

Eixo Temático ET-03-009 - Gestão de Resíduos Sólidos

TRATAMENTO ALCALINO DE LODO DE ESGOTO E COMPOSTAGEM: IMPACTOS SOBRE OS TEORES DE METAIS PESADOS E OVOS DE HELMINTOS

Luiz Carlos Floriano da Silva; Luis Carlos Vinhas Ítavo

Universidade Católica Dom Bosco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade Agropecuária, Mato Grosso do Sul

RESUMO

O uso do lodo de esgoto na agricultura agrega à possibilidade de reciclagem deste problemático resíduo urbano, a oportunidade de melhoria de características físicas e químicas do solo. Seu uso depende, porém, da redução de patógenos e a garantia de níveis seguros de metais pesados presentes. O tratamento alcalino promove uma série de reações químicas que reduzem a quantidade de organismos patogênicos e impactam os teores de metais pesados eventualmente presentes. O presente trabalho objetivou estudar o uso da cal hidratada em lodo de esgoto e seus impactos sobre os teores de metais pesados e na redução do número de ovos viáveis de helmintos, com a combinação do tratamento alcalino com compostagem. A concentração de 30% (m/m) de cal foi adicionado ao lodo de esgoto e o material resultante integrou misturas com os agentes estruturantes bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino, submetidos a processo de compostagem. Observou-se que o tratamento alcalino promoveu alterações nos teores de metais pesados presentes no lodo original, reduzindo os teores de Bário, Arsênio, Chumbo, Cobre, Cromo, Molibdênio, Níquel e Zinco. Embora a ação do tratamento alcalino tenha influenciado na redução do número de ovos viáveis de helmintos em até 70%, em todas as condições do ensaio, as análises indicaram que a população de ovos viáveis situam-se em valores superiores aos máximos permitidos pela legislação, descartando a possibilidade de uso agrícola do mesmo, nas condições e estágio de desenvolvimento dos ensaios.

Palavras-chaves: Lodo de esgoto; Tratamento alcalino; Compostagem

INTRODUÇÃO

O uso do lodo de esgoto para fins agrícola é uma das alternativas mais viáveis para a disposição final deste resíduo, pelo potencial de proporcionar incrementos positivos em algumas características físicas e químicas dos solos, como melhoria do estado de agregação, diminuição da densidade, aumento da macroporosidade, da CTC, no pH e ainda representar fonte de macro e micronutrientes para as plantas (FIA et al., 2005).

A utilização do lodo de esgoto na agricultura depende, primeiramente, da aplicação de algum processo para redução de patógenos, entre os quais destacam-se: processos biológicos (compostagem, vermicompostagem); físicos (secagem térmica, solarização, radiação gama); e químicos (adição de cal virgem ou outras substâncias alcalinas) (ALMEIDA et al., 2006)

O mecanismo de higienização do lodo de esgoto pela via química alcalina utiliza um produto alcalino para elevar o pH do lodo e conseqüentemente alterar a natureza

coloidal do protoplasma celular dos microorganismos patogênicos de forma letal, e produzir um ambiente inóspito para sua sobrevivência. (PINTO, 2001).

Erickson et al. (1995) pesquisaram o tratamento do lodo de esgoto utilizando cal virgem e constataram, após 10 semanas de armazenamento, completa destruição do potencial de viabilidade de ovos de *Ascaris suum*, com efeito irreversível na capacidade dos ovos gerarem o estágio de larva infectante, mesmo quando expostos a uma condição de pH neutro.

A estabilização alcalina de lodos tem a propriedade de elevar o pH, a temperatura e produzir NH_3 . O aumento do pH em níveis acima de 10, é muito rápido e não permite que as bactérias se adaptem a esta condição do meio, promovendo sua letalidade (Barros et al., 2006). Este autor, citando trabalho de MENDEZ (2003) afirma que o NH_3 inativa e destrói os ovos de helmintos, com resultados letais, ao penetrar nas suas membranas e provocar a desnaturação das enzimas responsáveis pelo seu metabolismo e ao mencionar ALLIEVI et al. (1994) descreve que a atividade inibidora dos álcalis interfere nas reações enzimáticas, no metabolismo dos ácidos nucleicos e síntese proteica, na síntese da parede celular e na função da membrana.

A inertização do lodo pela adição de cal preconizada pela EPA (1994) envolve a adição de quantidades suficientes de cal para alcançar e manter o pH 12 pelo período mínimo de 2 horas. A cal, por ser um produto alcalino forte e de preço acessível, normalmente é utilizada na estabilização química do lodo de esgoto, processo que adiciona ao lodo elementos essenciais à agricultura, como o cálcio e o magnésio com capacidade de corrigir a acidez dos solos. Durante a estabilização química, ocorre uma série de reações, gerando um sólido química, biológica e fisicamente estável, com baixo potencial para exalação de odores, reduzida quantidade de organismos patogênicos e metais pesados eventualmente presentes com sua mobilidade reduzida (ANDREOLI et al, 2001)

Allievi et al. (1994) estudou o efeito higienizador em lodo de esgoto de compostos básicos e ácidos (H_3PO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_4OH e KOH , constando que o o tratamento com hidróxido de amônio demonstrou ser muito eficaz na redução da contaminação fecal, além de possuir melhores atributos que outros tratamentos químicos no que diz respeito às propriedades fertilizantes e aumento do valor agrônômico do lodo.

Pelo fato de conter teores variáveis de metais pesados, o uso do lodo de esgoto na agricultura pode contaminar o solo. O acúmulo de metais pesados em solo, em função das aplicações sucessivas de lodo de esgoto, é um dos aspectos que causa preocupação com relação à segurança ambiental necessária para a viabilização de uso desse resíduo na agricultura (SILVA, et al., 2006). Os elementos mais freqüentemente encontrados no lodo são: As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Fe, Co, Mn, Mo, Hg, Se e Zn. Destes, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn satisfazem os critérios de essencialidade para as plantas, o Co é importante para as bactérias fixadoras de nitrogênio e para os animais são importantes: Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn (BERTON, 2000).

O estabelecimento de concentrações máximas de ovos viáveis de helmintos em lodos de esgoto tem sido critério mundialmente utilizado para se permitir o uso agrícola desse material (Capizzi-Banas e Schwartzbrod, 2001, *apud* CORREA, et al., 2007).

O presente trabalho objetivou estudar o uso da cal hidratada em lodo de esgoto e seus impactos sobre os teores de metais pesados e na redução do número de ovos viáveis de helmintos, com a combinação do tratamento alcalino com a compostagem envolvendo misturas em diferentes dosagens com o bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal como agentes estruturantes.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na área experimental de uso de resíduos na agricultura, da Escola Técnica Estadual Dr José Luiz Viana Coutinho, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza - CEETEPS, em Jales-SP, com as coordenadas geográficas de 20°16' 6" de latitude Sul e 50°32'56" de longitude Oeste, com altitude de 486 metros

Higienização do lodo

A higienização do lodo de esgotos pelo método de tratamento alcalino, seguiu o procedimento descrito por Rocha (2009), visando identificar as dosagens de cal hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$ que atendem ao Anexo I da resolução Conama nº 375 (BRASIL, 2006).

Para a obtenção da curva de caleação, foi coletada do lodo de esgoto proveniente da ETE da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, localizada na cidade de Cardoso/SP, uma amostra de aproximadamente 5 kg. Desta amostra foram determinados o teor de umidade da mesma, permitindo-se assim, calcular as massas de cal para o estabelecimento das concentrações de cal capazes de elevar o pH do lodo até um mínimo de 12, por um período mínimo de 2 horas, permanecendo acima de 11,5 por mais 22 horas.

As determinações de pH, em estrato aquoso na proporção 1:10 foram realizadas no Laboratório de Solos da Escola Técnica Dr José Luiz Viana Coutinho, de Jales/SP, conforme Andrade & Abreu (2006). Foram testadas as concentrações de 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% e 50% de cal hidratada em misturas contendo 200 gramas, com base em peso seco do lodo de esgoto, nas proporções indicadas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição das misturas de cal e lodo de esgoto utilizadas no teste preliminar para definição das concentrações de cal capazes de elevar o pH da mistura até 12, por um período mínimo de 2 horas.

concentração de cal hidratada	massa de cal	massa de lodo (peso seco)	massa de lodo (produto com de 25,11% umidade)
10%	20 g	180 g	240,35 g
15%	30 g	170 g	226,99 g
20%	40 g	160 g	213,65 g
25%	50 g	150 g	200,30 g
30%	60 g	140 g	186,95 g
35%	70 g	130 g	173,59 g
40%	80 g	120 g	160,24 g
45%	90 g	110 g	146,88 g
50%	100 g	100 g	133,53 g

Análises físico-químicas

As determinações físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Fertilizantes e Resíduos do Centro de P&D de Solos e Recursos Ambientais do Instituto Agrônomo de Campinas. O Nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl; A

umidade e sólidos voláteis determinados pela perda de massa a 60 e 500°C respectivamente. O pH foi determinado em extrato aquoso na proporção 1:10 (resíduo:água), segundo métodos descritos em Andrade & Abreu (2006). Para a determinação dos elementos Bário, Sódio, Potássio, Arsênio, Selênio, Mercúrio, Antimônio, Prata, Vanádio, Cobalto, Alumínio, Boro, Cádmio, Cálcio, Chumbo, Cobre, Cromo, Enxofre, Ferro, Fósforo, Magnésio, Manganês, Molibdênio, Níquel e Zinco, foram empregados os métodos estabelecidos no EPA-SW-846-3051 1a e EPA-SW-846-60 10c.

Análises microbiológicas

A determinação de ovos de helmintos foi realizada através do método YANKO (1987) e modificado por TOMAZ-SOCCOL (1998). A contagem de coliformes foi feita pela técnica de tubos múltiplos que é recomendada no Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater para lodos (AWWA, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Resolução Conama nº 375/2006 (BRASIL, 2006), estabelece que a quantidade de material alcalino adicionado ao lodo de esgoto deve ser capaz de elevar o pH a pelo menos 12 por um período mínimo de horas, devendo manter-se acima de 11,5 pro um período mínimo de 22 horas. Os resultados do comportamento do pH nas concentrações de cal hidratada superiores a 30% (m/m) obtido no ensaio atestam ao processo desenvolvido, as condições para redução de atratividade de vetores preconizadas na legislação.

Os registros de pH do lodo imediatamente após a mistura com a cal hidratada, 2 horas e 22 horas após a mesma estão apresentadas na Figura 1.

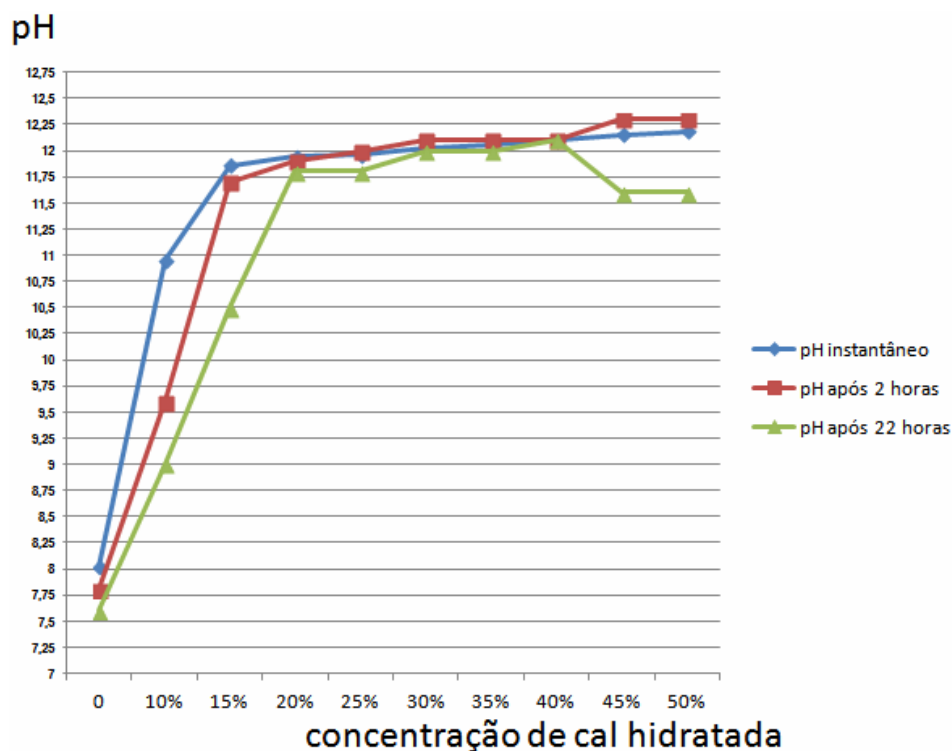


Figura 1. Comportamento do pH do lodo de esgoto em mistura com diferentes concentrações de cal hidratada.

O monitoramento do pH no transcorrer do processo de compostagem desenvolvido com o lodo de esgoto caleado, em proporções variáveis de 10 a 90% (v/v) com diferentes agentes estruturantes (bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino), apontaram pH médio próximo a 10,51 no 8º dia do processo de compostagem, para 8,50, aos 55 dias.

Metais pesados

A presença de metais pesados no lodo de esgoto é, ao lado do aspecto microbiológico e parasitário, a maior preocupação da sociedade no que diz respeito ao seu aproveitamento como insumo agrícola.

Os teores de metais pesados determinados nas análises, tanto do lodo originário da ETE, quanto no lodo submetido a tratamento alcalino com cal hidratada, estão muito aquém dos limites estabelecidos na Resolução Conama nº 375/2006, significando que o uso agrícola do lodo caleado em questão, é seguro no que se refere aos metais cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco, conforme verifica-se no Quadro 1.

O tratamento alcalino do lodo de esgoto, com a adição de 30% (m/m) de cal hidratada promoveu alterações nos teores de metais pesados presentes no lodo original. A caleação provocou redução nos teores de Bário (22,5%); Arsênio (+ de 50%); Chumbo (18%); Cobre (21,5%); Cromo (6,5%); Molibdênio (54,3%); Níquel (26,3%) e Zinco 58,5%. O teor de Selênio e Cádmio aumentaram, respectivamente em 550% e 21,4%, ao passo que o teor de Mercúrio manteve-se.

Quadro 1 - Teores de metais pesados

Teor interior a 10% do máximo permitido (mg/kg)	Teor entre 10% e 50% do máximo permitido (mg/kg)	Teor acima de 50% do máximo permitido (mg/kg)
Mercúrio <1,0 ⁽²⁾	Bário 162	Zinco 990*
Cádmio 1,7	Arsênio <1,0 ⁽²⁾	* Teor de 2380 mg/ha encontrado no lodo analisado, sem o tratamento alcalino
Chumbo 24,6	Selênio 11,6	
Cromo 64,6	Cobre 168	
Molibdênio 1,6		
Níquel 12,1		

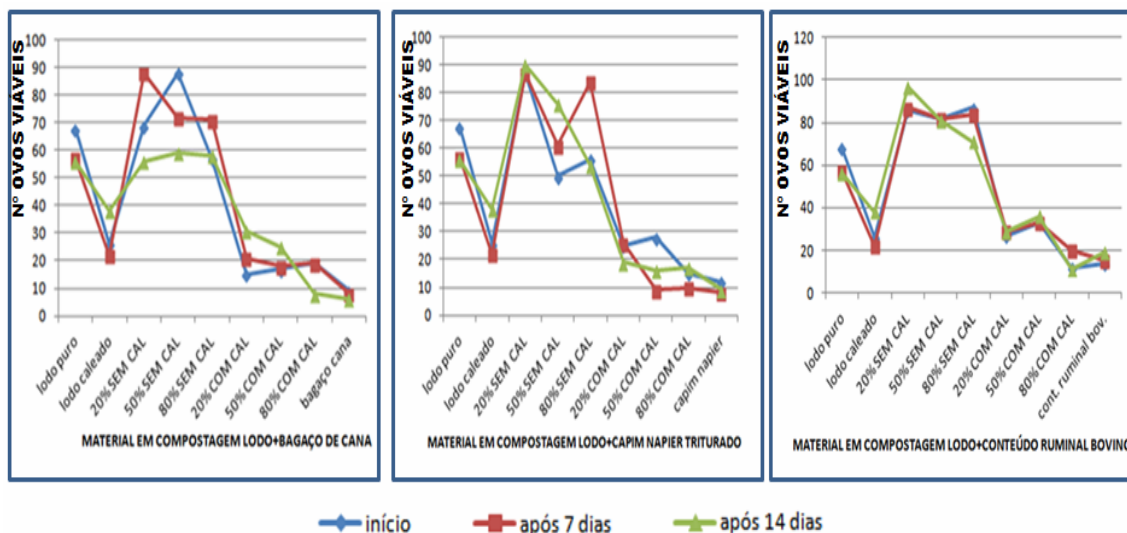
O teor de zinco encontrado no lodo caleado representa 35,3% do limite máximo preconizado pela Resolução Conama nº 375/2006, porém, o lodo sem o tratamento alcalino possuía teor da ordem de 2380 mg/kg, o que equivale a 85% do máximo tolerável. Como o zinco é um dos micronutrientes mais demandados por alguns cultivos e o teor de cádmio é 4,3% do máximo permitido pela legislação, reforça-se desta forma, o interesse no aproveitamento dos resíduos em questão, por contribuir para a minimização da disposição irregular de lodo no ambiente, para a reciclagem de nutrientes e também para a redução do uso de fertilizantes minerais, além de também fornecer matéria orgânica para o condicionamento físico do solo.

Ovos viáveis de helmintos

O estudo da combinação do tratamento alcalino com a compostagem na redução do número de ovos viáveis de helmintos, utilizando o bagaço de cana, o capim napier triturado e o conteúdo ruminal bovino como agentes estruturantes em mistura com lodo de esgoto caleado em proporções variáveis de 10 a 90% (v/v), apontaram sensível

influência do tratamento alcalino do lodo sobre o número de ovos viáveis de helmintos (Figura 2).

Figura 2. Números de ovos viáveis de helmintos em lodo de esgoto, lodo de esgoto caledado e misturas até 14 dias de compostagem com bagaço de cana, capim napier triturado e conteúdo ruminal bovino.



Conforme demonstrado na Figura 2, nos três períodos de coleta e determinação do número de ovos viáveis de helmintos, os substratos que continham em sua composição a cal hidratada comportaram-se de forma distinta daqueles substratos livres da presença de cal, promovendo o decaimento de ovos viáveis de helmintos.

O tratamento alcalino do lodo de esgotos produziu, em média, redução do número de ovos viáveis de 70 para 28 no resíduo puro, enquanto que nos tratamentos com 20%, 50% e 80% de agentes estruturantes, o número médio de ovos viáveis de helmintos decaiu de 76 para 20,6 ovos viáveis.

Em todas as condições do ensaio, as análises indicaram que a população de ovos viáveis de helmintos situam-se em valores superiores aos máximos permitidos pela Resolução CONAMA 375/06 para os lodos de esgoto tipo A e tipo B, respectivamente, 0,25 ovo/g de ST e 10 ovos/g de ST, apontando que tanto o lodo caledado quanto os compostos oriundos das diferentes misturas com os agentes estruturantes não encontram-se em condição de uso agrícola até o presente estágio de compostagem.

CONCLUSÕES

O tratamento alcalino do lodo de esgoto utilizando cal hidratada em concentração de 30%, conferem ao processo, as condições para redução de atratividade de vetores.

Os teores de metais pesados determinados nas análises encontram-se abaixo dos limites estabelecidos na legislação. O tratamento alcalino do lodo de esgoto, com a adição de 30% (m/m) de cal hidratada promoveu alterações nos teores de metais pesados presentes no lodo original, reduzindo os teores de Bário (22,5%); Arsênio (+ de 50%); Chumbo (18%); Cobre (21,5%); Cromo (6,5%); Molibdênio (54,3%); Níquel (26,3%) e Zinco 58,5%, porém, produziu aumento nos teores de Selênio e Cádmio aumentaram, em 550% e 21,4%.

Embora a ação do tratamento alcalino tenha influenciado na redução do número de ovos viáveis de helmintos em até 70%, em todas as condições do ensaio, as análises indicaram que a população de ovos viáveis situam-se em valores superiores aos máximos permitidos pela legislação, descartando a possibilidade de uso agrícola do mesmo, nas condições e estágio de desenvolvimento dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- ALLIEVI, L.; COLOMBI, A.; CALCATERRA, E.; FERRARI, A. Inactivation of fecal bacteria in sewage sludge by alkaline treatment. **Bioresource Technology**, v.49, p.25-30. 1994.
- ALMEIDA, G.C.; FANHAM, J.C.; D'OLIVEIRA, P.S.; DIAS FILHO, B.P. Eficiência dos processos químicos e térmico na higienização de lodo de esgoto. **Iniciação Científica**, CESUMAR, v. 8, n. 1, p. 95-99, 2006.
- ANDRADE, J. C.; ABREU, M. F. **Análise Química de Resíduos Sólidos para Monitoramento e Estudos Agroambientais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2006.
- ANDREOLI, C. V.; FERREIRA, A. C.; CHERUBINI, C.; TELES, C. R.; CARNEIRO, C.; FERNADES, F. Higienização do Lodo de Esgoto. In: Andreoli, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro, 2001.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 18. Ed. Denver, WWA, 1996.
- BARROS, I. T.; COSTA, A. C. S.; ANDREOLI, C. V. Avaliação da higienização de lodo de esgoto anaeróbio através do tratamento ácido e alcalino. **SANARE - Revista Técnica da Sanepar**, v. 24, n. 24, p.61-69. 2006.
- BERTON, R. S. Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Ed). **Lodo de esgoto: Impacto ambiental na agricultura**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 259-268.
- BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). **Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura**. Jaguariuna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. p. 45-77.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006 – In: Resoluções, 2006.
- CORREA, R. S.; FONSECA, Y. M. F.; CORRÊA, A. S. Produção de biosólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 420-426, 2007.
- ERIKSEN, L.; ANDREASEN, P.; ILS, E, B. Inactivation of Ascaris suum eggs during storage in lime treated sewage sludge. **Water Research**, v. 30, n. 4, p. 1026-29, 1995.
- ESTADOS UNIDOS. Environmental Protection Agency. A plain english guide to the EPA part 503 biosolids rule. Washington, DC, 1994
- PINTO, M. T. Higienização de lodos. In: ANDREOLI, C. V.; SPERING, M. V. **Lodo de Esgoto: Tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG; Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná, 2001. p. 261-297
- SILVA, C. A.; RANGEL, O. J. P.; BETTIOL, W.; MANZATO, C. V.; BOEIRA, R. C.; DINA, F. Dinâmica de metais pesados em latossolo adubado com lodo de esgoto e em plantas de milho. In: YANKO, W. A. Occurrence of pathogens in distribuiton and marketing municipal sludges. In: Environmental regulation and technology: control of pathogens and vector attraction in sewage sludge. Repport U.S. EPA 625/R-92/013, 149. Washington. 1992.