

## Disponibilidade de fósforo no solo e alterações do pH com aplicação de fertilizantes fosfatados<sup>(1)</sup>.

**Francisco Alexandre de Morais<sup>(2)</sup>, Luciano Colpo Gatiboni<sup>(3)</sup>, Bárbara Mafra de Araújo<sup>(4)</sup>, Gabriel Octávio de Mello Cunha<sup>(4)</sup>, Letícia Moro<sup>(2)</sup>, Camila Vieira Lima<sup>(5)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da CAPES e do CNPq

<sup>(2)</sup> Doutorando (a) em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Solos e Recursos Naturais, Lages, CEP 88520-000, Brasil, e-mail: [morais@scientist.com](mailto:morais@scientist.com); <sup>(3)</sup> Professor da UDESC, Departamento de Solos e Recursos Naturais; <sup>(4)</sup> Estudantes de Pós-graduação da UDESC; <sup>(5)</sup> Estudante de Graduação da UDESC.

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar a disponibilidade de fósforo e o pH do solo com aplicação de fertilizantes fosfatados minerais e organomineral. O experimento foi realizado em ambiente protegido com controle da temperatura do ar e da umidade do solo. O delineamento experimental foi organizado em esquema fatorial "5 x 4", com cinco fontes de fósforo e quatro épocas de coleta das amostras. As fontes foram: testemunha (sem aplicação de fósforo), superfosfato triplo, diamônio fosfato, fosfato natural reativo de Arad e fertilizante organomineral. As unidades experimentais constaram de colunas de PVC preenchidas com solo, as quais foram incubadas e destruídas para análise nas épocas de 1, 20, 40 e 60 dias após aplicação dos fertilizantes. Em cada coluna foram amostradas as camadas de 0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm abaixo da zona dos fertilizantes. O aumento da disponibilidade de P foi restrito às adjacências dos grânulos, essencialmente na camada de 0-2,5 cm. A aplicação dos fertilizantes fosfatados solúveis aumentou temporariamente a disponibilidade de P, com picos ocorrendo aproximadamente aos 32 dias. Quanto à magnitude, as fontes de P se distribuíram nestes grupos: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fertilizante organomineral > fosfato natural > testemunha. Na camada de 0-2,5 cm, o pH do solo foi influenciado pelo superfosfato triplo e pelo fertilizante organomineral.

**Termos de indexação:** Adsorção de fósforo. Fertilizantes fosfatados alternativos. Eficiência da fertilização fosfatada.

### INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros é muito intemperizada, apresentando grande capacidade de adsorção de fósforo. Em função da alta energia de ligação envolvida e da baixa reversibilidade da reação, a eficiência da fertilização fosfatada fica comprometida, principalmente em solos argilosos (Rheinheimer et al., 2008).

O uso de fertilizantes fosfatados alternativos pode retardar a adsorção, aumentando a eficiência da fertilização. Nesse sentido, têm crescido a

produção e a utilização do fertilizante organomineral industrializado, cujo resíduo orgânico é granulado com os fertilizantes minerais para substituir o uso de material inerte, completando as formulações comerciais.

Como a influência desse tipo de fertilizante sobre os atributos do solo é pouco conhecida, as seguintes hipóteses são propostas e testadas neste estudo: a aplicação de fertilizante organomineral altera a disponibilidade de fósforo e o pH do solo; a magnitude desse efeito é diferente da aplicação de fertilizantes minerais solúveis; e o efeito é restrito às adjacências dos grânulos do fertilizante.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a disponibilidade de fósforo e o pH do solo com aplicação de fertilizantes fosfatados minerais e organomineral.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi baseado no monitoramento de alguns atributos químicos do solo, em diferentes épocas após aplicação de fertilizantes fosfatados.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial "5 x 4", com cinco fontes de fósforo e quatro épocas de coleta das amostras, com quatro repetições. As fontes foram: testemunha (sem aplicação de fósforo), superfosfato triplo, diamônio fosfato, fosfato natural reativo de Arad e fertilizante organomineral industrializado. Parte das unidades experimentais foi destruída para coleta das amostras nas épocas: 1, 20, 40 e 60 dias após aplicação dos fertilizantes (não foram realizadas avaliações repetidas no tempo).

As recomendações de fertilização utilizadas foram preconizadas pela Comissão de Química e Fertilidade do Solo para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (CQFS-RS/SC, 2004). A mesma dose de fósforo ( $1,54 \text{ mg cm}^{-2}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) foi fixada para todas as fontes (com exceção da testemunha).

O solo utilizado foi retirado da camada de 0-10 cm de profundidade de um Nitossolo Bruno (Embrapa, 2006). A caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento está apresentada na **Tabela 1**.

O experimento foi realizado entre março e abril de 2012 em uma sala fechada, localizada na Universidade do Estado de Santa Catarina, no município de Lages. A temperatura foi controlada com ar condicionado no verão e aquecedor a partir da segunda semana do outono (início das baixas temperaturas). Durante o período experimental, a temperatura mínima média foi de 18°C, enquanto a máxima foi de 24°C.

Cada unidade experimental foi constituída de uma coluna, formada por quatro seções de cano de PVC com 10 cm de diâmetro e alturas de 10, 2,5, 2,5 e 5 cm. Nesta ordem, as quatro seções foram justapostas e unidas por fita adesiva externamente. No fundo da seção inferior (10,0 cm de altura) foi colada uma tela de poliéster (malha de 500  $\mu$ m) e sobre esta foi adicionada uma folha de papel filtro quantitativo, a fim de compor o fundo capaz de suportar o solo, mas que permitisse os fluxos de água ascendente e descendente. As colunas foram preenchidas totalmente com solo nas três seções inferiores e, na sequência, os fertilizantes (previamente moídos e peneirados em malha de 1 mm) foram distribuídos no fundo da seção superior (5,0 cm de altura), entre duas folhas de papel filtro quantitativo, sendo colocada uma camada de 1 cm de solo sobre os fertilizantes. Em cada unidade experimental foram utilizados aproximadamente 1.100 g de solo e foram amostradas as camadas de 0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm abaixo da zona dos fertilizantes.

Depois da montagem, as colunas foram acondicionadas em ambiente protegido e mantidas suspensas em estrados de madeira sobre bandejas plásticas. O solo foi mantido com umidade próxima a 90% da capacidade de campo, através de pesagens diárias das colunas e reposição da umidade perdida com água destilada.

Nas épocas de 1, 20, 40 e 60 dias após aplicação dos fertilizantes, parte das colunas foi destruída e o solo de cada seção foi amostrado para análise. O fósforo disponível extraído por resina trocadora de ânions foi avaliado nas camadas de 0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm. O pH do solo foi avaliado exclusivamente na camada de 0-2,5 cm.

O fósforo disponível extraído por resina em lâminas foi determinado de acordo com Gatiboni (2003), enquanto para o pH do solo foi utilizada a metodologia de Silva (2009).

Para a interpretação dos dados foi realizada análise de variância (teste F). Quando necessário, o teste de regressão foi aplicado para o fator "épocas de coleta das amostras", enquanto o teste de agrupamento de Scott-Knott foi aplicado para o fator "fontes de fósforo" (Scott & Knott, 1974), a 5% de

probabilidade de erro. Para fósforo disponível, cada camada foi considerada isoladamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de P, as épocas de coleta das amostras e a interação entre "fontes" e "épocas" influenciaram o P disponível na camada de 0-2,5 cm. A variação temporal foi quadrática (concavidade da parábola voltada para baixo) nos casos do superfosfato triplo, do diamônio fosfato e do fertilizante organomineral (**Figura 1**). Na camada de 2,5-5,0 cm, a disponibilidade de P foi afetada somente pelas épocas de coleta das amostras, apresentando variação temporal similar em relação à camada subjacente (**Figura 2A**). Na camada de 5,0-15,0 cm, o P disponível não foi influenciado pelas fontes de variação.

O efeito das fontes sobre a disponibilidade de P foi restrito às adjacências dos grânulos, essencialmente na camada de 0-2,5 cm. Destaca-se que as amostras de solo foram coletadas abaixo da zona de aplicação dos fertilizantes, ou seja, foram estimadas apenas as quantidades solubilizadas e difundidas para as camadas subjacentes.

Depois dos picos do P disponível para superfosfato triplo, diamônio fosfato e fertilizante organomineral, aproximadamente aos 32 dias, os valores decresceram rapidamente, evidenciando a influência negativa da adsorção de P no solo sobre a eficiência da fertilização fosfatada ao longo do tempo. Aos 60 dias, a disponibilidade de P já estava próxima da condição inicial do solo.

A matéria orgânica contida no fertilizante organomineral foi insuficiente para diferenciá-lo das fontes minerais solúveis (superfosfato triplo e diamônio fosfato) quanto ao P disponível.

A aplicação de fosfato natural resultou em uma variação temporal sem padrão definido para o P disponível, com menor valor médio aos 20 dias em relação aos demais fertilizantes fosfatados. Os valores só ficaram similares a partir dos 40 dias, coincidindo com o declínio da disponibilidade de P para os fertilizantes solúveis.

Sugere-se que a variação temporal do P disponível na camada de 2,5-5,0 cm, atingindo pico de 40 mg dm<sup>-3</sup> aos 28 dias (**Figura 2A**), foi em virtude da pequena mobilização do nutriente em profundidade nas parcelas com aplicação de P, porém de forma irregular, uma vez que a testemunha e os demais fertilizantes fosfatados não diferiram entre si. Na camada de 5,0-15,0 cm, a disponibilidade de P não foi influenciada pelas fontes, provavelmente pela pequena difusão de P no solo, conforme já foi comentada.

O pH do solo na camada de 0-2,5 cm foi influenciado pelas fontes de P, pelas épocas de coleta das amostras e pela interação entre “fontes” e “épocas”. A variação temporal foi linear crescente para superfosfato triplo e fertilizante organomineral. As outras fontes de P não apresentaram padrão definido (**Figura 2B**). A diminuição do pH já no primeiro dia após aplicação de superfosfato triplo foi em decorrência da liberação de íons  $H^+$  durante o processo de dissolução (Ernani et al., 2001), sendo que a condição inicial foi restabelecida já na segunda época de avaliação. O aumento do pH com aplicação de fertilizante organomineral (esta fonte possui cama de aviário na sua composição) foi em virtude da presença de carbonatos oriundos da alimentação das aves (Montalvo Grijalva et al., 2010) e de  $NH_3$ , a qual se transforma em  $NH_4^+$  consumindo íons  $H^+$  (Souza et al., 1995).

### CONCLUSÕES

O aumento da disponibilidade de P está restrito às adjacências dos grânulos, essencialmente na camada de 0-2,5 cm.

A aplicação dos fertilizantes fosfatados solúveis aumenta temporariamente a disponibilidade de P, com picos que ocorrem aproximadamente aos 32 dias.

Quanto à magnitude, as fontes de P se distribuem nestes grupos: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fertilizante organomineral > fosfato natural > testemunha.

O superfosfato triplo e o fertilizante organomineral influenciam o pH do solo na camada de 0-2,5 cm.

### AGRADECIMENTOS

Ao professor Paulo Roberto Ernani e ao pesquisador Juliano Corulli Corrêa pelas valiosas sugestões.

### REFERÊNCIAS

CQFS-RS/SC (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - NÚCLEO REGIONAL SUL). **Manual de recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: SBCS, 2004. 400 p.

ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características químicas de solo e rendimento de massa seca de milho em função do método de aplicação de fosfatos, em dois níveis de acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 939-946, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA –SPI, 2006. 306 p.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. 2003. 231 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-graduação em Agronomia, Santa Maria, 2003.

MONTALVO GRIJALVA, D. F.; CROZIER, C. R.; SMYTH, T. J.; HARDY, D. H. Nitrogen, phosphorus, and liming effects of poultry layer manures in coastal plain and piedmont soils. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1329-1339, 2010.

RHEINHEIMER, D. S.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v. 38, p. 576-586, 2008.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Cluster-analysis method for grouping means in analysis of variance. **Biometrics**, v. 30, p. 507-512, 1974.

SILVA, F.C. (Ed) **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 627 p.

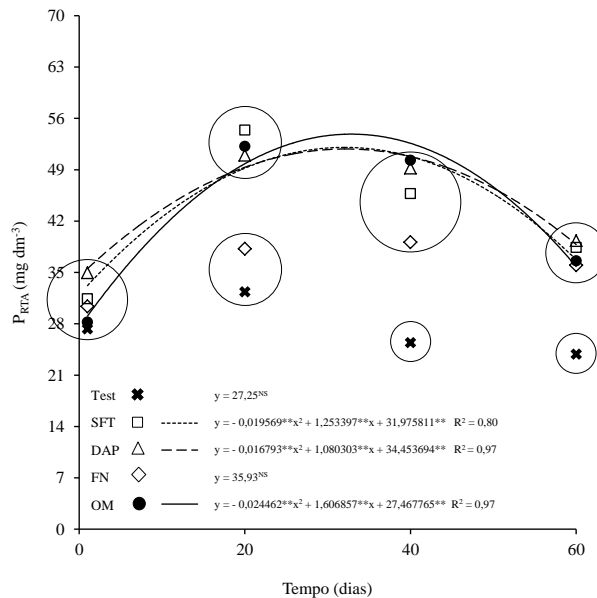
SOUZA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F. **Enciclopédia agrícola brasileira, vol. 1 - A-B**. São Paulo: EDUSP, 1995. 508 p.

**Tabela 1** - Caracterização química e física do solo antes da instalação do experimento.

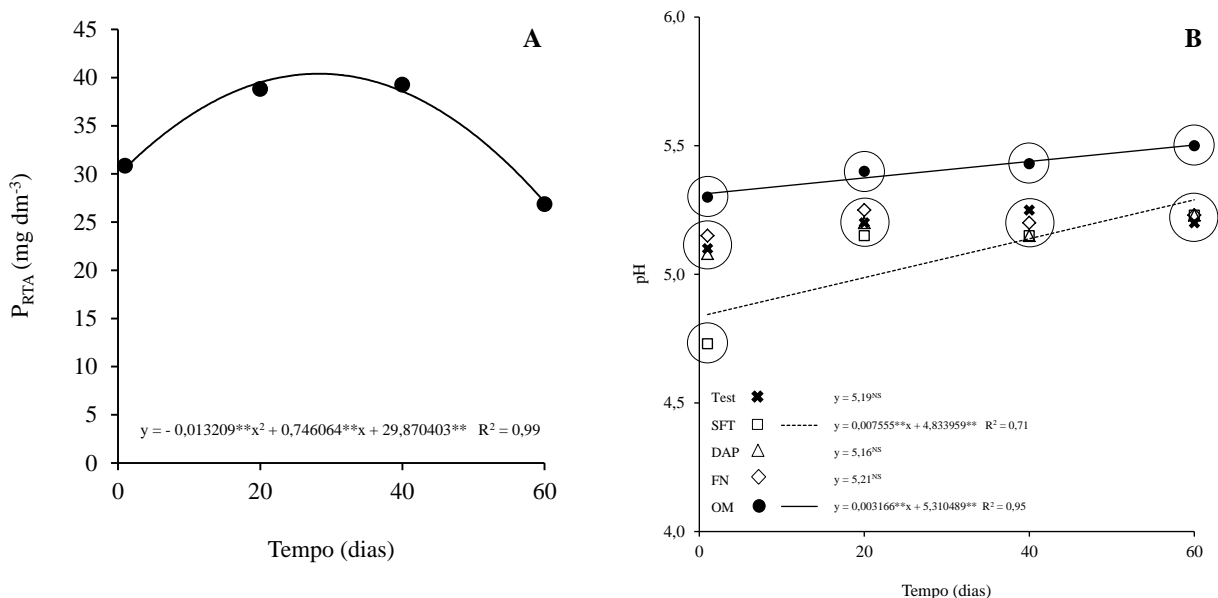
Caracterização química									
pH (H <sub>2</sub> O)	CE $\mu S cm^{-1}$	P <sub>RTA</sub>	P <sub>M1</sub>	CMAF	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	(H+Al)	CTC pH 7	MO
		-----	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	-----	g kg <sup>-1</sup>
5,1	171,57	29,10	2,2	1060	7,09	4,14	3,90	15,13	45,8
Caracterização física									
Ds	Dp	P <sub>Total</sub>	CC	Areia (2-0,05 mm)	Silte (0,05-0,002 mm)	Argila (<0,002 mm)			
g cm <sup>-3</sup>	g cm <sup>-3</sup>	%	g g <sup>-1</sup>	-----	-----	-----	g kg <sup>-1</sup> -----		
0,80	2,65	69,81	0,42	303	286	411			

CE = condutividade elétrica; P<sub>RTA</sub> = fósforo disponível extraído por resina trocadora de ânions; P<sub>M1</sub> = fósforo disponível extraído pela solução de Mehlich-1; CMAF = capacidade máxima de adsorção de fósforo; (H+Al) = Acidez potencial a pH 7; CTC = capacidade de

troca de cátions a pH 7; MO = matéria orgânica; Ds = densidade do solo; Dp = densidade de partículas;  $P_{Total}$  = porosidade total do solo; CC = umidade gravimétrica na capacidade de campo; As proporções de areia, silte e argila foram determinadas pela metodologia da pipeta



**Figura 1** - P disponível no solo extraído por resina trocadora de ânions, na camada de 0-2,5 cm abaixo da zona dos fertilizantes, nas épocas de 1, 20, 40 e 60 dias após a aplicação (Test: testemunha, sem aplicação de P; SFT: superfosfato triplo; DAP: diamônio fosfato; FN: fosfato natural reativo de Arad; OM: fertilizante organomineral); Os círculos indicam os grupos formados a partir do desdobramento das fontes de P em cada época de coleta das amostras, conforme o teste de agrupamento de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); NS = A interação entre “fontes” e “épocas” não foi significativa.



**Figura 2** - P disponível no solo extraído por resina trocadora de ânions (A), na camada de 2,5-5,0 cm, e pH do solo na camada de 0-2,5 cm (B), nas épocas de 1, 20, 40 e 60 dias após a aplicação (Test: testemunha, sem aplicação de P; SFT: superfosfato triplo; DAP: diamônio fosfato; FN: fosfato natural reativo de Arad; OM: fertilizante organomineral); Os círculos indicam os grupos formados a partir do desdobramento das fontes de P em cada época de coleta das amostras, conforme o teste de agrupamento de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ); NS = A interação entre “fontes” e “épocas” não foi significativa.