, observa-se que aos 30 dias (Figura 1a) a disponibilidade foi linear e crescente, essa liberação foi aparentemente mais acentuada do que nos demais solos, atribui-se esse fato ao teor de P inicial ser muito baixo (0,31 mg dm<sup>-3</sup>), conforme descrito na Tabela 2. Quando um solo apresenta alta demanda por um nutriente, as cargas do solo tendem a atrair o fosfato presente nas fontes solúveis, para que o equilíbrio entre o fósforo liberado na solução e as cargas disponíveis nos colóides seja atendido. Aos 60 dias observou-se que a disponibilidade de P, permaneceu crescente em função das doses aplicadas, porém apresentaram redução nos teores em relação aos teores obtidos aos 30 dias. Aos 90 dias os teores permaneceram os mesmos dos obtidos aos 60 dias. Esse comportamento indica que no solo com textura arenosa a disponibilidade de P foi mais rápida e aos 60 e 90 dias houve a estabilização dos teores de P adsorvidos na fração trocável e a disponibilidade permaneceu constante.

No solo de textura média, observa-se que aos 30 dias, a disponibilização do fósforo foi muito baixa, não apresentando o comportamento observado nos demais solos (Figura 1a). Aos 60 dias (Figura 1b) a disponibilização do P foi mais elevada apresentando um efeito linear e crescente. E aos 90 dias (Figura 1c) houve a estabilização do P disponível. Neste solo, foi o único que se observou uma liberação mais gradual do P, apesar de ambos apresentarem teores iniciais baixos, esse comportamento pode ser explicado pelo fato deste solo apresentar elevado teor de matéria orgânica atuando como um tamponante no solo, assim somente quando houve uma demanda e que estimulou a liberação do P revestido.

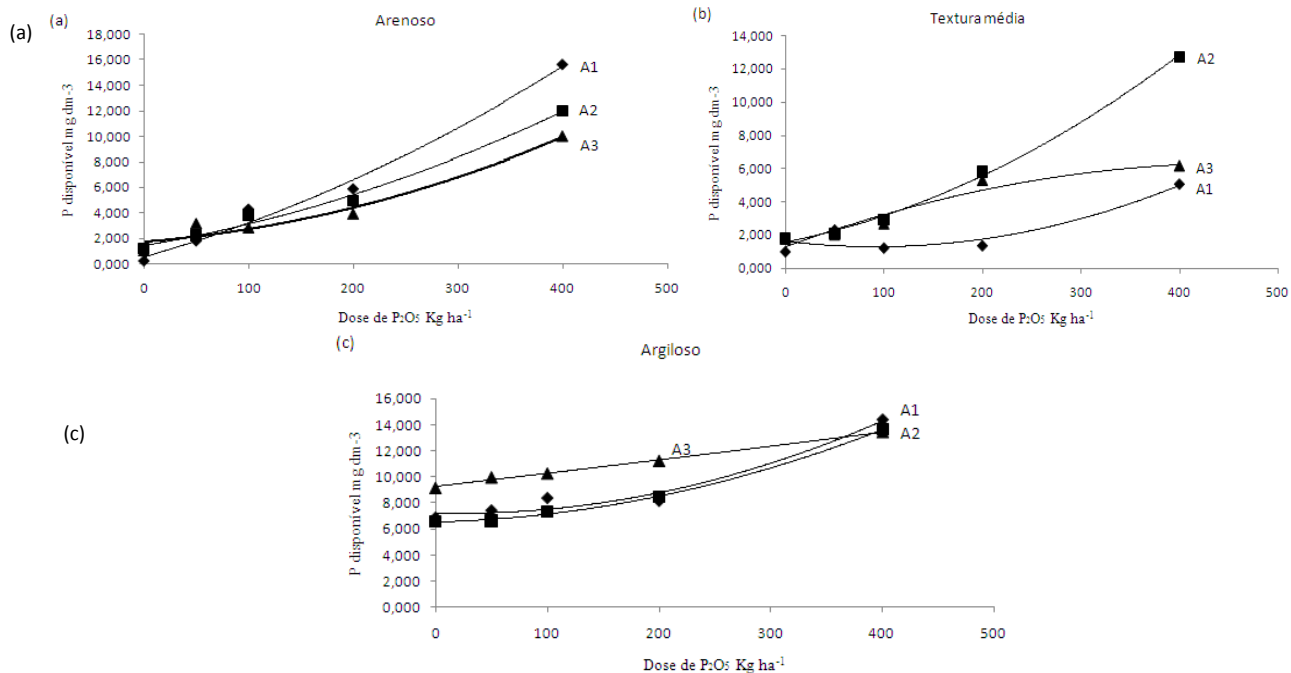
Machado et al., (2011), trabalhando com disponibilização de P com uso de MAP sem revestimento, observaram que a disponibilidade de P foi diferenciada em função das diferentes texturas. E os teores disponibilizados para os mesmos solos avaliados neste experimento com fontes convencionais foram maiores do que as obtidas neste experimento o que indica que o revestimento pode ter reduzido a disponibilidade de P.



**Figura 1.** Teor de fósforo em solo com diferentes texturas: arenoso, textura média e argiloso, (a) após 30 dias, (b) 60 dias e (c) 90 dias da aplicação do fertilizante fosfatado MAP de liberação lenta. Patos de Minas-MG, 2009. \* Nível de significância 5%.

Observou-se acréscimo na disponibilidade de P em função das doses aplicadas (Figuras 2a, 2b e 2c). A medida que o nutriente permanece em contato com o solo, principalmente para o solo de

textura argilosa, onde o acréscimo na disponibilidade de P foi de 34%, 22% e 38% para as doses 50, 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> respectivamente.



**Figura 2.** Teor de fósforo em Mehlich-1, (a) solo arenoso, (b) solo com textura média e (c) solo argiloso, após 30 (A1), 60 (A2) e 90 (A3) dias da aplicação do fertilizante fosfatado MAP de liberação lenta. Patos de Minas-MG, 2009. \* Nível de significância 5%

Esperava-se que para a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, o teor de P seria o dobro do obtido no tratamento com 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, porém este permaneceu constante com incremento em relação ao tratamento controle de aproximadamente 43%. No solo argiloso (Figura 2c), observa-se ainda que a disponibilidade de P aos 30 e 60 dias foi similar e observou-se efeito do revestimento, pois houve um incremento da liberação aos 90 dias.

A mesma tendência de acréscimo da disponibilidade de P foi observada no solo de textura média (figura 2b), em que o menor teor de P disponível foi aos 30 dias. Já no solo arenoso, a disponibilização do P parece não ter sido influenciada pelo revestimento, pois a maior liberação foi aos 30 dias e a partir desta somente observou-se redução nas disponibilizações (Figura 2a).

Com relação a aplicação de doses de fósforo, esperava-se que principalmente nos solos com maior teor de argila e no solo com textura média, em função do maior teor de MO, houvesse uma maior adsorção com o aumento das doses de P. Este variou com a textura do solo, sendo diretamente proporcional somente no solo de textura média, sendo maior quanto maior a dose aplicada. Neste experimento somente observou-se redução no teor disponível no solo arenoso, o qual não se esperava adsorção, deve-se assim realizar novos estudos para visualizar o comportamento da

disponibilidade e adsorção do P quando aplicado com presença de polímeros para liberação gradual.

Bastos et al. (2010), trabalhando com diferentes doses de P recomendadas em função da capacidade máxima de adsorção de fósforo – CMAP (%), no crescimento vegetativo e na nutrição mineral da cultura do milho, em seis diferentes tipos de solo de Alagoas (Latossolo Amarelo coeso, textura francoargilo-arenosa; Argissolo Acinzentado, textura franco-argilo-arenosa; Neossolo Flúvico, textura franco-arenosa; Neossolo Quartzarênico, textura franco-arenosa; Luvisolo Crômico órtico, textura franco-argilo-arenosa e Luvisolo Crômico pálico, textura franco-argilo-arenosa), observaram que os resultados não apresentaram diferença significativa a 5% de probabilidade nas doses equivalentes a 10, 20 e 30% da CMAP ocorrendo diferença significativa apenas em relação à dose 0% da CMAP. Através destes resultados, os autores observaram que a dose de 10% da CMAP produz o mesmo efeito da dose de 30% da CMAP proporcionando, assim, uma eficiência maior da adubação fosfatada, e indicando que o tipo de solo não interferiu diretamente na disponibilidade de P as plantas.

As equações de regressão demonstram que a disponibilidade de P foi maior quanto maior a dose aplicada no solo argiloso, seguido do solo de textura média e arenoso aos 30 e 60 dias (Quadro 1).

**Quadro 1.** Modelos de regressão, a 5% de significância, para os teores de P-disponível em solos com diferentes texturas, após 30, 60 e 90 dias após aplicação (DAA) do fertilizante fosfatado MAP de liberação controlada.

Solo	30 DAA		60 DAA		90 DAA	
	$\hat{Y}$	R <sup>2</sup>	$\hat{Y}$	R <sup>2</sup>	$\hat{Y}$	R <sup>2</sup>
Arenoso	$2E-05x^2 + 0,011x + 0,285$	0,987	$2E-05x^2 + 0,007x + 0,718$	0,989	$2E-05x^2 + 0,003x + 0,851$	0,961
Média	$2E-05x^2 - 0,003x + 0,809$	0,871	$2E-05x^2 + 0,005x + 0,799$	0,997	$-1E-05x^2 + 0,010x + 0,647$	0,940
Argiloso	$2E-05x^2 - 0,001x + 3,623$	0,964	$2E-05x^2 + 0,001x + 3,291$	0,998	$6E-07x^2 + 0,004x + 4,637$	0,994

Segundo Novais e Smyth (1999), em razão do fator capacidade dos solos de textura argilosa e de textura média serem elevados, só se conseguem pequenas alterações no P na solução do solo com aplicação de doses muito elevadas de P, que já não são mais econômicas. Esse fato ocorre pelo processo maior de adsorção nessas texturas. Neste experimento observa-se que houve incremento de P disponível no solo, mesmo em doses menores, o que indica que o uso de fontes revestidas poderá promover maiores retornos econômicos do que as fontes convencionais.

De acordo com os resultados, observou-se que são necessários estudos com o uso de

fertilizantes de liberação lenta, pois eles podem fornecer uma maior disponibilidade do nutriente ao longo do tempo, fazendo com que este fique disponível para as plantas por mais tempo. Porém deve-se levar em consideração a textura do solo, a qual influencia diretamente na maior ou menor disponibilidade do nutriente e deve-se observar se em solos com maior disponibilidade natural de fósforo pode influenciar a disponibilização. De acordo com Tiessen et al. (1983) vários fatores podem alterar a dinâmica do P no solo, como o próprio uso do solo, as remoções deste nutriente pelas plantas, aplicações de fertilizantes fosfatados.

## CONCLUSÕES

Com o uso de fontes de P de liberação lenta, a disponibilidade deste nutriente aumenta ao longo do tempo, sendo mais pronunciado em solos argilosos, seguido pelo de textura média e arenoso.

A disponibilidade de P variou em função das texturas do solo e observou-se efeito do

revestimento com polímero somente nos solos argiloso e de textura média.

## AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário de Patos de Minas. Central de análises de fertilidade CeFert do UNIPAM.

---

**ABSTRACT:** The availability of P in soil is dependent on its clay content, the higher degree and permanence of soil P, the greater its absorption and lower availability. The use of slow-release sources may increase this availability, since the coating prevents the counting of the fertilizer with the oxides, thus reducing their adsorption. The experiment was conducted in the laboratory of analysis of soil fertility CeFert, located on the campus of the Centro Universitário de Patos Minas, in Minas Gerais. The objective was to quantify the levels of available P after incubation of soils with different textures. The treatments were control (no P application) and increasing doses of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (50, 100, 200 and 400 mg dm<sup>-3</sup>), monoammonium phosphate using controlled release, in clay soil, sandy medium. We assessed P available 30, 60 and 90 days incubation of the fertilizer with soil. The results showed that the clay soil had a higher nutrient availability as the doses applied.

**KEYWORDS:** MAP slow release. The availability of P. Sandy soil. Clay and loam.

---

## REFERÊNCIAS

Anuário Estatístico Setor de Fertilizantes. São Paulo, ANDA. 2005.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V. da; SILVA, I. F. da; RAPOZO, R. W. C; OLIVEIRA, F. A.; ALBUQUERQUE, A. W. Resposta do milho a doses de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 485–491, 2010.

BONSER, A. M.; Lych, J. P.; SIEGLINDE, S. Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in *Phaseolus vulgaris*. **New Phytologist**, v. 132, p. 281-288, 1996.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 229-235, 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2006. 306p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais**. São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FOX, R. L.; SEARLE, P. G. E. **Phosphate adsorption by soils of the tropics**. In: DROSDOFF, M. Diversity of soils in the tropics. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p. 97-119.

GONÇALVES, J. L. M.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; RIBEIRO, A. C. Cinética de transformação de fósforo-lábil em não-lábil, em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 13-24, 1989.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. **Plant and Soil**, v. 237, p. 173-195, 2001.

KHALAF, H. A.; KOO, R. C. J. The use of controlled release nitrogen on container grown citrus seedlings. **Citrus & Vegetable Magazine**, Tampa, v. 46, n. 9, p. 10, 1983.

LÓPEZ-BUCIO, J. L.; M. de la VEJA, O. M. de la; GUEVARA-GARCÍA, A.; HERRERA-ESTRELLA L. Enhance phosphorus uptake in transgenic tobacco plants that overproduce citrate. **Natural Biotechnology**, v. 18, p. 450-453, 2000.

MACHADO, V. J.; SOUZA, C. H. E.; ANDRADE, B.B; LANA, R. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Curvas de disponibilidade de fósforo em solos com diferentes texturas após aplicação de doses crescentes de fosfato monoamônico. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 1, p. 70-76, 2011.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 2002. 889p.

MESQUITA FILHO, M. V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the Cerrado region (Brazil). **Geoderma**, Amnsterdam, v. 58, p. 107-123, 1993.

NOVAIS, R. F., SMYTH, T. J. **Fósforo em Solo e Planta em Condições Tropicais**. Viçosa, MG: UFV, DPS, 1999. 399p.

QMCWEB, **Revista Eletrônica do Departamento de Química da UFSC**, disponível em <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/polimeros.html>

REIS, R. **KimCoat: uma nova ferramenta para otimização do uso de fertilizantes**. Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola. IPNI. Piracicaba. 2007.

ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 178-184, 2005.

SHAVIV, A. Advances in controlled-release fertilizers. *Advances in Agronomy*, San Diego, v. 71, p. 1-49, 2001.

SOUZA, D. M. G., LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2<sup>a</sup> ed. Brasília: Embapa, 2004. 416p.

TIESSEN, H.; STEWART, J. W. B.; MOIR, J. O. Changes in organic and inorganic phosphorus composition of two grassland soils and their particle size fractions during 60–90 years of cultivation. **Journal of Soil Science**, v. 34, n. 4, p. 815-823, 1983.

TINDALL, T. A. **Recent Advances in P Fertilizer Technologies Polymer Coatings and Avail Technology**. Simpósio sobre Informações Recentes para Otimização da Produção Agrícola. IPNI. Pitacicaba. 2007.