

## Fósforo e carbono microbiano do solo com aplicação de fertilizantes fosfatados<sup>(1)</sup>.

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

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

<sup>(2)</sup> Doutorando 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> Estudante de Graduação da UDESC; <sup>(5)</sup> Estudantes de Pós-graduação da UDESC.

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar o fósforo e o carbono contidos na biomassa microbiana 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 imobilização microbiana de P foi restrito às adjacências dos grânulos (camada de 0-2,5 cm). A aplicação dos fertilizantes fosfatados aumentou temporariamente o P microbiano, com picos ocorrendo aproximadamente aos 30 dias. Quanto à magnitude, as fontes de P se distribuíram nestes grupos: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fosfato natural = fertilizante organomineral > testemunha. O C microbiano apresentou comportamento semelhante ao P microbiano, nas três camadas.

**Termos de indexação:** Adsorção de fósforo. Biomassa microbiana do solo. Eficiência da fertilização fosfatada.

### INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros é muito intemperizada, apresentando caulinita e óxidos de ferro e de alumínio como principais constituintes da fração argila. Na condição de reação ácida, esses óxidos possuem carga líquida positiva, o que aumenta a capacidade de adsorver o ânion fosfato. A adsorção ocorre nos grupos funcionais aluminol, silanol e sítios ácidos de Lewis, tanto nos óxidos quanto nas bordas da caulinita (ERNANI, 2008).

Fenômenos biológicos podem retardar a adsorção, aumentando a eficiência da fertilização. A

biomassa microbiana do solo pode exercer um papel decisivo nesse processo, em virtude do seu dinamismo na reciclagem de fósforo. Estudos mostram que após aplicação de fertilizantes fosfatados solúveis ocorre rápida imobilização microbiana do fósforo inorgânico adicionado (BÜNEMANN et al., 2012). Depois da morte dos microrganismos, o fósforo microbiano é mineralizado e liberado gradativamente na solução do solo. Esse comportamento retarda a adsorção e aumenta a probabilidade de uso do nutriente pelas plantas, o que demonstra a capacidade dos microrganismos em competir com os colóides inorgânicos do solo pelo fósforo inorgânico adicionado (CONTE et al., 2002).

Como a influência do fertilizante organomineral sobre os atributos do solo é pouco conhecida, as seguintes hipóteses são propostas e testadas neste estudo: a aplicação de fertilizante organomineral no solo aumenta temporariamente a imobilização microbiana de fósforo; 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 o fósforo e o carbono contidos na biomassa microbiana do solo com aplicação de fertilizantes fosfatados minerais e organomineral.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi baseado no monitoramento de alguns atributos biológicos 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 "Nitisol" (FAO, 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  $18^\circ\text{C}$ , enquanto a máxima foi de  $24^\circ\text{C}$ .

Cada unidade experimental foi constituída de uma coluna, formada por quatro secções de cano de PVC com 10 cm de diâmetro e alturas de 10, 2,5, 2,5 e 5 cm. Nesta ordem, as quatro secções foram justapostas e unidas por fita adesiva externamente. No fundo da secção inferior (10,0 cm de altura) foi colada uma tela de poliéster (malha de  $500 \mu\text{m}$ ) 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 secções inferiores e, na sequência, os fertilizantes (previamente moídos e peneirados em malha de 1 mm) foram distribuídos no fundo da secção 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 secção foi amostrado para análise. O fósforo e o carbono contidos na biomassa microbiana do solo foram avaliados nas camadas de 0-2,5, 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm.

Para determinação do fósforo e do carbono contidos na biomassa microbiana foram utilizadas as metodologias de Brookes et al. (1982) e de Vance et al. (1987), respectivamente.

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. Cada camada foi considerada isoladamente. O fluxo anual de fósforo através da biomassa foi calculado pela divisão entre o P imobilizado e o tempo médio de renovação da população microbiana, considerando uma taxa de 80% para ambientes tropicais e subtropicais (SRIVASTAVA; SINGH, 1991).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fontes de P, as épocas de coleta das amostras e a interação entre "fontes" e "épocas" influenciaram o fósforo ( $\text{P}_{\text{mic}}$ ) e o carbono ( $\text{C}_{\text{mic}}$ ) da biomassa microbiana na camada de 0-2,5 cm. Ambos apresentaram variação temporal quadrática (concavidade da parábola voltada para baixo), com exceção do  $\text{P}_{\text{mic}}$  na testemunha (**Figura 1**).

O  $\text{P}_{\text{mic}}$  não diferiu entre as fontes no primeiro dia após a aplicação. Aos 20 dias, as fontes de P se distribuíram em dois grupos: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fosfato natural = fertilizante organomineral > testemunha. Aos 40 dias, se distribuíram em três grupos: superfosfato triplo > diamônio fosfato = fosfato natural = fertilizante organomineral > testemunha. Aos 60 dias, se distribuíram em dois grupos: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fertilizante organomineral > fosfato natural = testemunha (**Figura 1A**).

O  $\text{C}_{\text{mic}}$  não diferiu entre as fontes de P na primeira e na última avaliação. Aos 20 dias, as fontes de P se distribuíram em dois grupos: diamônio fosfato = fosfato natural = fertilizante organomineral > superfosfato triplo = testemunha. Aos 40 dias, também se distribuíram em dois grupos, porém com uma mudança sutil: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fosfato natural = fertilizante organomineral > testemunha (**Figura 1B**).

Sugere-se que a dinâmica da biomassa microbiana do solo foi determinada pela disponibilidade de P (GATIBONI et al., 2008) e de C lábil (KUZYAKOV, 2002). Para todas as fontes, os microrganismos tiveram que recorrer ao C lábil do solo, o qual é um fator limitante em ambiente não rizosférico (KUZYAKOV, 2002).

A matéria orgânica contida no fertilizante organomineral foi insuficiente para diferenciá-lo das



fontes minerais solúveis (superfosfato triplo e diamônio fosfato) quanto à imobilização microbiana de P.

Os valores do fluxo anual de P, em  $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ , calculados a partir dos picos de imobilização microbiana na camada de 0-2,5 cm, foram de: 12 para superfosfato triplo; 10 para diamônio fosfato; 10 para fosfato natural; e de 10 para fertilizante organomineral.

Nas camadas de 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm, o Pmic e o Cmic foram afetados somente pelas épocas de coleta das amostras, decrescendo ao longo do tempo (**Tabela 2**). O Pmic apresentou variação temporal quadrática (concavidade da parábola voltada para cima), atingindo os valores mínimos estimados de  $3 \text{ mg dm}^{-3}$  aos 48 dias e de  $4 \text{ mg dm}^{-3}$  aos 50 dias, nas camadas de 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm, respectivamente (**Tabela 2**). O Cmic variou de 413 até  $189 \mu\text{g g}^{-1}$  na camada de 2,5-5,0 cm e de 414 até  $173 \mu\text{g g}^{-1}$  na camada de 5,0-15,0 cm (**Tabela 2**).

A dinâmica do Pmic e do Cmic nessas camadas pode estar relacionada com a ausência de efeito das fontes sobre a disponibilidade de P (em razão da pequena difusão do P), associada com a redução na aeração do solo pela maior distância em relação à superfície e pela existência de camadas sobrejacentes, que diminuem a macroporosidade em profundidade em virtude da pressão exercida sobre as camadas inferiores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

## CONCLUSÕES

O aumento da imobilização microbiana de P foi restrito às adjacências dos grânulos (camada de 0-2,5 cm). A aplicação dos fertilizantes fosfatados aumentou temporariamente o P microbiano, com picos ocorrendo aproximadamente aos 30 dias. Quanto à magnitude, as fontes de P se distribuíram nestes grupos: superfosfato triplo = diamônio fosfato = fosfato natural = fertilizante organomineral > testemunha.

O C microbiano apresentou comportamento semelhante ao P microbiano, nas três camadas.

## AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador Juliano Corulli Corrêa pelas valiosas sugestões.

## REFERÊNCIAS

BÜNEMANN, E. K. et al. Rapid microbial phosphorus immobilization dominates gross phosphorus fluxes in a

grassland soil with low inorganic phosphorus availability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 51, p. 84-95, 2012.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 14, p. 319-329, 1982.

CONTE, E.; ANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D. S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatase ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 925-930, 2002.

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. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: UDESC, 2008. 229 p.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **World reference base for soil resources**. Rome: FAO, ISRIC, IUSS, 2006. 132 p. (World Soil Resources Report, 103)

GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 1085-1091, 2008.

KUZYAKOV, Y. Review: factors affecting rhizosphere priming effects. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 165, p. 382-396, 2002.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

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

SRIVASTAVA, S. C.; SINGH, J. S. Microbial C, N and P in dry tropical forest soils: effects of alternate land-uses and nutrient flux. **Soil Biology Biochemistry**, v. 23, p. 117-124, 1991.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, p. 703-707, 1987.

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

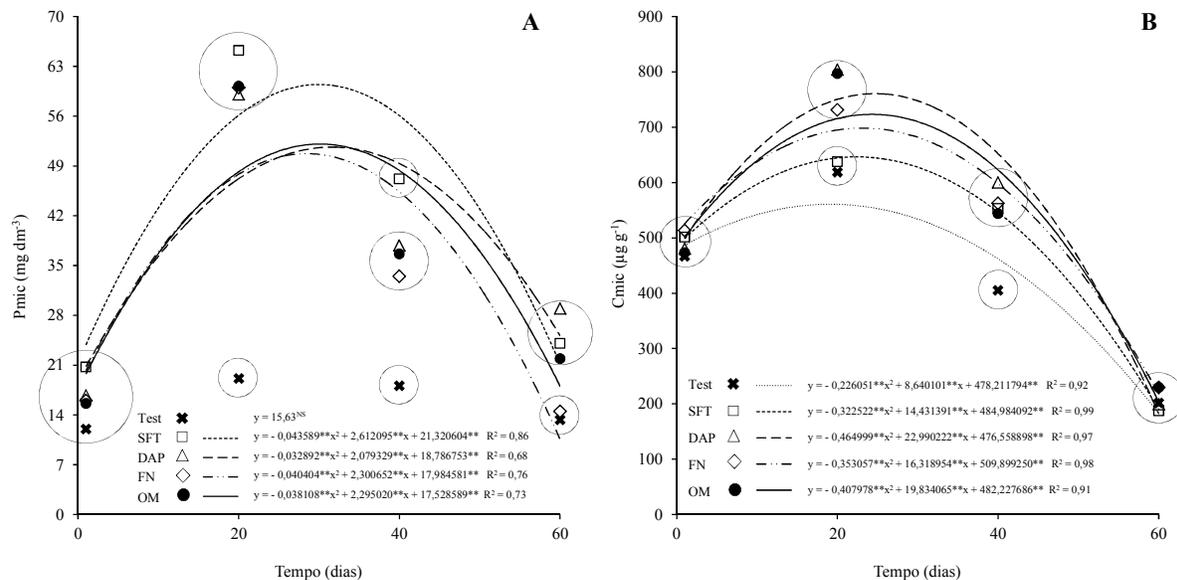
Caracterização química									
pH (H <sub>2</sub> O)	CE (μS cm <sup>-1</sup> )	P <sub>RTA</sub>	P <sub>M1</sub>	CMAP	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	(H+Al)	CTC pH 7	MO
5,1	171,57	29,10	2,2	1060	7,09	4,14	3,90	15,13	45,8
Caracterização física									
Ds	Dp	P <sub>Total</sub>	CC	Areia (2-0,05 mm)	Silte (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; CMAP = 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<sub>Total</sub> = porosidade total do solo; CC = umidade gravimétrica na capacidade de campo; As proporções de areia, silte e argila foram determinadas pela metodologia da pipeta

**Tabela 2** - Equações ajustadas para P e C contidos na biomassa microbiana do solo, nas camadas de 2,5-5,0 e 5,0-15,0 cm, em função das épocas (1, 20, 40 e 60 dias) após aplicação das fontes de P (Test: testemunha, sem aplicação de P; SFT: superfosfato triplo; DAP: diamônio fosfato; FN: fosfato natural reativo de Arad; OM: fertilizante organomineral).

Média de todas as fontes de P	Equações	R <sup>2</sup>
P contido na BMS (2,5-5,0 cm)	$y = 0,007021^{**}x^2 - 0,669258^{**}x + 19,297114^{**}$	0,89
P contido na BMS (5,0-15,0 cm)	$y = 0,007422^{**}x^2 - 0,739426^{**}x + 22,238849^{**}$	0,88
C contido na BMS (2,5-5,0 cm)	$y = - 3,800601^{**}x + 417,077543^{**}$	0,70
C contido na BMS (5,0-15,0 cm)	$y = - 4,074114^{**}x + 417,577873^{**}$	0,84

Média de todas as fontes de P em virtude do efeito exclusivo das "épocas de coleta das amostras"



**Figura 1** - Fósforo (A) e carbono (B) contidos na biomassa microbiana do solo, 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.