

# COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO ENRIQUECIDO COM FONTES DE FÓSFORO<sup>1</sup>

RICARDO TRIPPIA DOS G. PEIXOTO<sup>2</sup>, DEJAIR LOPES DE ALMEIDA<sup>3</sup>  
e AVILIO ANTONIO FRANCO<sup>4</sup>

**RESUMO** - Foi observado o processo de compostagem de lixo urbano com várias fontes de fósforo, até o ponto de maturação. O experimento foi realizado em blocos, ao acaso, com quatro repetições e cinco tratamentos: a) lixo urbano puro (L); b) L mais fosfato natural de Araxá (L + FNA); c) L mais fosfato natural de Patos de Minas (L + FNP); d) L mais FNA mais sulfato de amônio (L + FNA + SA); e) L mais superfosfato triplo (L + ST). Foram formadas leiras de lixo fresco a céu aberto. De acordo com o delineamento experimental, fez-se a mistura de 10,6 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 5,3 kg de N por tonelada de lixo. O processo de compostagem durou 91 dias, ao longo dos quais realizou-se, periodicamente, o revolvimento das leiras e a medição da temperatura, umidade, pH e relação C/N. Após a compostagem, determinou-se o P total e o P disponível. Não houve aumento de P disponível no composto tratado com FNA ou FNP, segundo determinações realizadas pelo método da resina em uma só extração. A mistura do L com FNA e SA também não favoreceu a solubilização do FNA. Não se observou nenhum efeito do FNA ou FNP sobre a temperatura, umidade, pH e relação C/N durante a compostagem. O ST e o SA diminuíram sensivelmente o pH, porém não alteraram os outros parâmetros, quando comparados ao lixo puro.

Termos para indexação: composto, fosfato natural.

## URBAN WASTE COMPOSTING WITH ADDITION OF SEVERAL PHOSPHORUS SOURCES

**ABSTRACT** - The composting process of urban waste with several P sources was monitored until maturation of the compost. The experiment was laid out in a randomized block design with four replications and five treatments: a) pure urban waste (UW), b) UW with araxá rock phosphate (UW + ARP), c) UW with patos de minas rock phosphate (UW + PRP), d) UW with ARP and ammonium sulphate (UW + ARP + AS) and UW with triple superphosphate (UW + TS). Heaps with 600 kg of fresh UW were incubated in open field after mixing thoroughly, according to treatment with 10,6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 5,3 kg N per UW ton. The heaps were mixed and the temperature, moisture, pH and C/N ratio were determined many times during the 91 days of the composting process. At the final sampling, available and total P content were determined. One extraction of P using the exchange resin method showed no increase in available P from ARP or PRP after the composting process. The addition of AS also did not increase the availability of P from ARP. There was no effect of ARP and PRP on the temperature, moisture, pH and C/N ratio during composting, while the TS and AS affected the pH when compared with pure UW.

Index terms: compost, rock phosphate.

## INTRODUÇÃO

O crescimento geométrico populacional nos grandes centros urbanos cria uma série de problemas de ordem social e ambiental. Em 1977 o lixo domiciliar coletado pela Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro (COMLURB) equivalia a cerca de 17% do total do país (produção estimada de 40.421 t/dia), com base na estimativa de população do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1977) em 1990 o Rio de Janeiro produzirá aproxi-

madamente 10.867 t de lixo urbano por dia.

Dentre as técnicas normalmente empregadas na eliminação de resíduos sólidos urbanos, as do aterro sanitário, incineração e lançamento em rios sofrem sérias limitações de disponibilidade de área, custos elevados, perda total do material não renovável incluindo os nutrientes e poluição do meio ambiente (Financiadora de Estudos e Projetos 1977, Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro 1977). Entretanto, a técnica de compostagem vem tomando crescente interesse, já que após a separação dos materiais reutilizáveis (metais, plásticos, vidros etc.), que totalizam 70%, o material restante (30%) tem um alto percentual de matéria orgânica; esta, após sofrer processo de compostagem aeróbia, é convertida em produto homogêneo e mais estável, útil à agricultura como adubo orgânico, mas com baixo teor de fósforo (0,5% P) (Kiehl 1978, Corrêa et al. 1982).

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 14 de março de 1989. Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para obtenção do grau de Mestre em Agronomia na UFRJ-RJ. Bolsista do CNPq.

<sup>2</sup> Eng. - Agr., M.Sc., Inst. Agrônomo do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 129, CEP 84001 Ponta Grossa, PR.

<sup>3</sup> Eng. - Agr., M.Sc., MA-EMBRAPA-UAPNPBS, km 47 ant. rod. Rio/São Paulo, CEP 23851 Seropédica, RJ.

<sup>4</sup> Eng. - Agr., Ph.D., MA-EMBRAPA-UAPNPBS.

Vários fatores devem ser levados em conta a fim de tornar a produção de composto a partir de resíduos sólidos urbanos viável economicamente e dentre esses, o balanço entre oferta e procura é de grande relevância. A exploração agrícola, principalmente hortifruticultura, no "cinturão verde" dos grandes centros urbanos, torna atrativa a utilização de composto de lixo como adubo orgânico devido ao baixo custo de transporte da usina de compostagem até a propriedade agrícola, e à qualidade do composto produzido. A redução no tempo necessário para preparar o composto aumenta bastante as chances de sucesso operacional (Fuller & Bosma 1965). Entretanto, o composto aplicado ao solo deve estar suficientemente maduro, caso contrário poderá causar danos severos às plantas e redução no seu crescimento (Chanyasak et al. 1983 a, b), portanto é fundamental o conhecimento dos parâmetros que caracterizam o estado de maturidade do material (Poincelot 1975, Harada et al. 1981).

A necessidade de adubação fosfatada na maioria dos solos brasileiros, associada ao baixo conteúdo de fósforo no lixo urbano, torna atrativa a idéia de se enriquecer esse resíduo com referido nutriente. O interesse cresce mais ainda quanto à utilização de fosfato natural por ser esse material uma fonte de fósforo mais barata, existindo a possibilidade da sua dissolução ser favorecida pelos baixos valores de pH (Chu et al. 1962) que ocorrem na fase inicial da compostagem (Poincelot 1975, Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro 1977), assim como pela atividade microbiana; os microrganismos além da sua ação direta ou indireta na produção de ácidos orgânicos pela decomposição da matéria orgânica (Struthers & Sieling 1950; Dalton et al. 1952), também necessitam de Ca e P para seu desenvolvimento (Alexander 1977) criando um gradiente de concentração favorável à solubilização do fosfato natural (Volkweiss & Rajj 1977).

A falta de solubilização de fosfato de rocha quando adicionado ao lixo urbano compostado (Mazur et al. 1983) poderia ser conseqüência do pH relativamente alto do composto. Por outro lado o período relativamente longo do processo de compostagem contribui para onerar o produto. Desta forma a adição de sulfato de amônio poderia, além de acelerar o processo estimulando uma atividade biológica mais intensa, aumentar a solubilização de fosfato de rocha pelo abaixamento de pH.

Este trabalho teve como objetivo acompanhar as variações de alguns parâmetros físicos e químicos que caracterizavam o processo de compostagem e

maturação do lixo urbano durante seu processamento aeróbio em leiras expostas e verificar o grau de solubilização dos fosfatos naturais adicionados ao lixo cru, durante o processo de compostagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

O lixo urbano utilizado foi proveniente da COMLURB, em Irajá, na cidade do Rio de Janeiro. Este lixo, após catação de materiais recicláveis (vidros, metais, plásticos, etc.) e trituração em moinho, foi utilizado como substrato orgânico para o processo de compostagem.

As fontes de fósforo utilizadas foram: superfosfato triplo (ST), contendo 43,71%  $P_2O_5$  total, moído e passado em peneira com malha de 1 mm; fosfato natural do araxá (FNA) (fosfato concentrado arafétil-fino de eletrofiltro), contendo 35,25%  $P_2O_5$  total e 4,5%  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico; fosfato natural de patos de Minas (FNP), contendo 23,89%  $P_2O_5$  total e 4,5%  $P_2O_5$  solúvel em ácido cítrico. A fonte de nitrogênio utilizada foi sulfato de amônio (SA) com 20% N.

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 delineamento experimental usado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições e os seguintes tratamentos: a) lixo urbano (L), b) lixo urbano mais fosfato natural de araxá (L + FNA), c) lixo urbano mais fosfato natural de patos (L + FNP), d) lixo urbano mais fosfato natural de araxá mais sulfato de amônio (L + FNA + SA), e) lixo urbano mais superfosfato triplo (L + ST).

As parcelas consistiram de leiras e céu aberto, contendo 600 kg de lixo fresco ( $1,39 m^3$ ) cada. Os fertilizantes foram misturados ao lixo durante a confecção das leiras referentes a cada tratamento.

O processo de compostagem durou 91 dias, ao longo dos quais realizou-se, semanalmente, revolvimento das leiras afim de se promover a aeração. Antes de cada revolvimento era feita medição da temperatura com geotermômetro em cinco pontos diferentes ao longo da leira; desses mesmos locais eram retiradas amostras simples que, ao serem misturadas, formavam uma amostra composta, na qual era feita a determinação do pH em água (1/2,5). No 1<sup>o</sup>, 39<sup>o</sup> e 91<sup>o</sup> dia de compostagem, o restante do material coletado foi seco em estufa a 60°C com circulação de ar, até atingir peso constante, e triturado em moinho Wiley com peneira de malha de 1 mm. Esse material foi submetido à determinação do carbono orgânico total por digestão segundo Kalembsa & Jenkinson (1973), diluindo as amostras a 500 ml  $H_2O$  destiladas para fazer a dosagem colorimétrica a 600 nm e utilizando-se como padrão a glucose; bem como do nitrogênio total conforme Liao (1981). Os dados de temperatura das leiras, pH e relação C/N foram utilizados para determinar a maturidade do composto.

Nas amostras coletadas no último dia de compostagem, após terem sido secas em estufa com circulação de ar a 60°C e moídas, foram também determinados: fósforo total por digestão nítrico-proclórica (Jackson 1964) e dosagem colorimétrica em solução de molibdato de amônio em meio sulfúrico utilizando ácido ascórbico como redutor (Murphy & Riley 1962); fósforo disponível pelo método da resina trocadora de ânions (resina AMBERLIT IRA-400) (Hislop & Cooke 1968) saturada com bicarbonato e utilizando saquinhos de nylon para facilitar o manuseio da resina (Sibbesen 1977); cálcio total por digestão nítrico-perclórica e dosagem pela

técnica de absorção atômica (Sarruge & Haag 1974), que foi de 5,4% Ca.

Dados de temperatura máxima diária e precipitação pluviométrica da região foram obtidos no posto meteorológico da Estação Experimental de Itaguaí da PESAGRO-Rio.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura do lixo urbano (Fig. 1) aumentou rapidamente até um valor máximo em torno de 64°C com 11 dias de compostagem e depois foi diminuindo gradativamente até igualar-se à temperatura ambiente (Fig. 2), a partir dos 71 dias. Esse aumento brusco da temperatura, devido à oxidação da matéria orgânica (Poincelot 1975, Kiehl 1978, Finstein et al. 1983), foi bastante expressivo apesar do material estar disposto em leiras relativamente pequenas (1,39 m<sup>3</sup>) e expostas ao ar livre. Nota-se também que do 4º ao 32º dia de compostagem ocorreu a fase termofílica, com temperaturas variando de 50°C a 64°C; essa fase é importante porque durante a mesma, a decomposição sofre considerável aceleração e os organismos patogênicos são destruídos se for longo o tempo de exposição nessas condições (Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro

1977, Poincelot, 1975). Nesse experimento, esta fase teve a duração de aproximadamente 10 dias.

A precipitação pluvial durante o experimento foi suficiente para suprir a água exigida pelo processamento, pois o teor de umidade do lixo (Tabela 1) permaneceu durante a maior parte do tempo entre 40% e 60%; esse fato é importante porque sabe-se que a compostagem pode sofrer desaceleração por falta ou excesso de água (Poincelot 1977, Finstein et al. 1983). Foi evidente o efeito da chuva aos 40 e 43 dias de compostagem na temperatura das leiras, cuja queda foi interrompida em torno dos 45°C durante alguns dias; a chuva fez com que a umidade das leiras, que era de 22,34% aos 36 dias, subisse para 45,92% (Tabela 1). Na Fig. 1 fica evidente que, apesar de ter havido grande variação de temperatura do lixo durante o processo de compostagem, não houve efeito marcante dos tratamentos, o mesmo sendo observado em relação à variação na umidade (Tabela 1). Entretanto, a adição de ST ou de FNA mais SA, apesar de não ter proporcionado diferenças marcantes, parece ter antecipado em alguns dias a estabilização do composto.

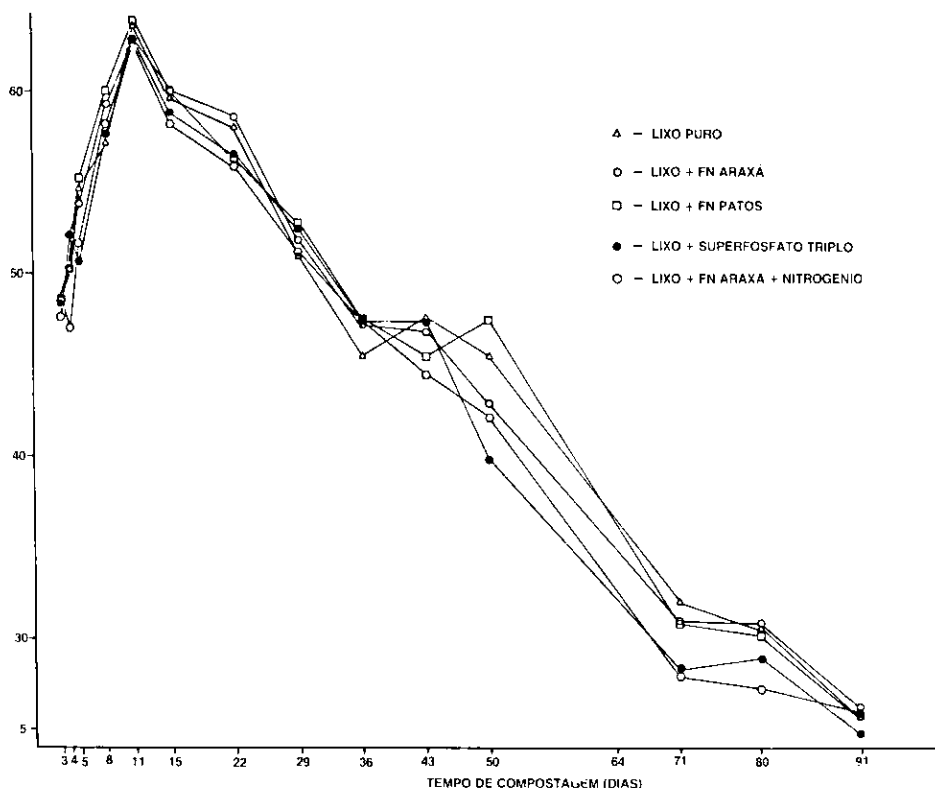


FIG. 1. Efeito de fontes de fósforo na temperatura do lixo urbano durante o período de compostagem.

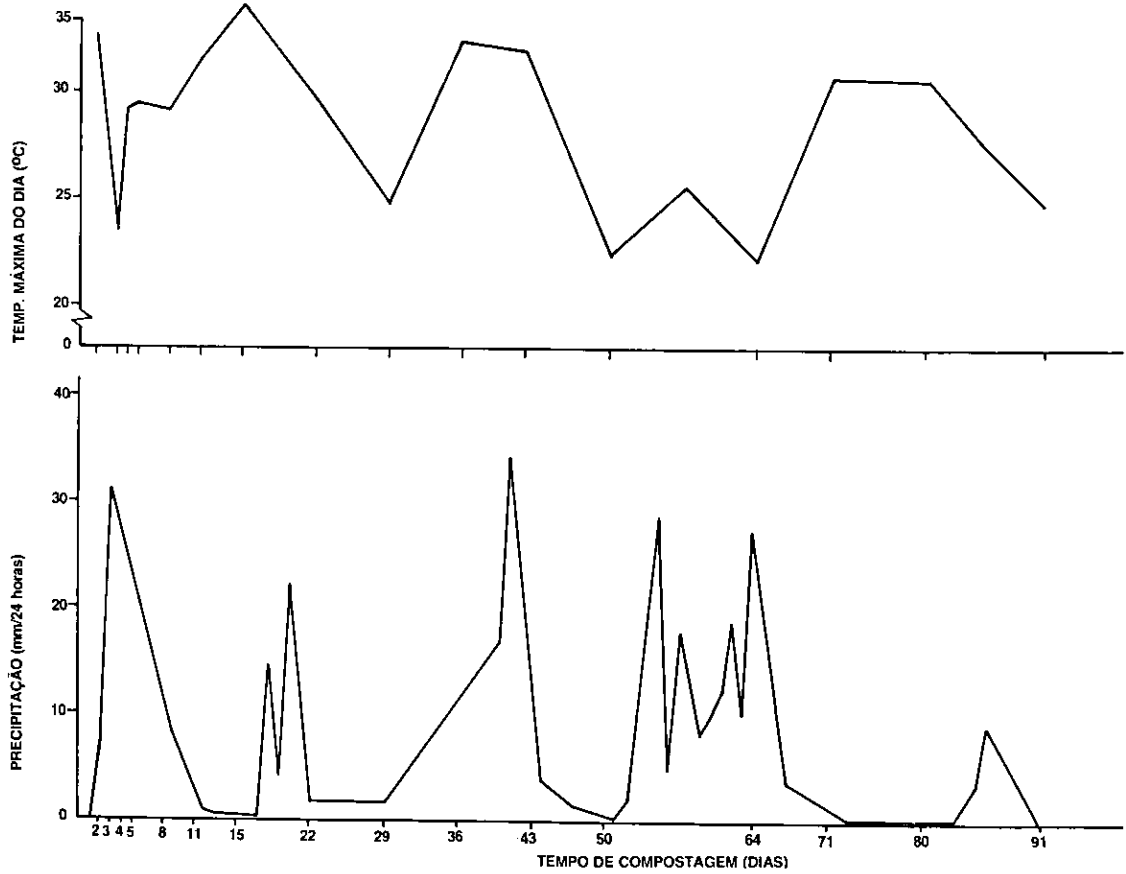


FIG. 2. Variação da temperatura ambiente e precipitação pluviométrica durante o período de compostagem do lixo urbano.

TABELA 1. Teor de água do lixo urbano durante o processo de compostagem.

Tratamentos <sup>a</sup>	Tempo de compostagem (dias) <sup>b</sup>						
	1	29	36	46	53	80	91
				%			
L	98,96	40,19	20,24	45,21	49,97	66,60	70,19
L + FNA	97,55	49,46	21,06	46,33	39,49	61,56	57,03
L + FNP	97,13	38,34	20,69	39,22	43,04	65,23	41,66
L + FNA + SA	107,27	60,85	28,24	50,33	53,10	57,77	60,51
L + ST	97,32	47,69	21,47	48,49	55,33	70,89	67,88
Média	99,65	47,31	22,34	45,92	48,19	64,41	59,45
CV	10,02	22,09	12,40	8,42	17,53	17,26	27,46

<sup>a</sup> Lixo puro (L), fosfato natural de araxá (FNA), fosfato natural de patos de minas (FNP), sulfato de amônia (SA) e superfosfato triplô (ST).

<sup>b</sup> Não ocorreram diferenças significativas pelo teste de Tukey ( $p = 0,05$ ) entre tratamentos em nenhuma época.

O pH do lixo, cujo valor inicial era em torno de 5,0, aumentou rapidamente para 7,5 em 15 dias, chegando a 8,0 aos 22 dias permanecendo em torno desse valor até o final do processamento (Fig. 3); esse fato confirma que o valor pH, isoladamente, não caracteriza o término do processamento (Harada et al. 1981; Finstein et al. 1983).

Já que a faixa de pH ótima para o desenvolvimento da maioria dos microrganismos está entre 6,5 e 8,0 (Alexander 1977), o lixo domiciliar utilizado não apresentou valores de pH impróprios à atividade dos mesmos. A adição do FNA e FNP não provocou alteração significativa desse comportamento. Também foi observado anteriormente (Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro 1977, Poincelot 1975) que o pH inicialmente baixo do lixo sobe rapidamente durante a compostagem. No tratamento com ST houve um comportamento inicial semelhante aos demais tratamentos citados anteriormente; entretanto, no quinto dia houve uma

queda de 1,0 unidade de pH, provavelmente devido à uma intensa solubilização acompanhada de aumento da concentração de  $H_3PO_4$ ; essa solubilização pode ter sido favorecida pelo alto teor de umidade do lixo observado na época (Fig. 2). Após essa queda abrupta, pH foi gradativamente subindo até atingir o valor máximo de 7,6 aos 50 dias e diminuindo até 6,9 no final da compostagem; esta queda também pode ter ocorrido pela produção de  $H_3PO_4$ , já que houve um período de chuvas nessa época.

A adição de nitrogênio na forma de sulfato de amônio proporcionou aumento mais rápido do pH que os demais tratamentos até o quinto dia, estabilizando em torno de pH 7 até os 50 dias caindo para 5,9 no final do processo. Esta variação de pH, sempre com valores acima do pH inicial do lixo fresco indica que a adição de SA durante a compostagem não aumentou suficientemente a acidez de modo a favorecer a solubilização do fosfato natural. Entretanto como era esperado, este tratamento apresentou

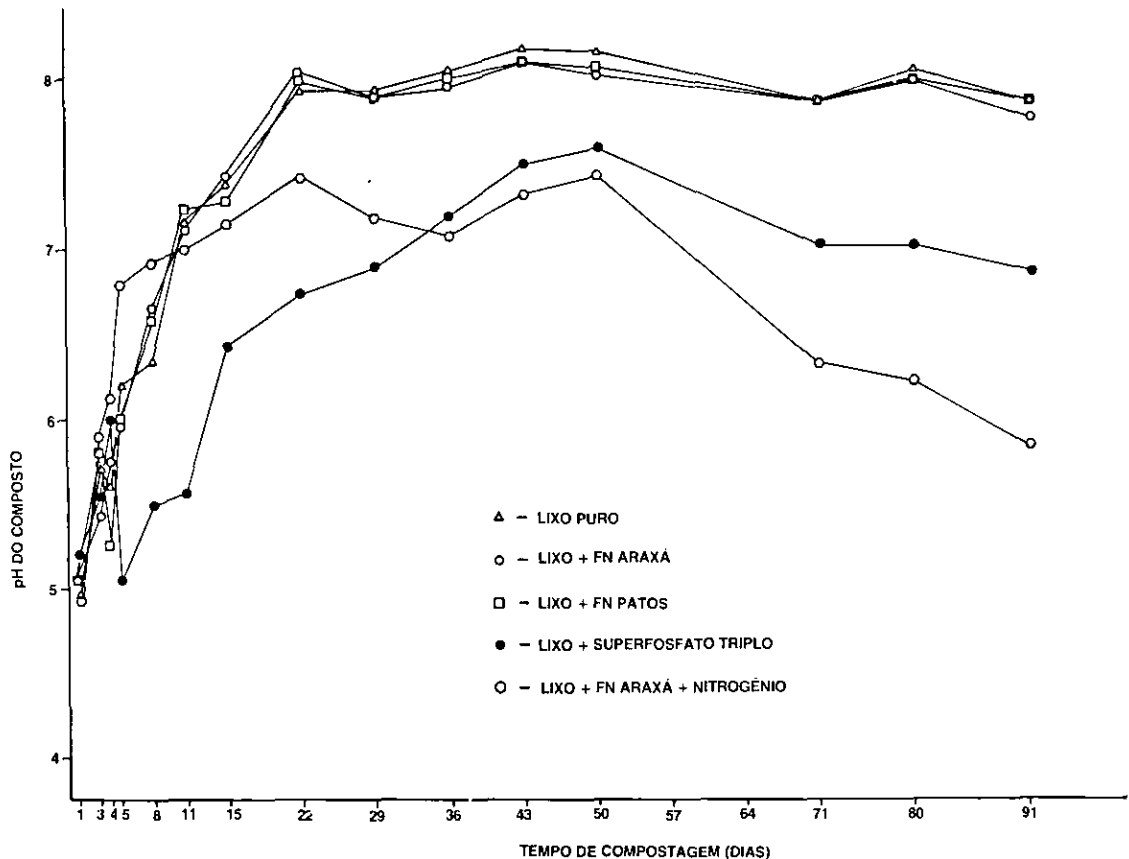


FIG. 3. Efeito de fontes de fósforo no pH do lixo urbano durante o período de compostagem.

desde os 36 dias de compostagem, menor pH que os demais.

Apesar da adição do SA não ter aumentado o teor de P extraído pela resina nos tratamentos com fosfato natural, conforme se pode ver pelo teor de fósforo disponível na Tabela 3, o composto de lixo enriquecido com nitrogênio pode ter efeitos favoráveis sobre as plantas por possuir nitrogênio na forma orgânica, pouco sujeita a perdas por lixiviação, que pode assegurar o suprimento desse nutriente por períodos relativamente longos: conforme dados de Tester & Parr (1983), a adição de pequena dose (17 kg N/ha) de fertilizante nitrogenado em materiais orgânicos (lodo de esgoto e esterco de curral) assegurou produções ótimas de hortaliças nos segundo e terceiro cultivos consecutivos em solos pobres. Portanto, a perda de nitrato por lixiviação deve ser evitada, o que se consegue controlando o teor de água, embora não se possa evitar alguma perda de nitrogênio como amônia na fase termofílica da compostagem.

A Tabela 2 mostra as variações na relação C/N em três tempos de compostagem (1<sup>o</sup>, 39<sup>o</sup> e 91<sup>o</sup> dias). O material utilizado tinha inicialmente uma relação C/N igual a 39,68, acima, portanto, da faixa ótima para compostagem. Nota-se que a adição de N diminuiu a relação C/N do lixo aos 39 dias, de 25,40 para 18,27; conclui-se que a adição de N foi a única causa desse decréscimo porque o teor de carbono não variou entre os tratamentos (Tabela 2). Aos 91 dias de compostagem a relação C/N variou de 7,38 a 8,27, valores que se situam bem abaixo da relação C/N 15 indicada para um composto maduro (Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro 1977, Poincelot 1975, Kiehl 1978, Harada et al. 1981); como a temperatura da leira tornou-se igual à do ambiente aos 70 dias (Fig. 1 e 2), pode-se supor que já nessa época o composto estava curado. A relação C/N é geralmente aceita como fator determinante do grau de decomposição do material, pois considera-se que os resíduos orgânicos estão devidamente compostados somente depois que essa relação decresce para valores inferiores a 15. Em geral considera-se que uma relação C/N entre 26 e 35 proporciona uma rápida e eficiente compostagem, já que relações menores causam um aumento na perda de nitrogênio como amônia e valores maiores levam a uma perda mais acentuada de carbono como CO<sub>2</sub> e a um tempo de compostagem progressivamente maior; no composto curado, entretanto, a relação C/N deverá ser menor que 15, conforme indicado anteriormente.

De acordo com os teores de fósforo disponível obtidos através do método de resina segundo (Hislop & Cook 1968) (Tabela 3), a compostagem aeróbia, em leiras a céu aberto, do lixo urbano misturado com fosfatos naturais (araxá e patos de minas) ou fósforo de araxá com sulfato de amônio, não aumentou a disponibilidade do fósforo desses fosfatos naturais. O teor de P disponível do lixo enriquecido com superfosfato triplo foi bem inferior ao esperado com base na quantidade de P total adicionado (cerca de 15.000 ppm P), provavelmente pelo fato de os sítios de troca da resina terem sido saturados na extração, indicando a necessidade de se fazer extrações sucessivas com a mesma amostra ou de diminuir o tamanho desta, também é possível que o poder de extração da resina não tenha sido suficiente para deslocar todo o P retido nos colóides ou existente em formas menos solúveis. Esta última hipótese é válida também para o fósforo dos fosfatos naturais.

Neste trabalho não foi feito o acompanhamento do P disponível durante a compostagem, pois o objetivo era de se estudar o aumento do P disponível para a cultura no final da compostagem cujos resultados são apresentados em outro trabalho (Peixoto et al. 1987).

Desta forma os dados disponíveis não permitem concluir sobre a maior ou menor mobilização e posterior imobilização do P durante o processo. No final da compostagem a adição de FNA com ou sem SA aumentou respectivamente o teor de P total do composto de 3,4 e 3,9 vezes, enquanto a adição de FNP aumentou em 3,3 vezes o teor de P total do composto, mas em nenhum dos casos ocorreu aumento do teor de P disponível no composto. Por outro lado a adição do ST com um aumento de 3,8 vezes o teor de P total, aumentou 18,3 o teor de P disponível pelo método da resina.

A não dissolução de ambos os fosfatos naturais mostra que a acidez inicial do lixo não foi suficiente para solubilizar esses fosfatos ou os fosfatos solubilizados foram imediatamente imobilizados pelos microrganismos. O alto teor de cálcio total (5,4% Ca) do substrato orgânico pode ter dificultado a dissolução, pois não teria favorecido o surgimento de um gradiente de concentração que poderia atuar como força dirigente para a dissolução do fosfato natural (Volkweiss & Rajj 1977), apesar de o lixo apresentar um teor de fósforo total baixo (0,5% P).

Resultados semelhantes foram obtidos por Lima (1979) quando incubou durante 90 dias dois fosfatos naturais (apatita de Sumé e fosforita de Olinda) com resíduos de sisal, lixo tratado (curado), esterco, torta

TABELA 2. Variação dos teores de carbono e nitrogênio e da relação C/N do lixo urbano durante a compostagem.

Tratamentos <sup>a</sup>	Tempo de compostagem (dias) <sup>b</sup>									
	Teor de C			Teor de N			Relação C/N			
	1 <sup>o</sup>	39 <sup>o</sup>	91 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	39 <sup>o</sup>	91 <sup>o</sup>	1 <sup>o</sup>	39 <sup>o</sup>	91 <sup>o</sup>	
		%			%					
L	43,69 a	34,77 a	12,57 a	1,12 a	1,37 b	1,52 a	39,32 a	25,40 a	8,27 a	
L + FNA	42,82 a	31,64 a	9,60 a	1,07 a	1,13 b	1,27 a	40,30 a	28,23 a	7,57 a	
L + FNP	43,92 a	32,17 a	9,98 a	1,13 a	1,14 b	1,31 a	39,14 a	28,06 a	7,68 a	
L + FNA + SA	42,99 a	32,21 a	10,51 a	1,10 a	1,76 a	1,43 a	39,68 a	18,27 b	7,38 a	
L + ST	43,09 a	34,13 a	11,27 a	1,09 a	1,22 b	1,42 a	39,70 a	27,97 a	8,10 a	
CV (%)	5,85	8,72	14,22	6,69	5,90	12,11	10,07	7,27	14,11	

<sup>a</sup> Lixo puro (L), fosfato natural de araxá (FNA), fosfato natural de patos de minas (FNP), sulfato de amônia (SA) e superfosfato triplo (ST).

<sup>b</sup> Valores em uma mesma coluna seguidos de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

de filtro, bagaço e torta mais bagaço; embora aquele autor tivesse usado relações matéria orgânica: rocha bem menores (2,4 a 8,0) contra 94,3 usado no presente experimento verificou que substratos ricos em P, com pH elevado e alto teores de Ca e Mg, como o sisal, lixo tratado e esterco, foram pouco eficientes em aumentar o teor de P disponível, enquanto que os substratos com baixos valores de pH, Ca, Mg e P, como o bagaço, torta e torta mais bagaço, foram mais eficientes. Contudo, nesse trabalho o teor de fósforo disponível pode ter sido sobrestimado já que foi utilizado o extrator-Mehlich (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,25 N + HCl 0,05 N), que atua na dissolução dos fosfatos naturais (Cabala & Santana 1983, Mazur et al. 1983).

### CONCLUSÕES

1. Não houve efeito do FNA com ou sem SA, do FNP ou do ST sobre a temperatura do lixo urbano durante a compostagem.

2. O valor pH do lixo urbano elevou-se de cerca de 5,0 para 8,0 logo nos primeiros vinte e dois dias de compostagem, não sendo alterado pela adição de FNA ou FNP; a adição de ST ou de FNA + SA, contudo, resultou em menores acréscimos do pH durante a compostagem.

3. A adição de FNA com ou sem SA e de ST ao lixo urbano não alterou o teor de carbono desse resíduo durante a compostagem.

4. A adição de FNA com SA ao lixo urbano aumentou o teor de N total e diminuiu a relação C/N

TABELA 3. Teor de fósforo total e disponível no composto de lixo urbano após 91 dias de compostagem.

Tratamentos <sup>a</sup>	Teor de fósforo <sup>b</sup>	
	Total	Disponível
	ppm	
L	5 425 b	81,95 b
L + FNA	21 412 a	102,10 b
L + FNP	17 740 a	84,55 b
L + FNA + SA	18 715 a	41,65 b
L + ST	20 780 a	1502,50 a
CV (%)	19,76	71,65

<sup>a</sup> Lixo puro (L), fosfato natural de araxá (FNA), fosfato natural de patos de minas (FNP), sulfato de amônia (SA) e superfosfato triplo (ST).

<sup>b</sup> Valores em uma mesma coluna seguidos de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Duncan (P = 0,05).

desse resíduo aos 39 dias de compostagem, mas não causou alteração aos 91 dias, final do processamento.

5. A adição de FNA com ou sem SA e de FNP ao lixo urbano aumentou em 3,3 a 3,9 vezes o teor de P total desse resíduo ao final da compostagem mas não contribuiu para elevar o teor de P disponível.

6. A adição de ST ao lixo urbano aumentou em 3,8 vezes o teor de P total desse resíduo ao final da compostagem e em 18 vezes o teor de P disponível, a

quantidade de P disponível recuperada no produto acabado foi cerca de dez vezes menor que a adicionada.

#### REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2. ed. New York, John Wiley & Sons, 1977.
- CABALA R., P. & SANTANA, M.B.M. Disponibilidade e diagnose de fósforo pela análise química do solo com referência ao Brasil. **R. bras. Ci. Solo**, 7(2): 109-18, 1983.
- CHANYASAK, V.; KATAYAMA, A.; HIRAI, M.F.; MORI, S.; KUBOTA, H. Effects of compost maturity on growth of Komatsuna (*Brassica rapa* var. pervidis) in Neubauer's pot. I. Comparison of growth in compost treatments with that in inorganic nutrient treatments as controls. **Soil Sci. Plant Nutr.**, 29:239-50, 1983a.
- CHANYASAK, V.; KATAYAMA, A.; HIRAI, M.F.; MORI, S.; KUBOTA, H. Effects of compost maturity on growth of Komatsuna (*Brassica rapa* var. pervidis) in Neubauer's pot. II. Growth inhibitory factors and assessment of degree of maturity by org. C/org. N ratio of water extract. **Soil Sci. Plant Nutr.**, 29:291-9, 1983b.
- CHU, C.R.; MOSCHLER, W.W.; THOMAS, G.W. Rock phosphate transformations in acid soils. **Soils Sci. Soc. Am. Proc.**, 62:476-8, 1962.
- COMPANHIA DE LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO DO 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, COMLURB, 1977. 91p.
- CORRÊA, D.; PRESSI, F.P.; JACOMETTI, M.L.G.; SPITZNER JUNIOR, P.I.; PAREDES, E.A. Tecnologia de fabricação de fertilizantes orgânicos. In: COLÓQUIO Regional sobre matéria orgânica do solo, Piracicaba, 1982. p.217-22.
- DALTON, J.D.; RUSSEL, G.C.; SIELING, D.H. Effect of organic matter on phosphate availability. **Soil Sci.**, 73:173-81, 1952.
- FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS. Caracterização e descrição dos métodos de lançamento e disposição do lixo 5,7. Compostagem. In: ———. **Disposição do lixo no Brasil e suas perspectivas**. s.l., CONSULTEC, 1977. p.5-67. v. 1.
- FINSTEIN, M.S.; MILLER, F.C.; STROM, P.F.; MACGREGOR, S.T.; PSARIANOS, K.M. Composting ecosystem management for waste treatment. **Bio Technol.**, 1:347-53, 1983.
- FULLER, W.H. & BOSMA, S. The nitrogen requirement of some municipal compost. **Compost Sci.**, 6:26-32, 1965.
- HARADA, Y.; INOKO, A.; TODAKI, M.; IZAWA, T. Maturing process of city refuse compost during piling. **Soil Sci. Plant Nutr.**, 27:357-64, 1981.
- HISLOP, J. & COOKE, I.J. Anion exchange resin as a means of assessing soil phosphate status; a laboratory technique. **Soil Sci.**, 105:8-11, 1968.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, Rio de Janeiro, RJ. **Sinopse estatística do Brasil**. 1977. p.157; 160.
- 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. Fd. Agric.**, 24:1085-90, 1973.
- KIEHL, E.J. Metodologia da compostagem e ação fertilizante do composto de resíduos domiciliares. In: CONGRESSO PAN AMERICANO DE LIMPEZA PÚBLICA, 1. São Paulo, **Anais** . . . Universidade de São Paulo, 1978. p.71-86.
- LIAO, C.F.H. Devard's alloy method for total nitrogen determination. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 45:852-5, 1981.
- LIMA, P. de A. **Solubilização biológica de fosfatos naturais**. Areia, Universidade Federal da Paraíba, 1979. 93p. Tese Mestrado.
- MAZUR, N.; SANTOS, G. de A.; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **R. Bras. Ci. Solo**, 7:153-6, 1983.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta.**, 27:31-6, 1962.
- PEIXOTO, R.T. dos G.; FRANCO, A.A.; ALMEIDA, D.C. de. Efeito do lixo urbano compostado com fosfato natural na nodulação, crescimento e absorção de fósforo em feijoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, 22 (11/12):1117-32, 1987.
- POINCELOT, R.P. **The biochemistry and methodology of composting**. New Haven, The Connecticut Agricultural Experiment Station, 1975. 18p. (Bulletin, 754)
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1974. 56p.
- SIBBESEN, E. A simple ion-exchange resin procedure for extracting plant-available elements from soil. **Pl. Soil.**, 46:665-9, 1977.
- STRUTHERS, P.H. & SIELING, D.H. Effect of organic anion on phosphate precipitation by iron and aluminum as influenced by pH. **Soil Sci.**, 69:205-13, 1950.
- TESTER, C.F. & PARR, J.F. Intensive vegetable production using compost. **Biocycle**, 34-36, Jan./Feb. 1983.
- VOLKWEISS, S.J. & RAIJ, B. VAN. Retenção e disponibilidade de fósforo em solos. In: FERRI, M.G., ed. **Simpósio sobre o Cerrado**: bases para utilização agropecuária, 4, Brasília. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1977. p.317-32.