

## Solubilização de fósforo de fertilizantes fosfatados após tratamento com diferentes resíduos orgânicos

*Carlos Eduardo Soares de Souza<sup>1</sup>, Michelangelo de Oliveira Silva<sup>2</sup>, Gustavo Pereira Duda<sup>3</sup>,  
Alessandra Monteiro Salviano Mendes<sup>4</sup>*

### RESUMO

Este trabalho avaliou a solubilidade dos fosfatos naturais de Gafsa (FG) e de Araxá (FA) e do termofosfato de Yorin (TY) em solo incubado com diferentes resíduos orgânicos (esterco bovino, leguminosa e gramínea). Os tratamentos foram arranjados em esquema fatorial 3 x 3 x 7, sendo 3 fontes de fósforo (P), 3 resíduos orgânicos e 7 tempos de incubação. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, com três repetições. Nas amostras de solo foram determinados: pH, teores de Ca e P, aos 10, 20, 30, 40, 50, 70 e 90 dias de incubação. Os dados foram submetidos à análise de variância e ao teste Tukey para comparação entre as médias dos tratamentos. Para o fator tempo de incubação foram ajustadas equações de regressão. O resíduo de leguminosa foi mais eficiente na liberação de P presente no FG. Nos primeiros 10 dias, verificou-se lenta liberação do P para os três fertilizantes utilizados. A seqüência de liberação do P foi FG > TY > FA.

**Palavras-chave:** disponibilidade, fosfato natural, esterco bovino, leguminosa, gramínea

Phosphorus solubilization of phosphates fertilizers after treatment with different residues organic

### ABSTRACT

This work evaluate the solubility of Gafsa rock phosphate (FG) and Araxá rock phosphate (FA) and Yorin termophosphate (TY) in ground incubated with different organic residues (manure bovine, leguminous and graminiae). The experiment was set up as a completely randomized design in a factorial scheme, being 3 sources of phosphorus (P), 3 organic residues and 7 incubation times. The treatments were set up as a completely randomized blocks design, with three replications. After the treatments application, samples of the ground incubated had been analyzed (pH, Ca and P) to the 10, 20, 30, 40, 50, 70 and 90 days of incubation. The data had been submitted to the variance analysis and Tukey's test. For the factor incubation time regression equations had been adjusted. The leguminosae residue was more efficient in the P release present in the FG. In first the 10 days, slow release of the P for the three fertilizers types was verified. The sequence of P release was FG > TY > FA.

**Key words:** availability, natural phosphate, bovine, leguminous, graminiae

## 1 INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais importantes, apesar das necessidades das plantas serem relativamente pequenas quando comparadas a outros macronutrientes. Em geral, para prevenir a deficiência desse nutriente é necessária a aplicação, via adubação, de grandes quantidades devido à capacidade do solo em retê-lo sob formas pouco solúveis, não prontamente disponíveis às plantas (Novais e Smith, 1999).

As fontes de P podem ser divididas em solúveis, pouco solúveis e insolúveis (Korndörfer et al., 1999). As primeiras, quando adicionadas ao solo, aumentam rapidamente a sua concentração na solução, mas têm sua eficiência diminuída ao longo do tempo devido aos processos de "adsorção" ou "fixação" que ocorrem na maioria dos solos brasileiros (Novais e Smith, 1999). Já os fosfatos naturais (FN), que são pouco solúveis em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas ao longo do tempo. Segundo Lopes (1999) os FN, em geral, apresentam baixa eficiência agrônômica para culturas de ciclo curto e anual, porém, em longo prazo, sua eficiência tende a aumentar, sendo seu efeito residual geralmente maior que as fontes solúveis. Deste modo, os FN são uma fonte alternativa na adubação fosfatada em substituição aos acidulados ou solúveis, entretanto, há grande variabilidade destes em relação aos teores de P total e solúveis se comparado aos do superfosfato triplo (Feitosa et al., 1978). A reatividade dos FN pode ser atribuída à sua composição química, mineralógica e a cristalografia dos minerais (Lehr e McClellan, 1972 citado por Cezar, 2001), que interfere na sua solubilidade e conseqüentemente na disponibilidade de P para as plantas.

Como o P é um elemento cujo uso é bastante oneroso na agricultura e apresenta grande poder de adsorção aos colóides do solo, sobretudo em solos tropicais, há uma grande necessidade de utilizar fontes alternativas, como os FN, que apresentam custos menores do que

os fosfatos convencionais e maior efeito residual.

Entretanto, essa fonte de P apresenta baixa solubilidade, havendo a necessidade de torná-lo mais rapidamente disponível às plantas. Uma das alternativas para tal é incrementar a atividade da microbiota que participa da solubilização dos FN nos solos, aumentando-se assim, a produção de ácidos orgânicos e outros produtos do metabolismo microbiano (Gadd, 1999; Whitelaw, 2000), o qual pode ser incrementado com a adição de compostos orgânicos ao solo (Minhoni et al., 1991).

Por meio desse processo, ocorre uma liberação lenta de fósforo dos FN, porém contínua, em contraste com os fertilizantes solúveis que fornecem elevado teor de fósforo solúvel imediatamente após sua aplicação. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de três tipos de resíduos orgânicos e o tempo de incubação na solubilização de três fontes de P em Argissolo Vermelho Amarelo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no período de agosto a novembro de 2003.

Utilizaram-se dois tipos de FN (gafsa e araxá), o termofosfato de yorin e três resíduos orgânicos: cássia (*Cassia sp*), braquiária (*Brachiaria decumbens* Staft) e esterco bovino curtido. Os resíduos vegetais foram cortados com tesoura, e o esterco peneirado em tamiz de 2 mm. Estes materiais foram aplicados às amostras de um Argissolo Vermelho Amarelo textura média (EMBRAPA, 2006), coletado na camada de 0-20 cm. Após a coleta o solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado em tamiz de 2 mm e submetido à análise química conforme EMBRAPA (1997). Determinou-se o pH em água, na relação 1:2,5 de solo:solução. O fósforo disponível foi determinado por colorimetria usando ácido ascórbico como redutor após a extração com solução de HCl

0,05 molL<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 molL<sup>-1</sup> (Mehlich-1). O potássio e sódio trocáveis foram determinados por fotometria de chama, após extração com Mehlich-1, enquanto o cálcio, magnésio e alumínio trocáveis foram extraídos com KCl 1mol L<sup>-1</sup> e determinados por titrimetria. A acidez potencial (Al + H), foi avaliada por extração com acetato de cálcio 0,5 molL<sup>-1</sup> a pH 7,0. Os resultados das análises químicas das amostras de solo podem ser vistos na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado no experimento. UFERSA, Mossoró-RN, 2003.

pH	P	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H+Al
	mg dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sup>c</sup> dm <sup>-3</sup> -----					
7,7	2	2,5	0,6	0,05	0,04	0,21	1,85

Aplicou-se a dose de 600 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, colocando-se 0,11 g; 0,08 g e 0,18 g dos fosfatos de Gafsa e de Araxá e do termosfosfato magnésiano de Yorin, respectivamente. Os resíduos orgânicos foram submetidos à digestão nítrico-perclórica para posterior determinação dos teores de Ca e Mg por complexometria, P por colorimetria e K por fotometria de emissão de chama (EMBRAPA, 1997). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Yeomans e Bremner (1988). O teor de N foi determinado em 100 mg de amostra digerida com ácido sulfúrico em presença de uma mistura de selênio em pó, sulfato de cobre e sulfato de potássio, pelo método kjeldahl (EMBRAPA, 1997). Os fertilizantes foram caracterizados segundo metodologia descrita em Embrapa (1997). As características químicas dos resíduos orgânicos e dos fertilizantes fosfatos podem ser observadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Principais características dos fertilizantes fosfatados utilizados no experimento. UFERSA, Mossoró, RN, 2003.

Fertilizantes fosfatados <sup>1</sup>	características				
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ác. cítrico	MgO	CaO	SiO <sub>2</sub>
	-----%-----				
FA	37,3	4,3	-	40,0	-
TM	17,5	7,6	7,0	20,0	25,0
FG	27,3	4,0	-	37,8	-

1 FA= Fosfato de Araxá; TM= Termosfosfato magnésiano Yoorin; FG= Fosfato de Gafsa

Tabela 3. Principais características dos resíduos orgânicos utilizados no experimento. UFERSA, Mossoró, RN, 2003.

Resíduos orgânicos <sup>1</sup>	características						
	K	Mg	Ca	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	C	N	C/N
	----- g kg <sup>-1</sup> -----						
Leguminosa	2,2	28,1	41,5	4,00	514	24,0	21
Gramínea	13,6	-	4,80	7,70	400	4,0	100
Esterco Bovino	15,2	5,65	7,35	6,75	302	20,1	15

Utilizou-se como unidade experimental sacos plásticos com capacidade para 500 mL com 100 g de solo. Após a mistura dos fosfatos, resíduos e solos, estes foram mantidos na capacidade de campo, utilizando-se água destilada, e submetidos à incubação por 90 dias. Até os 50 dias de incubação, foram retiradas amostras a cada 10 dias. A partir dos 50 dias, as amostras foram retiradas em intervalos de 20 dias completando-se os 90 dias de incubação. Imediatamente após a retirada das amostras, as mesmas foram submetidas à análise de pH e Ca de acordo com EMBRAPA (1997). O P disponível foi extraído por uma solução de bicarbonato de sódio a 0,5 mol L<sup>-1</sup>, com pH ajustado para 8,5 na relação 1:10 (solo:solução) (Raij, 1978). O extrato obtido foi purificado com carvão ativado, filtrado e uma alíquota do extrato clarificado foi utilizada para determinação do P por colorimetria, utilizando-se o método do complexo fosfo-molibdico de acordo com Braga e Defelipo (1974).

O experimento consistiu em um fatorial 3x3x7 (fosfato, resíduo, tempo), com três repetições, sendo os tratamentos dispostos no delineamento em blocos casualizados. Os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 1 % de probabilidade e, posteriormente, aplicou-se o teste Tukey para comparação entre as médias dos tratamentos. Para o fator tempo de incubação foram ajustadas equações de regressão, em nível de 1 % de probabilidade. Utilizou-se o programa estatístico ASSISTAT versão 7.3 beta (Silva e Azevedo, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou diferença ( $P < 0,01$ ) para o valor de pH e teores de Ca e P em função dos fatores estudados e para todas as interações testadas (Tabela 4).

Dos resíduos adicionados, o de leguminosa foi o que resultou em menores valores médios de pH em relação aos FN utilizados (Tabela 5). Esse comportamento pode ser reflexo do metabolismo microbiano aumentado com produção de compostos acidificantes (Nahas et al., 1994). Os resíduos de leguminosas apresentam menor relação C/N (Fontes et al., 1998; Zucarelli et al., 2001) comparativamente aos demais resíduos e, portanto, menor resistência à decomposição (Pelá et al., 2001). Esta menor resistência à decomposição, além de maior teor de N, acarretou em maior diminuição do pH do solo em detrimento dos resíduos de gramínea e esterco bovino. A maior acidez observada nos tratamentos com resíduo de leguminosa resultou em maior teor disponível de P apenas quando associado ao fosfato de gafsa (Tabela 4) e o esterco bovino proporcionou, em média, menor liberação de P, não apresentando diferenças dos demais resíduos nos fosfatos de yorin e Araxá.

**Tabela 4.** Teste F em função para os efeitos dos fatores Resíduos (R), fosfatos naturais (FN) e tempos de incubação (T) para as variáveis pH, teores de P e Ca.

Fatores	Teste F		
	pH	P	Ca
Resíduos Orgânicos (R)	94,85**	10,96**	278,98**
Fosfatos Naturais (FN)	133,83**	5,81**	12,82**
Tempo (T)	181,27**	88,26**	84,94**
R x FN	12,27**	14,58**	3,74**
R x T	11,77**	10,63**	41,63**
FN x T	3,35**	2,98**	11,44**
R x FN x T	2,21**	11,71**	6,38**
CV (%)	12,45	30,90	31,99

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade.

**Tabela 5.** Médias dos tempos de incubação dos valores de pH, teores de P e Ca e do para o tipo de resíduo aplicado e a fonte de P utilizada.

	Gafsa	Araxá	Yorin
	pH		
Leguminosa	6,87c B	6,71c B	7,89b A
Gramínea	7,75a B	7,41b C	8,24a A

	7,48b B	7,67a B	8,04ab A
Esterco bovino			
	P (mg dm <sup>-3</sup> )		
Leguminosa	19,40a A	16,87a B	16,17a B
Gramínea	16,97b A	16,32a AB	15,21a B
Esterco bovino	13,61c C	17,41a A	15,72a B
	Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )		
Leguminosa	2,27a B	2,21b B	2,45b A
Gramínea	1,64b B	1,63c B	1,84c A
Esterco bovino	2,39a B	2,66a A	2,70a A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade; Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade

O teor de P disponibilizado pelos demais fosfatos independem do tipo de resíduo utilizado. Uma das condições para a solubilização dos FN é a existência de condições ácidas no solo (Novais e Smith, 1999).

Foram ajustadas equações de regressão utilizando-se como variáveis dependentes, pH, Ca (Tabela 6) e P (Figura 1), e o tempo de incubação como variável independente. Para a maioria dos tratamentos ajustaram-se equações quadráticas. Em relação ao pH do solo, seus valores permaneceram constantes ao longo do tempo de incubação para todos os tratamentos.

**Tabela 6.** Equações de regressão calculadas para os teores de cálcio (Ca) determinados em três fontes de fósforo (P) após a adição de resíduos em função do tempo de incubação.

Tratamento	Equação	R <sup>2</sup>
Leg x FG	$\hat{Y} = 0,72 + 0,04^{**}T$	0,81
Leg x FA	$\hat{Y} = 1,49 - 0,01^{**}T + 0,0004^{**}T^2$	0,71
Leg x TM	$\hat{Y} = 1,65 + 0,02^{**}T$	0,76
Gram x FG	$\hat{Y} = 0,719 - 0,04^{**}T + 0,0003^{**}T^2$	0,64
Gram x FA	$\hat{Y} = 0,85 - 0,04^{**}T + 0,0003^{**}T^2$	0,72
Est x FA	$\hat{Y} = 1,81 - 0,05^{**}T + 0,0005^{**}T^2$	0,77
Est x TM	$\hat{Y} = 2,17 - 0,03^{**}T + 0,0003^{**}T^2$	0,55

Leg.= leguminosa; Gram.= gramínea; Est.= esterco bovino; T= dias de incubação; FA= Fosfato de Araxá; TM= Termosfosfato magnésiano Yoorin; FG= Fosfato de Gafsa

Exceção apenas para os dados oriundos dos tratamentos com fosfato de gafsa e araxá misturado com resíduo de leguminosa que permitiram ajuste das seguintes equações:  $\hat{Y} = 8,99 - 0,12^{**}T + 0,001^{**}T^2$ ,  $R^2 = 0,55$  e  $\hat{Y} = 9,48 - 0,18^{**}T - 0,002^{**}T^2$ ,  $R^2 = 0,72$ , respectivamente. O fosfato de gafsa e o termofosfato de yorin, combinados com resíduo de leguminosa, proporcionaram aumento linear do teor de Ca disponível em função o tempo de incubação das amostras (Tabela 6), enquanto o fosfato de araxá apresentou comportamento quadrático. No entanto, em média, a utilização do esterco bovino disponibilizou mais Ca do que o resíduo de leguminosa para o termofosfato de yorin e o fosfato de araxá, não havendo diferença significativa entre estes resíduos quando associados ao fosfato gafsa. Os fosfatos naturais, além de P, contém teores elevados de Ca. Desta forma, a quantidade de Ca na solução é comumente utilizada para avaliar a solubilização de fosfatos naturais (Novais et al., 1996).

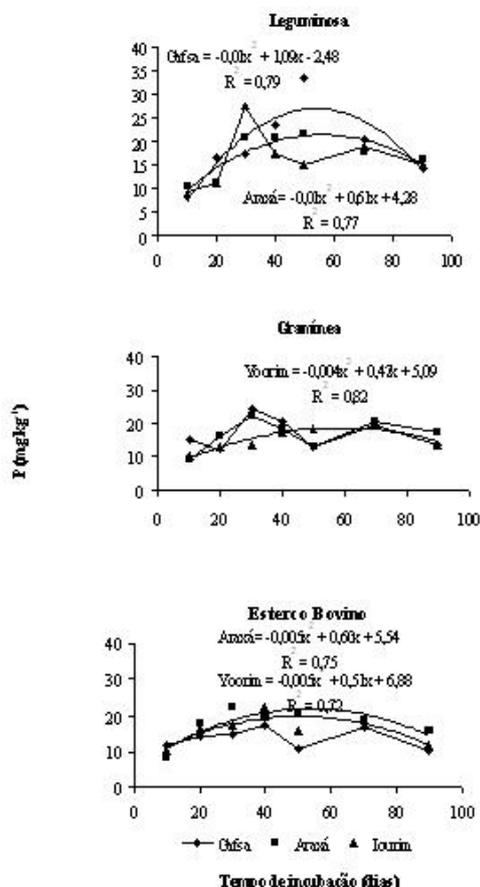


Figura 1. Aplicação de resíduo de leguminosa, gramínea e esterco bovino na disponibilidade de P em função do tempo de incubação.

A maior diminuição do pH do solo e aumento da disponibilidade de Ca e P de fosfatos naturais quando na presença de resíduos de leguminosa e esterco bovino, pode ser devido ao maior teor de N amoniacal nestes. Resíduos de leguminosas, bem como de bovinos, possuem maior concentração de N (Freire et al., 2001) que após sua oxidação produz a acidificação do ambiente devido à transformação de amônio em nitrato. Como se sabe, a acidificação é uma das condições necessárias para o aumento da solubilização de fosfatos naturais (Novais & Smith, 1999). A solubilização do P pode resultar também, da produção de  $CO_2$  e de ácidos orgânicos oriundos da mineralização do C-orgânico e da produção de enzimas e de compostos quelantes e complexantes pela microbiota. Estes fatores podem exercer ação solubilizadora direta sobre os FN. A reação do  $CO_2$  com água, em meio básico, libera íons  $H^+$  e  $HCO_3^-$  podendo solubilizar carbonatos e fosfatos de Ca e Mg (Skujins, 1991; Meurer, 2006). Quanto ao P, constata-se uma grande flutuação nos teores liberados, em relação ao tempo de incubação. Para as três fontes utilizadas, observou-se, inicialmente, uma liberação lenta de P, nos primeiros 10 dias, ocorrendo, a partir daí, grande elevação no teor de P disponível, alcançando o valor máximo entre 30 e 50 dias de incubação (Figura 1). Alguns pesquisadores estudando a cinética de liberação de P por microrganismos solubilizadores de fosfatos, observaram variações nos teores de P solubilizados originando vários picos de concentração máxima (Babenko et al., 1985; Illmer & Schiner, 1992; Rodríguez et al., 1996; Khan & Bhatnagar, 1977). Estas mudanças na concentração de P pode ser consequência da sua precipitação com metabólitos orgânicos (Babenko et al., 1985; Khan & Bhatnagar, 1977) e/ou da formação de compostos com os ácidos orgânicos excretados, que são subsequentemente utilizados como fonte de energia ou nutriente, podendo este evento ocorrer várias vezes no meio (Illmer & Schiner, 1992). Outra alternativa para explicação desse comportamento é a diferença entre a liberação e a assimilação do P pelos microrganismos. A tendência de aumento observada no início da

incubação pode refletir uma solubilização microbiana do fosfato adicionado, enquanto que a queda subsequente pode refletir uma imobilização microbiana em resposta ao aumento do metabolismo microbiano. Resultados semelhantes foram observados por Minihoni et al. (1991), utilizando como fonte de carbono palhas de soja e milho e bagaço de cana-de-açúcar e Minihoni et al. (1996) após adição de glicose. Além disso, a diminuição da concentração de P na solução pode estar associada à sua fixação junto às partículas coloidais (Novais & Smith, 1999).

Levando-se em consideração a taxa de liberação de P (quantidade máxima liberada dividida pelo tempo), pode-se constatar que o termofosfato de yorin apresentou taxa de liberação de 0,91 mg/dia de P, seguido dos fosfatos de gafsa (0,67 mg/dia de P) e de araxá (0,43 mg/dia de P). Estes resultados estão de acordo com a premissa de que os termofosfatos são mais solúveis que os demais (Novais & Smith, 1999) e, portanto, sendo submetidos a condições de aumento de solubilização, devem apresentar a mesma seqüência.

#### 4 CONCLUSÕES

- O resíduo de leguminosa foi mais eficiente em aumentar a liberação de P presente no fosfato de gafsa utilizados neste estudo.
- Quanto às fontes de fósforo, pôde-se observar que a liberação de P foi maior no fosfato gafsa seguido do termosfosfato de yorin e do fosfato de araxá.
- Nos primeiros 10 dias, verificou-se que a liberação do P apresentou-se lenta para as três fontes de P. A partir daí, observou-se uma elevação nos teores de P disponibilizados.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BABENKO, Y.S., TYRUGINA, G.I., ORIGOREEV, E.F., DALGIKH, L.M., BORISOVA, T.I. Biological activity and physiological biochemical properties of phosphate dissolving bacteria. *Microbiology*, v.53, p.427-433, 1985.

BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Revista Ceres*, Viçosa, v.113, p.73-85, 1974.

CEZAR, V.R.S. *Efeito da biodigestão aneróbica sobre a solubilização e a eficiência agrônômica de diferentes fontes de fósforo*. 2001. 89f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual de São Paulo.

EMBRAPA. *Manual de métodos de análises de solo*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.

EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa, 2006. 2 ed. 412p.

FEITOSA, C.T. et al. Determinação preliminar da eficiência relativa de fosfatos para trigo, em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, n.3, p.193-195, 1978.

FONTES, R.L.F. et al. Impactos ambientais do uso agrícola do solo. In: FONTES, R.L.F. *Fertilidade e manejo do solo*. Brasília: ABEAS, 1998. 57p. (Módulo, 13).

FREIRE, V.P. et al. estudo da relação C:N em diversos substratos orgânicos cultivados com milho, *zea mays* L. Londrina, PR, 2001. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28, 2001, Londrina, PR. *Anais...* Londrina: Editora MIDIOGRAF, 2001.

GADD, G. Fungal production of citric and oxalic acid: importance of metal specification, physiology and biochemical processes. *Advances Microbial Physiology*, Sheffield, v.41, p.47-92, 1999.

ILLMER P.; SCHINNER F. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soil. *Soil Biology and Biochemistry*, v.24, p.389-395, 1992.

KHAN J.A.; BHATNAGAR R.M. Studies on solubilization of insoluble phosphate rocks by

- Aspergillus niger and Penicillium sp. *Fertility Technology*, v.14, p.329–33, 1977.
- KORNDORFER, G.H.; LARA-CABEZAS, W.A.; HOROWITZ, N. Agronomic efficiency of reactive rock phosphates for corn production in Brazil. *Scientia agricola*, v. 56, n.2, 1999.
- LOPES, A.S. Fosfatos naturais. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação*. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.65-66.
- MEURER, E.J. *Fundamentos de química do solo*. Porto Alegre: Genesis, 2006. 285p.
- MINHONI, M.T.A. et al. Biomassa microbiana, liberação de CO<sub>2</sub>, fósforo disponível e pH em solo que recebeu glicose e fosfato de rocha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.20, p.387-392, 1996.
- MINHONI, M.T.A. et al. Efeito de cinco tipos de matéria orgânica na solubilização microbiana de fosfato de rocha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, p.29-35, 1991.
- NAHAS, E. et al. Microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.43-48, 1994.
- NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. *Fósforo em condições tropicais*. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.
- NOVAIS, R.F. de; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. Fósforo. In: *Fertilidade e manejo do solo*. Brasília: ABEAS, 1996. 133p. (Módulo, 7).
- PELÁ, A. et al. Avaliação da resistência à decomposição de dez espécies de plantas de cobertura visando o plantio direto. Londrina, PR, 2001. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2001, Londrina, PR. *Anais...* Londrina: Editora MIDIOGRAF, 2001.
- RAIJ, B. V. Seleção de métodos de laboratório para avaliar a disponibilidade de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.2, p.1-9, 1978.
- RODRÍGUEZ, H. et al. Caracterización de cepas de *Pseudomonas* solubilizadoras de fósforo. *Rev ICIDCA*, v.30, p.47–54, 1996.
- SILVA, F. de A.S.E.; AZEVEDO, C.A.V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: *Anais...* Orlando: American Society of Agricultural Engineers, 2006. p.393-396.
- SKUJINS, J. *Semiarid lands and deserts: soil resource and reclamation*. Logan, Utah: Marcel Dekker, 1991. 668p.
- WITHELAW, M.A. Growth promotion of plants inoculated with phosphate-solubilizing fungi. *Advances in Agronomy*, v.69, p.99-151, 2000.
- ZUCARELI, C. et al. Produção de sementes de quatro espécies de adubo verde de verão e seu efeito na fertilidade de um Latossolo Roxo Eutrófico. Londrina, PR, 2001. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2001, Londrina, PR. *Anais...* Londrina: Editora MIDIOGRAF, 2001.

---

1- Estudante de Mestrado, UFRPE/Recife-PE.  
E-mail: eduardoufrpe@yahoo.com.br

2- Estudante de doutorado, UFRPE/Recife-PE  
E-mail: angelo\_ufrpe@yahoo.com.br.

3- Professor Adjunto do Departamento de Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA. E-mail: gpduda@ufersa.edu.br

4- Pesquisadora da EMBRAPA Semi-Árido, Petrolina-PE. E-mail:

[amendes@cpatsa.embrapa.br](mailto:amendes@cpatsa.embrapa.br).

Autor

correspondente.