

ADIÇÃO DE FOSFATOS À COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO E DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO RESIDUAL EM SORGO FORRAGEIRO¹

RICARDO TRIPPIA DOS G. PEIXOTO², DEJAIR LOPES DE ALMEIDA³ e AVILIO ANTONIO FRANCO⁴

RESUMO - A baixa eficiência agrônômica dos fosfatos naturais brasileiros e o custo industrial elevado da produção de fosfatos solúveis, em razão da importação de enxofre, requerem estudos de processos mais simples de utilização destas matérias-primas. Estudou-se a possibilidade de aumento do efeito residual das fontes de fósforo adicionadas ao lixo urbano antes ou após a sua compostagem, pela produção de matéria seca e absorção de fósforo em sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*). Foi feito um experimento em casa de vegetação com Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, em três níveis de pH. O esquema experimental usado foi um fatorial em blocos ao acaso. Após um cultivo de feijoeiro, semeou-se o sorgo nos mesmos vasos, tendo a colheita sido realizada 90 dias após o plantio. A adição de fosfatos naturais ao lixo antes ou após a sua compostagem não aumentou a disponibilidade do fósforo residual para o sorgo em nenhum dos três níveis de pH estudados. Houve aumento da disponibilidade do fósforo residual quando o superfosfato triplo foi adicionado ao lixo antes ou após a sua compostagem, inclusive em pH 4,8. Este resultado mostra o potencial do manejo de adubo orgânico com fontes de fósforo mais solúveis em solos ácidos.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, solo ácido, calagem, composto.

PHOSPHATE ADDITION TO URBAN WASTE COMPOSTING, AND RESIDUAL PHOSPHORUS AVAILABILITY IN FORAGE SORGHUM

ABSTRACT - The low agronomic efficiency of the Brazilian rock phosphates and the high industrial cost of soluble phosphates production, because of sulphur importation, request search for simplified utilization process of these raw materials. The possibility to increase the residual effect of phosphorus sources added before or after the urban waste composting by dry matter production and phosphorus absorption of forage sorghum (*Sorghum bicolor*) was studied. A greenhouse experiment was conducted with a clayey Red-Yellow Latosol at three pH levels. The experimental design used was a factorial in randomized blocks. After culture of beans, the sorghum was sowed in the same pots as beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and harvested 90 days after planting. The addition of rock phosphate to the urban waste before or after composting did not increase the availability of the residual phosphorus to sorghum, at any of pH levels studied. However, there was an increase of the residual phosphorus availability when the superphosphate was added before or after the urban waste composting, as well as at pH 4.8. This result shows the potential of organic waste management with more soluble phosphorus sources on acid soils.

Index terms: *Sorghum bicolor*, acid soil, liming, compost.

INTRODUÇÃO

De maneira geral, os fosfatos naturais brasileiros (Patos, Araxá, Catalão, Jacupiranga, Abaeté e Alvorada) têm mostrado, em relação ao superfosfato triplo, uma eficiência inicial baixa (3% - 20%), po-

dendo atingir 27% a 45% após alguns anos, destacando-se, dentre eles, os fosfatos de Alvorada, Olinda, e o fosfato de alumínio calcinado (Maranhão) (Oliveira et al. 1982). O maior efeito residual que os fosfatos naturais apresentam em relação aos fosfatos solúveis se deve, provavelmente, à retrogradação e adsorção destes, enquanto os fosfatos naturais têm uma solubilidade lenta e constante (Larsen 1971, Hammond et al. 1981, Goedert 1983). A solubilidade dos fosfatos naturais é mais dependente da acidez do solo, assim como da presença de óxidos de ferro e alumínio livre, de alumínio reativo, e de condições que permitam a remoção de Ca e P. As diversas espécies de plantas podem afetar a solubilização dos fosfatos naturais pela remoção de Ca e P do sistema, e principalmente pela acidificação da rizosfera por algumas espécies (Aguilar & Van Diest 1981, Bekele et al. 1983).

¹ Aceito para publicação em 8 de fevereiro de 1989.

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, na UFRRJ, RJ. Bolsista do CNPq.

² Eng. - Agr., M.Sc., Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 129, CEP 84001, Ponta Grossa, PR.

³ Eng. - Agr., M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa de Biologia do solo (UAPNPBS), Km 47 ant. rod. Rio - SP, CEP 23851 Seropédica, RJ.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/UAPNPBS.

A compostagem de lixo urbano apresenta pH inicial ácido (Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro 1977, Peixoto et al. 1989), e durante o processo da compostagem ocorre elevação da temperatura, refletindo o aumento da atividade microbiana que estimula a remoção temporária de Ca e P e a formação de complexos orgânicos (Chauhan et al. 1979, 1981, Hedley et al. 1982). A somatória destes fatores deveriam contribuir para aumentar a solubilização dos fosfatos naturais quando adicionados ao lixo antes da compostagem. Entretanto, Peixoto et al. (1989) não observou aumento de P disponível pelo método da resina trocadora de ânions após a compostagem de lixo urbano enriquecido com fosfato natural. Também não foi observada maior disponibilidade de P para o feijoeiro plantado em latossolo quando foram adicionadas 10 ton/ha deste composto (base seca) (Peixoto et al. 1987).

Este experimento teve como objetivo estudar a possibilidade de aumento do efeito residual das fontes de fósforo adicionadas ao lixo urbano (antes ou após a sua compostagem), pela produção de matéria seca e absorção de P em sorgo forrageiro, após o cultivo com feijoeiro em casa de vegetação. Também procurou-se verificar se os diferentes tratamentos influenciavam a presença de micorriza vesicular arbuscular no sistema radicular do sorgo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, semeando-se o sorgo (*Sorghum bicolor*) nos mesmos vasos em que havia sido cultivado o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), para avaliar a disponibilidade de P do composto de lixo urbano enriquecido com fosfato natural (Peixoto et al. 1987).

A compostagem do lixo urbano com os fertilizantes superfosfato triplo (ST), fosfatos naturais de Araxá (FNA) e Patos de Minas (FNP) e fosfato natural de Araxá mais sulfato de amônio (FNA + SA) foi feita em leiras a céu aberto. Durante a confecção das leiras foram adicionados 10,6 kg de P_2O_5 e 5,3 kg de N por tonelada de lixo fresco, de acordo com os tratamentos. O processo de compostagem durou 91

dias, ao longo dos quais realizou-se, semanalmente, reviramento das leiras a fim de se promover homogeneização e aeração. A Tabela 1 apresenta os resultados das análises químicas dos compostos após sua maturação. Para a análise química do composto foram determinados o carbono total, fazendo uma digestão segundo Kalembeba & Jenkinson (1973), diluindo as amostras a 500 ml H_2O destilada para se fazer a dosagem colorimétrica a 600 nm, e utilizando-se como padrão glucose, nitrogênio total (Liao 1981), fósforo total pela digestão nítrico-perclórica (Jackson 1964), e dosagem colorimétrica utilizando molibdato de amônio em meio sulfúrico e ácido ascórbico como redutor (Murphy & Riley 1962); cálcio e magnésio totais pela digestão nítrico-perclórica e a dosagem feita pela técnica de absorção atômica (Sarruge & Haag 1974); potássio total, também pela digestão nítrico-perclórica, e a dosagem feita pela técnica de fotometria de chama (Sarruge & Haag 1974); pH em água (1:2,5), e teor de umidade após peso constante a 60°C em estufa com circulação de ar.

Utilizou-se Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso do município de Pirai (RJ), coletado até a profundidade de 20 cm, estando o solo coberto com vegetação de sapê (*Imperata brasiliensis*). As análises físicas e químicas das amostras do solo foram realizadas de acordo com a metodologia descrita no manual de métodos de análise do solo da EMBRAPA (1979), revelando os seguintes resultados: 31,2%, areia; 54,1%, argila total; 49,7%, argila natural; 14,8%, silte; grau de flocculação, 8; pH em pasta, 4,5; pH em água (1:2,5), 4,8; cátions trocáveis (meq/100 g): $Al^{3+} = 0,9$; $K^+ = 0,13$; $Ca^{++} = 0,8$; $Mg^{++} = 0,7$; e P disponível = 1,0 ppm. O solo coletado foi secado ao ar, peneirado em malha de 1 cm^2 , homogeneizado e distribuído em vasos de plástico com capacidade para 3,5 kg de terra.

A calagem foi feita por vaso, tomando-se como base a neutralização por incubação durante dois dias, em pasta, do solo com hidróxido de cálcio-magnésiano (Mineral - 112% PRNT), contendo 4% de CaO e 20% de MgO , com 100% das partículas passando na peneira nº 10 (Tyler) e 50% passando na peneira nº 50 (Tyler). Com isso aplicaram-se doses correspondentes a 0; 637,5 e 2.000 kg do Mineral por hectare, a fim de ter pH 4,8, 5,3, 6,1, respectivamente. Foram feitas adubações em todos os vasos adicionando-se solução de micronutrientes por kilograma de solo: 150 mg de $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$; 15,8 mg de $CuSO_4 \cdot 5 H_2O$; 8,9 mg de $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$; 0,3 mg de H_3BO_3 ; 0,5 mg de $Na_2MoO_4 \cdot 2 H_2O$ e 20 mg de $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$. Foi adicionado o equivalente a 24,4 kg/ha de Ca na forma de $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ e 50 kg de N/ha como NH_4NO_3 . Aplicou-se composto em quantidade equivalente a

TABELA 1. Caracterização do composto de lixo urbano utilizado no experimento (médias de quatro repetições).

Tratamentos*	C	N	C/N	Ca	Mg	K	P	Umidade	pH em
	%								
Composto puro	12,57	1,52	8,27	5,40	0,47	0,56	0,53	1,94	7,88
Composto com FN Araxá	9,60	1,27	7,57	9,67	0,48	0,44	2,10	1,73	7,78
Composto com FN Patos	9,98	1,31	7,68	8,67	0,43	0,57	1,72	3,15	7,88
Composto com FNA + N	10,51	1,43	7,38	9,07	0,34	0,40	1,85	1,37	5,85
Composto com ST	11,27	1,42	8,10	6,93	0,45	0,50	2,04	1,73	6,88

* Os fosfatos naturais, nitrogênio e superfosfato triplo foram adicionadas ao lixo antes da compostagem.

10 t/ha (base seca), com ou sem adição de fertilizante fosfatado, de acordo com o delineamento experimental. O esquema experimental usado foi um fatorial 3 x 12, sorteado em blocos ao acaso, com quatro repetições, consistindo em três níveis de pH em água (4,8, 5,3 e 6,1) e doze tratamentos (composto puro, FNA compostado, FNP compostado, FNA + SA compostado, ST compostado, FNA adicionado com composto, FNP adicionado com composto, ST adicionado com composto, FNA puro, FNP puro, ST puro e testemunha sem composto ou P). O adubo compostado significa que foi adicionado ao lixo fresco e participou da compostagem.

As fontes de fósforo utilizadas foram: superfosfato triplo (ST) contendo 43,7% P₂O₅ total moído em moinho com peneira de malha de 1 mm de diâmetro; fosfato natural de Araxá (FNA), fosfato concentrado Arafertil, finos de eletrofiltro contendo 35,25% P₂O₅ total, e 4,5% P₂O₅ solúvel em ácido cítrico e granulometria 77,5% em 200 mesh; fosfato natural de Patos de Minas (FNP) contendo 23,89% de P₂O₅ total e 4,5% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico e granulometria 55,5% em 200 mesh. As quantidades de fertilizantes aplicadas foram correspondentes a 200 kg/ha de P₂O₅ total. Usou-se 2 x 10⁶ kg solo/ha para conversão de kg solo para hectare.

Após a colheita do feijoeiro com a retirada das raízes, semeou-se o sorgo forrageiro, deixando-se, após o desbaste, quatro plantas por vaso. Foram feitas adubações correspondentes a 20 kg/ha de K na forma de sulfato de potássio, 10 dias após a semeadura, e aplicações de 20 kg de N/ha na forma de nitrato de amônio aos 10, 26, 39 e 46 dias após a semeadura. Durante todo o experimento foram feitas irrigações periódicas com água da chuva, a fim de manter o teor de umidade do solo em torno de 80% da máxima capacidade de retenção.

A colheita do sorgo foi realizada 90 dias após a semeadura, fazendo-se as determinações de peso seco a 60°C, e de fósforo total na parte aérea e raiz da planta por digestão nítrico-perclórica (Jackson 1964), e dosagem colorimétrica em solução de molibdato de amônio em meio sulfúrico, utilizando ácido ascórbico como redutor (Murphy & Riley 1962). A percentagem de infecção de micorrizas vesiculares arbusculares foi obtida segundo metodologia descrita por Kormanik & McGraw (1982) e Giovanetti & Mosse (1980).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presença de micorriza vesicular arbuscular parece não ter sido influenciada pelos diferentes tratamentos, já que não houve variação na percentagem de infecção (média dos três valores de pH) das mesmas no sistema radicular do sorgo (Fig. 1).

Na Tabela 2 observa-se que, em relação à produção de matéria seca e ao acúmulo de P na planta, os fosfatos naturais (FN) foram superiores à testemunha em pH 4,8 e 5,2, mas não diferiram em pH 5,9, principalmente no segundo caso. Os FN puros, com o composto ou adicionado ao lixo antes da compostagem, não diferiram entre si nos três níveis de pH, inclusive no tratamento em que o SA foi adicionado ao lixo antes da compostagem com o objetivo de aumentar a atividade microbiana. Em pH 4,8 e 5,2, os

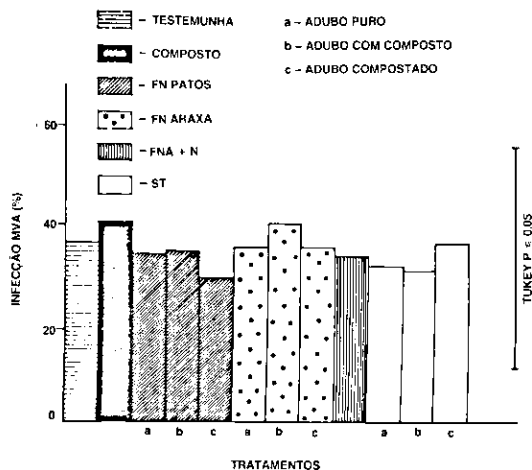


FIG. 1. Efeito residual do composto de lixo e fontes de fósforo na percentagem de infecção de micorriza vesicular arbuscular no sorgo. Cada coluna sobrepõe os valores obtidos nos três níveis de pH.

FN com o composto proporcionaram maior acúmulo de P total que o composto adicionado puro, sendo que o mesmo efeito na produção de matéria seca só é observado no pH 4,8. O ST puro não diferiu de todos os tratamentos com os FN nos valores de pH 4,8 e 5,2, sendo que no pH 5,9 apresentou maior efeito em ambos os parâmetros avaliados. O ST com composto não diferiu dos tratamentos de fosfato natural com composto apenas no acúmulo de P total em pH 4,8 e 5,2, mas foi superior no pH 5,9 em ambos os parâmetros avaliados. Contudo, o efeito mais importante nesse experimento foi o aumento de disponibilidade de P residual quando o ST foi adicionado ao lixo urbano antes da compostagem - conforme se observa no acúmulo de P total nos três níveis de pH estudados -, apesar de não haver diferença estatística entre o ST compostado e o adicionado com composto. Este efeito diferenciado da disponibilidade de P entre o FN e o ST, em função do pH do solo, pode ser observado ao se comparar as fontes de P com e sem composto quanto ao acúmulo de P total e produção de matéria seca; ou seja, o aumento do pH diminui a disponibilidade de P dos FN, já que a acidez é um dos principais fatores a atuar na solubilização do FN (Chu et al. 1962, Aguilar & Van Diest 1981, Smyth & Sanchez 1982, Bekele et al. 1983).

Mazur et al. (1983) adicionaram FN ao composto acabado e não observaram aumento da disponibilidade de P para o milho. Peixoto et al. (1987) adiciona-

ram FN antes e depois da compostagem de lixo urbano e também não observaram aumento da disponibilidade de P para o feijoeiro, quando plantado em latossolo com 10 t/ha de composto (base seca). Os resultados observados neste experimento mostram que, mesmo na segunda cultura (sorgo forrageiro), não houve nenhum efeito do composto no aumento da disponibilidade de P residual dos FN, adicionados ao lixo antes ou depois da compostagem.

O índice de eficiência agrônômica (IEA), calculado com a média dos três valores de pH (Tabela 3), para comparar as fontes de P em relação ao ST, quando se considerou o P total retirado pelo sorgo forrageiro, mostra que os FN puros tiveram eficiência de 55% (FN Patos) e 62% (FN Araxá), semelhante à observada quando foram adicionados ao lixo antes da compostagem, enquanto o composto puro teve uma eficiência menor (43%) e as dos FN com composto foram maiores que ambos. A adição de ST com o composto apresentou aumento na eficiência em razão do efeito do composto em si, embora o ST adicionado ao lixo antes da compostagem houvesse induzido um aumento da eficiência do adubo e do composto somados.

A maior eficiência agrônômica do ST adicionado ao lixo antes da compostagem (Tabela 3), e princi-

palmente os dados deste tratamento no P total da planta no pH 4,8 (Tabela 2), indicam que o composto promoveu proteção do P contra as propriedades adsorptivas dos colóides do solo (Parfitt et al. 1975, Rajan & Fox 1975, Munns & Fox 1976, Smyth & Sanchez 1982, Couto et al. 1984) ou a imobilização temporária do P, o que permitiu a disponibilidade residual deste elemento para a planta (Chauhan et al. 1981, Hedley et al. 1982), já que esse solo tem um teor alto de argila (maior 50%) e alta capacidade de adsorção de P (Almeida & Velloso 1982). Este resultado é muito importante para o manejo de adubos orgânicos em solos ácidos; Hedley et al. (1982) observaram que a adição de matéria orgânica (adubo orgânico) com fertilizante fosfatado em solo pobre em P proporcionou aumento no teor de P orgânico, que funcionava como reserva de P para as plantas.

O teor de P nas plantas foi menor que 0,10%, sendo que somente nos tratamentos com ST os teores foram superiores aos da testemunha, e não houve diferença entre os tratamentos, exceto para o ST adicionado ao lixo antes da compostagem (Fig. 2). Entretanto, em todos os tratamentos o crescimento do sorgo deve ter sido limitado por deficiência de P, já que Melo & Vianna (1979) encontraram em média de diferentes solos, em casa de vegetação, o nível crítico de P em tecido de sorgo de 0,12% de P.

TABELA 2. Efeito residual de composto de lixo e de fontes de fósforo na produção de matéria seca e no acúmulo de fósforo em sorgo forrageiro (raízes e parte aérea), em três valores de pH, num Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso.

Tratamentos	Matéria seca (g/planta)			Fósforo total (mg P/planta)		
	pH em água					
	4,8	5,2	5,9	4,8	5,2	5,9
Testemunha	2,22 e* B	2,90 d AB	3,77 d A	0,93 e A	1,05 e A	1,31 d A
Composto puro	5,88 d A	5,94 c A	6,46 a A	2,07 d A	2,15 d A	2,33 cd A
Fosfato natural de Araxá (FNA)	6,67 abcd A	6,86 abc A	5,42 bc B	2,70 cd AB	3,11 cd A	2,12 cd B
Fosfato natural de Patos de Minas (FNP)	6,36 bcd A	6,39 c A	4,78 cd B	2,82 cd A	2,93 cd A	1,67 cd B
Superfosfato triplo (ST)	6,12 cd C	7,05 abc B	8,34 a A	3,22 bc B	3,97 bc A	3,61 b AB
FNA compostado	6,56 abcd A	6,91 abc A	6,20 b A	2,64 cd AB	3,24 c A	2,31 cd B
FNA + SA compostado	6,68 abcd A	6,54 abc A	6,37 a A	2,88 cd A	2,96 cd A	2,54 c A
FNP compostado	6,13 cd A	6,05 c A	6,22 b A	2,66 cd AB	3,05 cd A	2,08 cd B
ST compostado	7,71 a A	7,79 a A	8,48 a A	4,73 a A	5,17 a A	5,37 a A
FNA + composto	7,21 abc A	6,85 abc AB	6,13 b A	3,43 bc A	3,52 bc A	2,47 c B
FNP + composto	7,16 abc A	6,49 bc AB	5,85 bc B	3,53 bc A	3,25 bc A	2,23 cd B
ST + composto	7,47 ab B	7,75 ab AB	8,67 a A	4,00 ab B	4,33 ab AB	4,90 a A

* Médias acompanhadas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

(letra minúscula, entre tratamentos no mesmo valor de pH; letra maiúscula, entre valores de pH no mesmo tratamento).

TABELA 3. Avaliação da eficiência das fontes de fósforo, através do índice de eficiência agrônômica (IEA), no cultivo de sorgo (valores médios obtidos nos três valores de pH).

Tratamento		IEA*
Composto		43
Fosfato natural de Patos	a**	55
	b	76
	c	60
Fosfato natural de Araxá	a	62
	b	82
	c	65
Superfosfato triplo	a	100
	b	132
	c	160

$$* IEA = \frac{(P \text{ retirado da fonte } x) - (P \text{ testemunha})}{(P \text{ retirado ST puro}) - (P \text{ testemunha})} \times 100$$

- ** a) adubo puro
 b) adubo + composto
 c) adubo adicionado ao lixo urbano antes da compostagem.

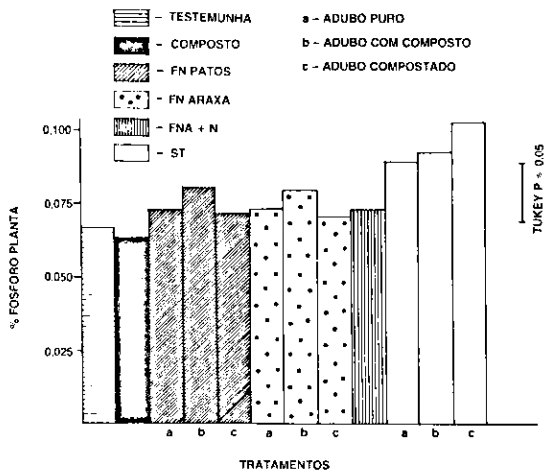


FIG. 2. Efeito residual do composto de lixo e fontes de fósforo no teor de fósforo no sorgo (raiz + parte aérea). Cada coluna sobrepõe os valores obtidos nos três níveis de pH.

CONCLUSÕES

1. A adição de FN ao lixo urbano antes da compostagem ou a sua adição ao solo junto com o com-

posto de lixo não aumentam a disponibilidade do fósforo residual para a cultura do sorgo forrageiro.

2. Há aumento da disponibilidade do fósforo residual quando o ST é adicionado ao lixo urbano antes da compostagem ou adicionado ao solo junto com o composto de lixo, inclusive em pH 4,8.

3. O aumento do pH diminui a disponibilidade de fósforo dos FN e aumenta com o uso do ST, quando adicionados ao solo puros ou junto com o composto.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, S.A. & VAN DIEST, A. Rock-phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant. Soil*, **61**:27-42, 1981.

ALMEIDA, D.L. & VELLOSO, A.C.X. Fixação de fósforo em Solos do Estado do Rio de Janeiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, **17**(7):1023-29, 1982.

BEKELE, T.; CINO, B.J.; EHLERT, P.A.T.; VAN DER MAAS, A.A. & VAN DIEST, A. An evolution of plant-borne factors promoting the solubilization of alkaline rock phosphates. *Plant. Soil*, **73**:361-78, 1983.

CHAUHAN, B.S.; STEWART, J.W.B.; PAUL, E.A. Effect of Carbon additions on soil labile, organic and microbially held phosphate. *Can. J. Soil Sci.*, **59**:387-96, 1979.

CHAUHAN, B.S.; STEWART, J.W.B.; PAUL, E.A. Effect of labile inorganic phosphate status and organic carbon additions on the microbial uptake of phosphorus in soil. *Can. J. Soil Sci.*, **61**:373-85, 1981.

CIU, C.R.; MOSCHLER, W.W.; THOMAS, G.W. Rock phosphate transformations in acid soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **62**:476-8, 1962.

COMPANHIA DE LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro. Estudo do composto produzido nas usinas de Bangu e Irajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 9., Belo Horizonte, 1977. *Anais . . .* Rio de Janeiro, COLUMRB, 1977. 91p.

COUTO, C.; NOVAIS, R.F.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F. Efeito de características químicas, físicas e mineralógicas do solo sobre a solubilidade de apatita de Araxá. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16., Ilhéus, 1984. *Anais . . .* CEPLAC, Ilhéus, 1984. p.65.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. *Manual de métodos de análise do solo*. Rio de Janeiro, 1979.

GIOVANNETTI, M. & MOSSE, B. An evolution of techniques for measuring vesicular - arbuscular mycorrhizal infections in roots. *New Phytol.*, **84**:489-500, 1980.

- GOEDERT, W.J. Efeito residual de fosfatos naturais em solos de cerrado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 18(5):499-506, 1983.
- HAMMOND, L.L.; LEON, L.A.; ASHBY, J.A. **Annual report of IFDC/CIAT**. Phosphorus project. Cali, Colombia, CIAT, 1981. 29p.
- HEDLEY, M.L.; STEWART, J.W.B.; CHAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation and by laboratory incubations. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 46:970-76, 1982.
- JACKSON, M.L. **Análisis químico de suelos**. Barcelona, Omega, 1964. 662p.
- KALEMBASA, S.J. & JENKINSON, D.S. A comparative study of titrimetric and gravimetric methods for the determination of organic carbon in soil. **J. Sci. Food Agric.**, 24:1085-90, 1973.
- KORMANIK, P.P. & MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C., ed. **Methods and principles of mycorrhizal research**. St. Paul, Minnesota, American Phytopathological Society, 1982. p.37-46.
- LARSEN, S. Residual phosphate in soils. In: **RESIDUAL VALUE OF APPLIED NUTRIENTS**. London, HMSO, 1971, p.34-41. (Technical Bulletin, 20).
- LIAO, C.F.H. Devarda's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 45:832-5, 1981.
- MAZUR, N.; SANTOS, G. de A.; VELOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **R. bras. Ci. Solo**, 7:153-6, 1983.
- MELO, M.A. da R. & VIANNA, A.C.T. Correção da acidez e do fósforo aplicado em solos da região sudeste do Rio Grande do Sul e produção de matéria seca do sorgo. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO**, 12, Goiânia, 1978. **Anais** . . . s.l., EMBRAPA, 1979. p.129.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Quím. Acta.**, 27:31-6, 1962.
- MUNNS, D.N. & FOX, R.L. The slow reaction which continues after phosphate adsorption; kinetics and equilibrium in some tropical soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 40:46-51, 1976.
- OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília, EMBRAPA-DID, 1982. 326p. (EMBRAPA-DID. Documentos, 21)
- PARFITT, R.L.; ATKINSON, R.J.; SMART, R.S.C. The mechanism of phosphate fixation by iron oxides. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 39:837-41, 1975.
- PEIXOTO, R.T. dos G.; ALMEIDA, D.L. de & FRANCO, A.A. Compostagem de lixo urbano enriquecido com fontes de fósforo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 24(5):599-606, 1989.
- PEIXOTO, R.T. dos G.; FRANCO, A.A.; ALMEIDA, D.L. de. Efeito do lixo urbano compostado com fosfato natural na nodulação, crescimento e absorção de fósforo em feijoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 22(11/12):1117-32, 1987.
- RAJAN, S.S.S. & FOX, R.L. Phosphate adsorption by soils. II. Reactions in tropical acid soils. **Soil Sci. Am. Proc.**, 39:846-51, 1975.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SMYTH, T.J. & SANCHEZ, P.A. Phosphate rock dissolution and availability in Cerrado soils as affected by phosphorus sorption capacity. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 46:339-45, 1982.