

Boletim de Pesquisa 53
e Desenvolvimento ISSN 1516-4675
Agosto, 2009

**Emissão de C-CO₂ em Amostras de
Latosolo Tratadas com Lodos de
Esgoto**



ISSN 1516-4675

Agosto, 2009

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 53

Emissão de C-CO₂ em Amostras de Latossolo Tratadas com Lodos de Esgoto

Rita Carla Boeira
Marcos Antonio Vieira Ligo
Viviane Cristina Bettanin Maximiliano

Embrapa Meio Ambiente
Jaguariúna, SP
2009

Exemplares dessa publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3311-2700 Fax: (19) 3311-2640
sac@cnpma.embrapa.br
www.cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicação da Unidade

Presidente: *Ariovaldo Luchiarí Júnior*

Secretário-Executivo: *Luiz Antônio S. Melo*

Secretário: *Sandro Freitas Nunes*

Bibliotecária: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Membros: *Ladislau Araújo Skorupa, Heloisa Ferreira Filizola, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson*

Normalização Bibliográfica: *Maria Amélia de Toledo Leme*

Editoração Eletrônica: *Edislene Aparecida Bueno Ruza*

1ª edição eletrônica
(2009)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no seu todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Boeira, Rita Carla

Emissão de C-CO₂ em amostras de latossolo tratadas com lodos de esgoto / Rita Carla Boeira, Marcos Antonio Vieira Ligo, Viviane Cristina Bettanin Maximiliano. – Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009.
20p. – (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; 53).

1. Decomposição de carbono. 2. Respirometria. 3. Taxa de respiração.
I. Boeira, Rita Carla. II. Ligo, Marcos Antonio Vieira. III. Maximiliano, Viviane Bettanin. IV. Título. V. Série.

CDD 631.869

© Embrapa 2009

Sumário

Resumo	05
Abstract	07
Introdução	08
Material e Métodos	09
Resultados e Discussão	12
Conclusão	16
Referências	17

Emissão de C-CO₂ em Amostras de Latossolo Tratadas com Lodos de Esgoto

Rita Carla Boeira¹

Marcos Antonio Vieira Ligo²

Viviane Bettanin Maximiliano³

Resumo

Lodos de esgoto possuem alto teor de carbono orgânico, porém, há um expressivo consumo de matéria orgânica logo após sua aplicação no solo, até que seja alcançado novo equilíbrio da relação C/N. Neste trabalho, apresentaram-se resultados referentes à decomposição da fração orgânica de dois lodos de esgoto anaeróbios, provenientes das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca/SP (esgoto doméstico) e de Barueri/SP (esgoto urbano-industrial). Os tratamentos estudados foram de 1, 2, 4 e 8 vezes a aplicação da dose recomendada, com base no teor de N, de dois lodos de esgoto, as quais foram equivalentes à aplicação, numa camada de 0-20 cm de solo, de 3, 6, 12 e 24 Mg ha⁻¹ (Franca) e 8, 16, 32 e 64 Mg ha⁻¹ (Barueri). Avaliou-se o efeito dos tratamentos sobre a emissão de carbono na forma de CO₂, em câmaras sem circulação forçada de ar, após 57 dias de incubação de misturas de amostras de um Latossolo Vermelho distroférico com as doses dos lodos de esgoto. O padrão de emissão de C-CO₂ foi semelhante nos dois tipos de lodos de esgoto. Houve aumento da liberação de C-CO₂ com o aumento das doses dos dois lodos de esgoto. A taxa respiratória foi maior no início da

¹Engenheira Agrônoma, Doutora em Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, Cep.13.820-000, Jaguariúna, SP.
rcboeira@cnpma.embrapa.br

²Ecólogo, Doutor em Ciências, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, Cep.13.820-000, Jaguariúna, SP.
ligo@cnpma.embrapa.br

³Química, Especialista em Gestão da Qualidade, Embrapa Meio Ambiente, Rod. SP 340, Km 127,5 - Caixa Postal 69, Tanquinho Velho, Cep.13.820-000, Jaguariúna, SP.
viviane@cnpma.embrapa.br

incubação, observando-se 50% ou mais da decomposição total da matéria orgânica dos lodos de esgoto nos primeiros 15 dias. A biodecomposição estimada da matéria orgânica aplicada ao solo via lodos de esgoto foi de 15%.

Palavras-chave: decomposição de carbono, respirometria, taxa de respiração

CO₂-C Emission in a Sewage Sludge Treated Latosol

Abstract

Even though sewage sludges present high levels of organic carbon, important organic matter consumption occurs following sludge application into soils, until a new balance is reached in the C:N ratio. The results of a laboratory study of the organic fraction decomposition of sewage sludge obtained from two treatment plants, namely Franca (SP) (domestic sludge) and Barueri (SP) (urban-industrial sludge) are presented. The sewage sludge doses were equivalent to an application to 0-20 cm soil profile samples of 3, 6, 12 and 24 Mg ha⁻¹ for the Franca sludge, and 8, 16, 32 and 64 Mg ha⁻¹ for the Barueri sludge. The treatment effects were evaluated by determining C evolved as CO₂ in chambers without forced ventilation, during 57 days of sewage sludge incubation in an Oxisol. The CO₂-C evolution pattern was similar for the sewage sludge obtained from the two sources, and increased in response to the increasing application rates of the two sludge types. Major respiration rates occurred in the initial decomposition period – 50% or more of the total decomposition occurred in the initial 15-day period. The mean organic matter biodecomposition estimated for the sewage sludges were 15%.

Key-words: carbon decomposition, respirometry, respiration rate

Introdução

A aplicação ao solo de resíduos sólidos ricos em matéria orgânica resulta no tratamento biológico dos mesmos, por meio da oxidação de seus compostos de carbono a gás carbônico e água. O uso desses resíduos na agricultura é recomendado somente quando houver comprovado benefício agrônomo, sem qualquer prejuízo ambiental (HSIEH et al., 1981; HERNÁNDEZ et al., 1990), e com melhorias na qualidade e potencial produtivo dos solos agrícolas. Entre esses resíduos, alguns lodos de esgoto podem ter o solo agrícola como seu receptor final, desde que rigorosamente atendidas as recomendações técnicas estipuladas pela legislação já existente em muitos países e, recentemente, estabelecida no Brasil (CONAMA, 2006).

Nas estações de tratamento de esgoto ocorre diminuição do volume de resíduos, mas mesmo assim, as quantidades de materiais residuários gerados são grandes, tornando-se necessária sua disposição, que deve ser ambientalmente adequada. Quando a opção para redução da carga orgânica dos resíduos for o uso agrícola, deve-se buscar a melhoria da qualidade física e/ou química do solo, preservando-se a qualidade do ambiente local da aplicação. Se parte do carbono orgânico presente no lodo de esgoto for resistente à degradação e não inibir a atividade microbiana do solo (FLIESBATCH et al., 1994), seu teor no solo poderá aumentar, promovendo alterações em alguns atributos de solo.

A persistência (incrementos e/ou conservação do teor de carbono orgânico) de materiais orgânicos no solo pode ser avaliada medindo-se as taxas de degradação do lodo de esgoto pela atividade microbiana indígena do solo. Esta análise faz parte da caracterização qualitativa e quantitativa do material, necessária para disposição em solos agrícolas (CETESB, 1999; NUVOLARI, 1996). O efeito da aplicação de lodo de esgoto sobre a atividade microbiológica pode ser estimado pela taxa de respiração, que depende da disponibilidade de C para a biomassa. Assim, taxa respiratória elevada indica maior atividade microbiana e decomposição mais rápida da matéria orgânica no solo.

As frações de degradação dos materiais carbonados presentes em lodos de esgoto aplicados em solos situam-se entre 20 e 60% (TERRY et al., 1979; WISEMAN & ZIBILSKA, 1988; TORRI et al., 2003), e podem variar com as doses aplicadas (WONG et al., 1998). Trabalhos conduzidos no Brasil mostram que estas frações podem variar de 5 a 46% dependendo dos tempos

de incubação e das doses de resíduos aplicadas ao solo (ANDRADE, 2004; PIRES et al., 2002; SANTOS et al., 2002). Santos et al. (2002) verificaram reduções das taxas de decomposição no solo com o aumento das doses aplicadas para lodo digerido anaeróbico tratado com cal (32, 63 e 95 Mg ha⁻¹), e comportamento inverso para lodo tratado com biopolímero (17 e 33 Mg ha⁻¹).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a decomposição da matéria orgânica de um latossolo tratado com doses crescentes de dois tipos de lodos de esgoto por meio da emissão de CO₂.

Material e Métodos

A determinação da biodecomposição da matéria orgânica contida nos lodos estudados foi realizada de acordo com metodologia da Cetesb (1990), que aplica o método respirométrico, derivado do sistema proposto por Bartha e Pramer (1965). O experimento foi instalado em laboratório, em delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, utilizando-se o teste DMS para comparação conjunta de médias, quando indicado pela análise de variância, e análise de regressão linear para tratamentos comparados em cada tipo de lodo de esgoto. Foram avaliados dez tratamentos, em 13 épocas (3, 4, 7, 9, 11, 15, 18, 25, 32, 37, 43, 50 e 57 dias), aplicados em Latossolo Vermelho distroférico textura argilosa. As amostras de solo utilizadas na preparação dos tratamentos foram coletadas de 0 a 20 cm de profundidade, secadas ao ar e peneiradas (2 mm). A composição química parcial do solo foi: pH em água: 5,8; P: 3,5 mg dm⁻³; K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ e capacidade de troca de cátions (calculada pela soma de bases + H + Al): 1,51; 27,5; 8,5; 1,0 e 73,5 mmol_c dm⁻³, respectivamente, determinada segundo métodos descritos por Raij e Quaggio (1983).

Os tratamentos constituíram-se da testemunha (solo sem lodo), de aplicação e incorporação ao solo de fertilização mineral completa (tratamento NPK) e de doses de dois lodos de esgoto, Franca (tratamentos F 1N, F 2N, F 4N e F 8N) e Barueri (tratamentos B 1N, B 2N, B 4N e B 8N). Os tratamentos F 1N e B 1N foram equivalentes à dose calculada de cada lodo de esgoto, segundo Cetesb (1999), para um cultivo com adubação recomendada de 50 kg ha⁻¹ de N mineral. Os demais tratamentos representaram duas, quatro e oito vezes a dose 1N.

Os lodos de esgoto foram coletados nas estações de tratamento de Franca (SP), que trata esgotos de origem doméstica, e de Barueri (SP), que trata esgotos de origem urbano-industrial; ambos não alcalinos e digeridos em reator anaeróbio (Tabela 1).

Nos tratamentos com o lodo de esgoto de Franca, aplicaram-se 1,5; 3, 6 e 12 g kg⁻¹ de solo e nos tratamentos com o lodo de esgoto de Barueri aplicaram-se 4, 8, 16 e 32 g kg⁻¹ de solo (quantidades dos lodos de esgoto consideradas em base seca). As quantidades equivalentes aplicadas por área são apresentadas na Tabela 2, e foram calculadas considerando-se 2.000 kg de solo por hectare (massa de solo em uma camada equivalente a 0-20 cm de profundidade, numa área de 10.000 m², supondo-se densidade do solo de 1,0 kg dm⁻³). A dose aplicada de C orgânico ao solo, em cada tratamento, foi calculada multiplicando-se a massa de lodo aplicada pelo teor de C orgânico no lodo de esgoto.

No tratamento NPK, foi feita aplicação uniforme de solução contendo N (50 mg kg⁻¹ de solo), P (21,2 mg kg⁻¹ de solo) e K (26,7 mg kg⁻¹ de solo), utilizando-se como fontes fosfato ácido de potássio e nitrato de amônio. As unidades experimentais foram recipientes plásticos com tampa (vasos), com volume de três litros. A incubação das misturas lodo de esgoto-solo (100 g/tratamento) foi conduzida durante 57 dias em ambiente escuro, com a umidade do solo em capacidade de campo, e sob temperatura ambiente controlada (24°C ± 2°C), em respirômetros fechados (lacrados), com rodízio semanal das unidades experimentais, em cada bloco. O fluxo de carbono na forma de CO₂ (C-CO₂) foi estimado por meio da captura do C evoluído do solo em solução de NaOH (ALEF & NANNIPIERI, 1995). Em cada vaso foi colocado um recipiente com 20 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. As determinações foram feitas após adição de BaCl₂ saturado aos frascos de NaOH, por meio de titulação com H₂SO₄ 0,1 mol L⁻¹, utilizando-se fenolftaleína como indicador do ponto de viragem. A partir da concentração inicial e final da solução de NaOH obteve-se a quantidade de carbono liberada do solo na forma de CO₂ (C-CO₂), em cada época de avaliação (o estudo ao longo do tempo foi feito na mesma unidade experimental), ocasiões em que ocorreu aeração natural nos tratamentos. No final do período de incubação, calculou-se a emissão de gás carbônico acumulado *versus* tempo. A fração de decomposição da matéria orgânica dos lodos de esgoto foi estimada dividindo-se a diferença obtida entre as quantidades de carbono desprendido em cada tratamento e na testemunha pelo total de carbono aplicado ao solo via lodo de esgoto, desconsiderando-se algum possível efeito priming (*priming effect*).

Tabela 1. Composição química de lodos de esgoto das Estações de Tratamento de Esgoto de Franca (SP) e de Barueri (SP) utilizados no experimento.

Parâmetro	Unidade ⁽³⁾	Lodo de esgoto de Barueri/SP	Lodo de esgoto de Franca/SP
Fósforo ⁽¹⁾	g/kg	15,9	16,0
Potássio ⁽¹⁾	g/kg	1,0	1,0
Sódio ⁽¹⁾	g/kg	0,5	0,5
Arsênio ⁽¹⁾	mg/kg	<1	<1
Cádmio ⁽¹⁾	mg/kg	12,8	3,32
Chumbo ⁽¹⁾	mg/kg	364,4	199,6
Cobre ⁽¹⁾	mg/kg	1058	239,8
Cromo total ⁽¹⁾	mg/kg	823,8	633,8
Mercúrio ⁽¹⁾	mg/kg	<0,01	<0,01
Molibdênio ⁽¹⁾	mg/kg	<0,01	<0,01
Níquel ⁽¹⁾	mg/kg	518,4	54,7
Selênio ⁽¹⁾	mg/kg	<0,01	<0,01
Zinco ⁽¹⁾	mg/kg	2821	1230
Boro ⁽¹⁾	mg/kg	36,2	40,7
Carbono orgânico ⁽²⁾	g/kg	206	308
pH ⁽²⁾		6,5	6,3
Umidade ⁽²⁾	g/kg	96	172
Sólidos Voláteis ⁽¹⁾	%	43,0	60,5
Nitrogênio Kjeldahl ⁽²⁾	g/kg	26,8	46,0
Nitrogênio- amoniacal ⁽²⁾	mg/kg	1403	4656
Nitrogênio- Nitrato-nitrito ⁽²⁾	mg/kg	37	312
Enxofre ⁽¹⁾	g/kg	13,4	16,3
Manganês ⁽¹⁾	mg/kg	429,5	349,3
Ferro ⁽¹⁾	g/kg	54,2	33,8
Magnésio ⁽¹⁾	g/kg	3,0	2,2
Alumínio ⁽¹⁾	g/kg	28,8	32,6
Cálcio ⁽¹⁾	g/kg	40,3	29,2

⁽¹⁾ Determinados segundo protocolo EPA-SW-846-3051 descrito em Abreu *et al.* 2001 em amostras secas. ⁽²⁾ Determinados em amostras com umidade natural. ⁽³⁾ Os valores de concentração são dados com base em massa de matéria seca.

Resultados e Discussão

A avaliação respirométrica de resíduos tem por objetivo a determinação da taxa de biodegradação da matéria orgânica contida num resíduo, quando aplicado em solo. Este é um entre outros critérios para determinação da taxa máxima de adição do resíduo em campo (CETESB, 1990). Neste trabalho, a biodecomposição não foi afetada pela adubação mineral NPK. O comportamento do tratamento testemunha (sem aplicação de lodo de esgoto) e do solo com adubação mineral NPK foi semelhante, com as mesmas quantidades de C-CO₂ evoluídas no período avaliado, tendo ocorrido emissão de 2% do carbono original no solo (Tabela 2). Nos tratamentos com os lodos de esgoto, a perda de carbono dos sistemas lodo-solo variou de 2,6 a 6,0% em relação ao teor inicial de carbono da mistura solo + lodo, durante o período de incubação de 57 dias (Tabela 2).

Houve aumento significativo na liberação de C-CO₂ com o aumento das doses nos tratamentos (Tabela 2), tanto para o lodo de Franca quanto para o de Barueri, obtendo-se regressões lineares significativas para a variável. Esta resposta também foi observada por Santos et al. (2002), ao estudarem doses de 32, 63 e 95 Mg ha⁻¹ de lodo anaeróbio alcalino e doses de 33 e 50 Mg ha⁻¹ de lodo anaeróbio tratado com biopolímero, em incubação durante 151 dias. Mesmo comportamento também foi observado com lodo da estação de Barueri (SP) nas doses de 24 e 47 Mg ha⁻¹ (PIRES et al., 2002) e 19 e 38 Mg ha⁻¹ (BARRETTO, 1995), com incubação durante 70 e 60 dias, respectivamente. Segundo Wong et al. (1998), a maior taxa respiratória, que foi observada no tratamento com maior dose de lodo de esgoto, resulta, em parte, da influência de maiores teores de nitrogênio e de fósforo disponibilizados pelo resíduo. Deve ainda ser considerada a possibilidade de estímulo à decomposição da matéria orgânica nativa dos solos (efeito *priming*) (LEVI-MINZI et al., 1990).

Os resultados obtidos mostraram que não houve redução na taxa de decomposição dos resíduos nas doses elevadas, o que é favorável quando o solo é utilizado como um meio de disposição, em que se visa apenas a diminuição da carga orgânica do material. No entanto, quando se tem como objetivo o aproveitamento desses resíduos em solos agrícolas, as taxas de aplicação de lodos de esgoto devem ser simultaneamente condicionadas a outros critérios, como teores máximos de certos compostos inorgânicos e de compostos orgânicos persistentes, além da avaliação da presença de organismos patogênicos perniciosos ao ambiente (CETESB, 1999). Entre esses critérios, é relevante que seja considerada a elevada disponibilização potencial de nitrato no solo, também decorrente da degradação do material orgânico, especialmente com aplicação de doses elevadas de lodos de esgoto (DYNIA et al., 2006).

Tabela 2. Dose aplicada de lodo de esgoto e de carbono, desprendimento de carbono na forma de CO₂ e fração de degradação de carbono em Latossolo incubado durante 57 dias com lodos de esgoto coletados nas estações de tratamento de esgoto de Franca (SP) e de Barueri (SP).

Tratamento ¹	Dose aplicada de lodo de esgoto ²	Dose aplicada de C via lodo de esgoto	Teor inicial de C nos tratamentos	Emissão de C-CO ₂ nos tratamentos		Emissão estimada de C-CO ₂ pelos lodos de esgoto	Fração de decomposição do C do lodo de esgoto
	Mg ha ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	%
NPK	0	0	17,1 f ⁴	0,341 f	2,0 ⁵	-	-
Testemunha	0	0	17,4 ef	0,368 f	2,1	-	-
F 1N	3	0,462	17,3 ef	0,455 e	2,6	0,087	19 ⁶
F 2N	6	0,924	18,3 cde	0,485 e	2,6	0,117	13
F 4N	12	1,848	19,0 bcd	0,687 c	3,6	0,319	17
F 8N	24	3,696	20,5 ab	0,931 b	4,5	0,563	15
[R ²] ³			0,77 (P≤0,01)	0,80 (P≤0,01)			
B 1N	8	0,824	17,8 def	0,469 e	2,6	0,101	12
B 2N	16	1,648	16,8 bc	0,569 d	3,4	0,201	12
B 4N	32	3,296	21,0 ab	0,897 b	4,3	0,529	16
B 8N	64	6,592	23,0 a	1,383 a	6,0	1,015	15
[R ²]			0,23 (P≤0,05)	0,87 (P≤0,01)			

¹ F: lodo de esgoto de Franca; B: lodo de esgoto de Barueri. 1N: tratamento correspondente à aplicação,

via lodo de esgoto, de 50 kg ha⁻¹ de N mineral; 2N, 4N e 8N representam múltiplos da dose 1N.

² Estimativa para o lodo incorporado em uma camada de 20 cm de profundidade numa área de 10.000 m² de solo com densidade 1 kg dm⁻³. ³ Regressão linear significativa na probabilidade apresentada (Teste F).

⁴ Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si (DMS, Pd ≤ 0,05). ⁵ 0,341/17,1.

⁶ 100 x 0,087/0,462.

O padrão de emissão de C-CO₂ foi semelhante para os dois tipos de lodo de esgoto (Fig. 1). No período inicial de decomposição ocorreram as maiores perdas de carbono, como também observado por Barretto (1995) em incubação, durante 60 dias, de lodo de esgoto de Barueri (pH = 10,1) em Latossolo e em Neossolo Quartzarênico. Em todos os tratamentos houve ocorrência de 50% ou mais da decomposição total nos primeiros 15 dias, devido à rápida decomposição inicial de substâncias menos complexas (ANDRADE, 2004).

Após 20-30 dias de incubação houve tendência de estabilização das perdas de carbono, com valores sempre mais altos para as maiores doses, evidenciando um novo estado de equilíbrio no solo, diferente do solo original (testemunha). Outros autores também encontraram baixa velocidade de emanação de CO₂ após 15 dias de incubação de biossólidos, como Reis e Rodella (2002) (aplicação estimada em 44 Mg ha⁻¹), e Wong et al. (1998) (aplicação estimada em 700 Mg ha⁻¹).

Os dados obtidos para a fração de decomposição da matéria orgânica contida nos lodos de esgoto também foram semelhantes para os dois tipos de lodo, variáveis de 12 a 19% (Tabela 2). Esse resultado pode ser devido à predominância dos mesmos compostos orgânicos em lodos anaeróbios, os quais persistem no solo (TERRY et al., 1979; BOYLE & PAUL, 1989): proteínas, lipídios, ligninas e hemiceluloses (ANDRADE, 2004; HATTORI & MUKAI, 1986). É provável que os dois tipos de lodos de esgoto estudados tenham atingido mesma estabilidade, no período avaliado, em função de terem passado pelo mesmo tratamento no reator anaeróbio, apesar do maior teor de metais pesados no lodo de Barueri (Tabela 1), que poderia diminuir a atividade microbiana (IAKIMENKO et al., 1996; AJWA & TABATABAI, 1994).

A fração de decomposição média do carbono aplicado foi de 15%, similar aos valores encontrados por Reis e Rodella (2002), mas bastante inferior ao valor de 42% estimado por Santos et al. (2002) para lodo de esgoto anaeróbio tratado com biopolímero e também incubado em latossolo, porém durante tempo mais longo, 151 dias. Por outro lado, Pires et al. (2002), trabalhando com o lodo de Barueri (SP) tratado com cal (pH = 11,1) incorporado em latossolo obtiveram fração média de degradação de 21% do carbono orgânico (após 70 dias de incubação), superior ao valor médio de 14% encontrado neste trabalho para o lodo de esgoto produzido na Estação de Tratamento de Barueri, porém não tratado com CaO, que apresentou pH = 6,5. Estas diferenças de comportamento que esses resíduos induzem ao solo reforça a necessidade de que cada tipo de lodo de esgoto seja avaliado individualmente, dada a intensa influência dos processos de produção desses resíduos sobre suas propriedades e nas interações com o solo.

Na Fig. 1, verifica-se que aos 57 dias de incubação há uma tendência de estabilização na decomposição do carbono em todos os tratamentos, embora a taxas menores do que as iniciais, o que mostra a variação da fração de decomposição no decorrer do tempo. Na Fig. 2, em que se apresentam as curvas da geração acumulada de CO₂ nos respirômetros ao final do período, verifica-se que a geração de CO₂ no período estudado foi crescente para todas as doses dos dois lodos de esgoto, indicando que as doses utilizadas

não afetaram a ação microbiana. A análise de regressão linear para esses dados mostrou que a emissão de C foi crescente com o aumento das doses utilizadas de resíduos (Tabela 2).

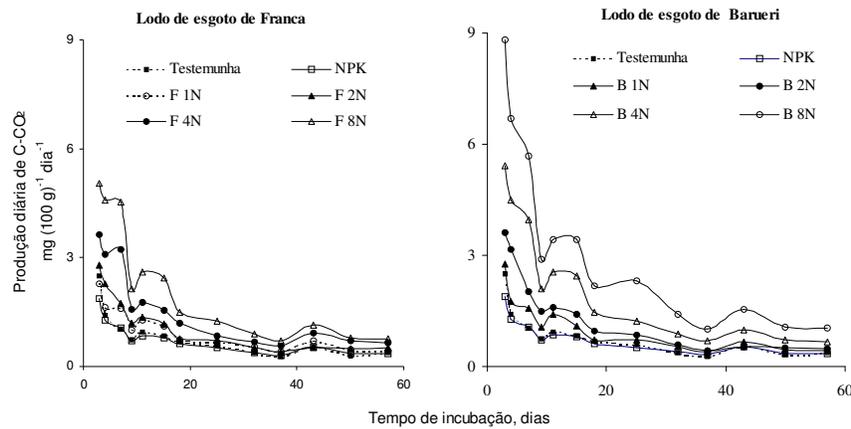


Fig. 1. Emissão de C na forma de CO₂ em Latossolo incubado durante 57 dias com doses crescentes de lodos de esgoto. F: lodo de esgoto de Franca; B: lodo de esgoto de Barueri. 1N: tratamento correspondente à aplicação, via lodo de esgoto, de 50 kg ha⁻¹ de N mineral; 2N, 4N e 8N representam múltiplos da dose 1N.

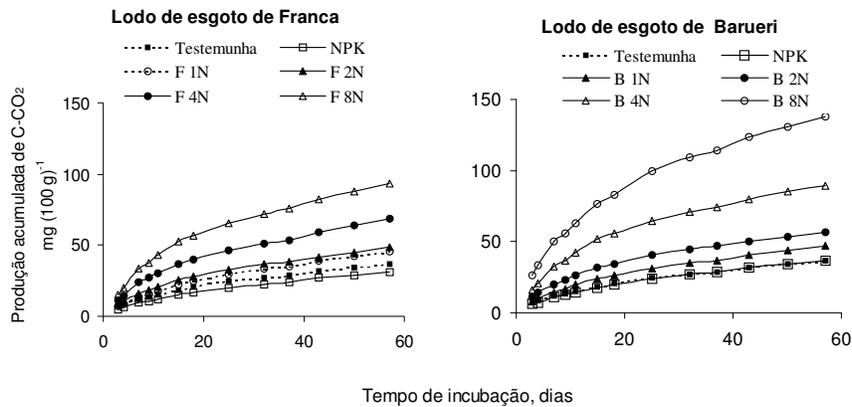


Fig. 2. Emissão acumulada de C na forma de CO₂ em Latossolo incubado durante 57 dias com doses crescentes de lodos de esgoto. F: lodo de esgoto de Franca; B: lodo de esgoto de Barueri. 1N: tratamento correspondente à aplicação, via lodo de esgoto, de 50 kg ha⁻¹ de N mineral; 2N, 4N e 8N representam múltiplos da dose 1N

Conclusão

Os dois lodos estudados apresentaram mesmo padrão de emissão de C-CO₂.

A liberação de C-CO₂ foi crescente com as doses aplicadas.

A taxa respiratória foi maior no início da incubação, observando-se 50% ou mais da decomposição total da matéria orgânica dos lodos de esgoto nos primeiros 15 dias.

A biodecomposição estimada da matéria orgânica aplicada ao solo via lodos de esgoto foi de 15%.

Referências

ABREU, M. F.; ABREU, C. A.; ANDRADE, J.C. Determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês, zinco, níquel, cádmio, cromo e chumbo em ácido nítrico usando métodos da US-EPA. In: RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. p. 251-261.

AJWA, H.A.; TABATABAI, M.A. Decomposition of different organic materials in soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 18, p. 175-182, 1994.

ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. 576 p.

ANDRADE, C.A. **Fração orgânica de biossólidos e efeito no estoque de carbono e qualidade da matéria orgânica de um latossolo cultivado com eucalipto**. 2004. 135 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo.

BARRETTO, M. C. V. **Degradação da fração orgânica de resíduos e efeitos em algumas propriedades químicas e físicas de dois solos**. 1995. 106 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo.

BARTHA, R.; PRAMER, D. Features of a flask and method for measuring the persistence and biological effects of pesticides in soil. **Soil Science**, v. 100, n. 1, p. 68-70, 1965.

BOYLE, M.; PAUL, E.A. Carbon and nitrogen mineralization kinetics in soil previously amended with sewage sludge. **Soil Science Society of America Journal**, v. 53, p. 99-103, 1989.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - Cetesb. **Solos – Determinação da biodegradação de resíduos – Método respirométrico de Bartha**. São Paulo, 1990. 15 p. (Norma Técnica, L6.350).

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - Cetesb. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas - critérios para projeto e operação**. São Paulo, 1999. 32 p. (Manual Técnico, P 4.230).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução CONAMA N° 375 de 29 de agosto de 2006. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, Seção 1, v. 143, n. 167, p. 141-146, 2006.

DYNIA, J. F.; SOUZA, M. D.; BOEIRA, R.C. Lixiviação de nitrato em Latossolo cultivado com milho após aplicações sucessivas de lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 5, p. 855-862, 2006.

FLIESBATCH, A.; MARTENS, A.; REBER, H. H. Soil microbial biomass and microbial activity in soil treated with heavy metal contaminated sewage sludge. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 26, n. 9, p. 1201-1205, 1994.

HATTORI, H.; MUKAI, S. Decomposition of sewage sludges in soil as affected by their organic matter composition. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 32, n. 3, p. 421-432, 1986.

HERNÁNDEZ, M.T.; MORENO, J.I.; COSTA, F.; GONZÁLEZ-VILA, F.J.; FRÜND, R. Structural features of humic acidlike substances from sewage sludges. **Soil Science**, v. 149, n. 2, p. 63-68, 1990.

HSIEH, Y. P.; DOUGLAS, L.A.; MOTTO, H.L. Modeling sludge decomposition in soil. I. Organic carbon transformation. **Journal of Environmental Quality**, v. 10, n. 1, p. 54-59, 1981.

IAKIMENKO, O.; OTABBONG, E.; SODOVNIKOVA, L.; PERSSON, J.; NILSSON, I.; ORLOV, D.; AMMOSOVA, Y. Dynamic transformation of sewage sludge and farmyard manure components. 1. Content of humic substances and mineralisation of organic carbon and nitrogen in incubated soils. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 58, p. 121-126, 1996.

LEVI-MINZI, R.; RIFFALDI, R.; SAVIOZZI, A. Carbon mineralization in soil amended with different organic materials. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 31, p. 325-335, 1990.

NUVOLARI, A. **Aplicação de lodo de esgotos municipais no solo: ensaios de respirometria para avaliar a estabilidade do lodo**. 1996. 158 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, São Paulo.

PIRES, A.M.M.; ANDRADE, C.A.; MATTIAZZO, M.E. Degradação da carga orgânica, condutividade elétrica e pH de um latossolo tratado com biossólido incorporado ou em superfície. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. CD-ROM.

RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 31 p. (Boletim Técnico, 81).

REIS, T.C.; RODELLA, A.A. Cinética de degradação da matéria orgânica e variação do pH do solo sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 3, p. 619-626, 2002.

SANTOS, D.S.; ANDRADE, C.A.; MATTIAZZO, M.E. Degradação da fração orgânica de lodos de esgoto após aplicação no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. CD-ROM.

TERRY, R. E.; NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Carbon cycling during sewage sludge decomposition in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 43, p. 494-499, 1979.

TORRI, S.; ALVAREZ, R.; LAVADO, R. Mineralization of carbon from sewage sludge in three soils of the argentine pampas. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 34, n. 13-14, p. 2035-2043, 2003.

WISEMAN, J. T.; ZIBILSKE, L.M. Effects of sludge application sequence on carbon and nitrogen mineralization in soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 17, p. 334-339, 1988.

WONG, J. W. C.; LAI, K.M.; FANG, M.; MA, K.K. Effect of sewage sludge amendment on soil microbial activity and nutrient mineralization. **Environment International**, v. 24, n. 8, p. 935-943, 1998.



Meio Ambiente

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

