



II-088 - AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS QUÍMICOS, FÍSICOS, BIOLÓGICOS E ECOTOXICOLÓGICOS DE LODO “*IN NATURA*” E COMPOSTADO COM DIFERENTES SUBSTRATOS VEGETAIS, VISANDO UTILIZAÇÃO AGRÍCOLA

Noely Bochi Silva ⁽¹⁾

Tecnóloga em Saneamento e Ambiente, Mestre em Engenharia Civil

Marta Guilherme Siviero Pires

Bióloga, Mestre em Engenharia Civil, Doutor em Engenharia Civil

Daniele Tonon

Química, Mestre em Engenharia Civil, Doutora em Engenharia Civil

Francisco Anaruma Filho

Ecólogo, Mestre em Ciências Biológicas, Doutor em Parasitologia

Bruno Coraucci Filho

Engenheiro Civil, Mestre em Engenharia Civil, Doutor em Engenharia Civil

Endereço⁽¹⁾: Avenida Albert Einstein, 951, Campus Unicamp-13083-852, Campinas, SP.- e-mail: noelybochi@yahoo.com.br

RESUMO

A Resolução CONAMA 375 de 2006, estabelece limites de metais potencialmente tóxicos e parâmetros biológicos, a fim de, avaliar a aptidão do uso de lodo de esgoto na agricultura. Entretanto, segundo alguns autores, estes índices podem não ser suficientes para expressar todo o potencial de risco ao ecossistema por não distinguir as substâncias inertes e as que afetam os sistemas biológicos. Nesse contexto, Da Matta (2011), propôs o Índice de Perigo de Lodo de Esgoto (IPLE), que utiliza ensaios ecotoxicológicos de curta duração e de baixo custo, buscando subsidiar decisões mais rápidas quanto a sua aplicação em solos agrícolas. O objetivo desse trabalho foi avaliar, por meio de análises químicas e ecotoxicológica, amostras de lodos de esgoto da ETE do município de Franca-SP, “*in natura*” e após a compostagem com poda de árvores e bagaço de cana de açúcar. Para realização dos testes toxicológicos foram utilizadas amostras solubilizadas deste lodo e as análises químicas e biológicas foram realizadas utilizando-se amostras “*in natura*”, porém em base seca. Os resultados obtidos concordam com os limites preconizados pela CONAMA 375 (Brasil, 2006) para as análises químicas e biológicas, enquadrando este lodo na Classe A, ou seja, apto a ser utilizado na agricultura. Entretanto, para as análises ecotoxicológicas com os organismos testes *Vibrio fischeri*, *Daphnia silimis* e *Lactuca sativa*, foi obtido IPLE de 4,7, de uma das campanhas de amostragem de lodo “*in natura*” e, IPLE de 2,71 para a amostra de lodo com bagaço de cana de açúcar, revelando valores superiores ao limite proposto por Da Matta (2011). Já ao ser compostada com poda de árvore houve uma redução significativa de toxicidade, apresentando valores de IPLE inferiores a 2 estando apta a ser utilizada na agricultura. Portanto, o processo de compostagem mostrou-se como redutor de toxicidade e espera-se que a utilização do índice baseado em testes ecotoxicológicos se constitua em uma ferramenta auxiliar na caracterização inicial e para a liberação e disposição do lodo no solo.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo de esgoto, Índice de Perigo de Lodo de Esgoto, Toxicidade com Lodo de Esgoto

INTRODUÇÃO

Com o crescimento das populações e as necessidades de consumo, houve um grande aumento do número de indústrias em todo o mundo. Entretanto, alguns fatores importantes para o desenvolvimento sustentável não se fizeram presentes, resultando em problemas ambientais de grandes dimensões (LEAL et al., 2008).

Dentre os problemas ambientais, destaca-se o resíduo, “lodo”, gerado pela estação de tratamento de esgoto (ETE) que apresenta uma grande diversidade de substâncias químicas (matéria orgânica, metais potencialmente tóxicos, compostos orgânicos, etc.) e organismos potencialmente patogênicos (vírus, bactérias, protozoários e helmintos) e sua destinação representa um alto custo financeiro para as estações de tratamento.



No Brasil a principal disposição dos lodos gerados nas ETEs são os aterros sanitários. E por essa razão, muitas pesquisas estão sendo realizadas para reciclar esse material na agricultura e também utilizá-los na recuperação de áreas degradadas, pois apresentam alto percentual de matéria orgânica e elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento da planta, melhorias nas propriedades e estrutura do solo, reciclagem de constituintes orgânicos, entre outros, proporcionando grande retorno econômico aos agricultores.

Para a utilização agrícola de lodos de esgoto faz-se necessário a caracterização química e biológica conforme os limites estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357 de 2006. No entanto, a grande diversidade e complexidade de substâncias encontradas em lodos são identificadas e quantificadas isoladamente e dificilmente fornecem informações sobre o efeito conjunto que interagindo, podem afetar a biota presente no ambiente aquático e terrestre.

O Índice de Perigo de Lodo de Esgoto (IPLE) proposto por Matta (2011) é uma ferramenta importante que visa avaliar a periculosidade de lodo de esgoto, através de ensaios ecotoxicológicos de curta duração e baixo custo para subsidiar decisões mais rápidas quanto a sua aplicação em solo agrícola.

Segundo Keddy (1995), os bioensaios podem detectar os efeitos positivos e os negativos das substâncias químicas e condições ambientais vivenciadas pelos organismos vivos, fornecendo informações mais diretas da toxicidade.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivos a avaliação química e ecotoxicológica de amostras de lodos de esgoto da ETE do município de Franca-SP, e também em amostras de lodo após a compostagem com poda de árvores e bagaço de cana de açúcar, visando à utilização na agricultura.

MATERIAIS E MÉTODOS

A Estação de Tratamento de Esgoto do município de Franca - SP trata 90% de todo esgoto coletado do município pelo sistema de lodos ativados convencional. Para execução do desaguamento do lodo produzido, foi utilizado o filtro de esteira (“*beltpress*”), com previa incorporação de 2 a 4% de polieletrólito catiônico à massa, resultando em um material com teor de sólidos entre 20 e 25%, com potencial de produção de 53 m³ de lodo desaguado por dia-1 (SABESP, 2012).

Para a realização dos ensaios químicos, físicos, biológicos e ecotoxicológicos foram coletados amostras compostas dos seguintes materiais:

- Lodo “*in natura*” proveniente da saída do filtro de esteira;
- Lodo após processo de compostagem com material orgânico proveniente de poda de árvores;
- Lodo após processo de compostagem com material orgânico proveniente de bagaço de cana de açúcar.

Todas as amostras foram analisadas segundo os seguintes parâmetros: umidade, pH, sólidos totais, sólidos voláteis, nitrogênio NTK, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, os metais (Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Níquel e Zinco), de bactérias (Coliformes) e *Salmonella* spp no laboratório de saneamento da FEAGRI/UNICAMP, no LABREUSO/FEC/UNICAMP, de acordo, com as metodologias descritas em Embrapa (2009) e em Brasil (2006).

Para as análises ecotoxicológicas foram preparados extratos aquosos das amostras de lodo de esgoto, seguindo o procedimento proposto por Matthews e Hastings (1987) e em seguida, foram realizadas análises com os organismos *Daphnia similis* (4 réplicas), *Lactuca sativa* (3 réplicas) e *Vibrio fischeri*, conforme respectivamente as seguintes normas: ABNT NBR 12.713 (2009), U.S. EPA Ecological Effects, Teste Guidelines OPPTS 850.4200 (1996) e L5. 227 da CETESB (2001).

A fim de complementar a avaliação de lodos de esgoto, Da Matta (2011) propôs o Índice de Perigo de Lodo (IPLE), que, por meio de testes ecotoxicológicos de curta duração e baixo custo, expressa a periculosidade de lodos quanto aos efeitos causados aos organismos aquáticos e do solo e ao desenvolvimento da planta, subsidiando decisões mais rápidas quanto a sua aplicação na agricultura.

O Índice de Perigo de Lodo de Esgoto (IPLE) foi calculado segundo o modelo proposto por Da Matta (2011), utilizando-se ensaios com os organismos *Daphnia similis*, *Lactuca sativa* e *Vibrio fischeri* em amostra de lodo de esgoto e, sugere, reprovação para $IPLE \geq 2$ e aprovação quando o IPLE for < 2 ao uso de lodo de esgoto na agricultura.

RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de metais potencialmente tóxicos e do potencial agronômico obtidos em uma campanha de amostragem de lodo de esgoto “in natura”, de lodo com poda de árvores e lodo com bagaço de cana de açúcar assim como, os limites preconizados pela legislação brasileira segundo CONAMA 375 (Brasil, 2006)

Tabela 1- Análise de características físicas e químicas do lodo de esgoto desaguado “in natura” e compostado com diferentes substratos e limites estabelecidos pela legislação Brasil, 2006.

Análises químicas	Resultados das amostras			Limites preconizados por Brasil (2006)
	Lodo “in natura”	Lodo + Bagaço de cana de açúcar	Lodo + Poda de árvores	
Umidade (m/m)	76	66	74	
pH	8,32	5,31	7,30	
Sólidos Totais(m/m)	24,00	34	26,00	
Sólidos Voláteis(m/m)	10,79	12,08	10,50	
Nitrogênio Total ($mg.kg^{-1}$)	26070	12090,00	15770,00	
Nitrito e Nitrato ($mg.kg^{-1}$)	36,86	284,72	262,06	
Cádmio ($mg.kg^{-1}$)	1,0	0,5	0,5	39
Chumbo ($mg.kg^{-1}$)	11,5	5,0	8,0	300
Cobre ($mg.kg^{-1}$)	89,5	47,5	54,5	1500
Cromo ($mg.kg^{-1}$)	45,5	50,5	50,0	1000
Níquel ($mg.kg^{-1}$)	37,0	13,0	17,0	420
Zinco ($mg.kg^{-1}$)	296,5	161,5	206,5	2800

De acordo com as análises físicas e químicas realizadas a amostra de lodo de esgoto da ETE do município de Franca-SP apresentou valores de potencial agronômico semelhantes aos obtidos por Martins et al. (2005) e por Tasso Junior et al. (2007) que utilizaram o lodo desta estação como insumo nas culturas de café e cana-de-açúcar, respectivamente.

As amostras analisadas apresentaram valores inferiores de metais potencialmente tóxicos aos limites preconizados pela legislação brasileira (Brasil, 2006), sendo assim, apta a serem utilizadas na agricultura, por estes parâmetros, não oferecendo riscos de fitotoxicidade e contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

A Tabela 2 são apresentadas os resultados das análises realizadas com bactérias Coliformes e *Salmonella* spp. na amostra de lodo de esgoto, na amostra de lodo + bagaço de cana-de-açúcar e na amostra de lodo+ poda de árvore.

Tabela 2- Análises biológicas e limites estabelecidos pela legislação brasileira, CONAMA 375 (Brasil, 2006) de amostras de lodos de esgoto desaguados “in natura” e compostados, de ETE de Franca, SP.

Material analisado				Classificação da Legislação	
	Lodo de esgoto “in natura”	Lodo + bagaço de cana-de-açúcar	Lodo+ poda de árvore	Classe A	Classe B
<i>Salmonella</i> spp	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	-----
Coliformes	< 1. 10 ³ NMP g ⁻¹ de ST	< 1.10 ³ NMP g ⁻¹ de ST	< 1.10 ³ NMP g ⁻¹ de ST	< 10 ³ NMP g ⁻¹ de ST	< 10 ⁶ NMP g ⁻¹ de ST

A partir dos resultados das análises de bactérias Coliformes e *Salmonella* spp, tanto o lodo “in natura” quanto os compostados foram classificados como Classe A, desta forma, sendo necessário seguir as restrições de plantio, estabelecida pela legislação CONAMA 375 (Brasil, 2006).

A tabela 3 apresenta os resultados das análises ecotoxicológicas com os organismos testes (*Vibrio fischeri*, *Daphnia similis* e *Lactuca sativa*) e o cálculo do Índice de Perigo de Lodo de Esgoto (IPLE).

Tabela 3- Resultados das análises ecotoxicológicas expressos em Unidade Tóxica (UT) e IPLE de amostras de lodos de esgoto desaguados “in natura” e compostados da ETE de Franca, SP.

Amostras	<i>Vibriofischeri</i>	<i>Daphniasimilis</i>	<i>Lactuca sativa</i>	IPLE
Lodo de esgoto “in natura”	100	3,48	1,95	4,7
Lodo+ bagaço de cana de açúcar	20,51	2,12	0	2,71
Lodo+poda de árvore	0	1,64	0	0,44

Relacionando os valores encontrados de CE 50 e convertidos em UT para cada organismo teste, foi calculado o IPLE, cujos valores foram de 4,7 para a amostra de lodo de esgoto “in natura”, 2,71 para a amostra de lodo + bagaço de cana de açúcar e 0,44 para a amostra de lodo + poda de árvores.

De acordo com o limite sugerido por Da Matta (2011) a amostra de lodo de esgoto “in natura” e a amostra de lodo + bagaço de cana de açúcar, não estão aptas a serem utilizadas na agricultura, por apresentarem valores superiores a 2 de IPLE, já ao ser compostada com poda de árvore houve uma redução significativa de toxicidade, apresentando valores de IPLE inferiores a 2 estando, desta forma, apta a ser utilizada na agricultura segundo este parâmetro.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos as amostras de lodo de esgoto analisadas (lodo “in natura”, lodo + bagaço de cana de açúcar e lodo + bagaço de cana) apresentaram conformidade aos limites preconizados pela CONAMA 375 (Brasil, 2006) e, portanto, apta a ser utilizada na agricultura, porém apenas a amostra compostada com poda de árvores, não ultrapassou o limite proposto por Da Matta (2011) para o IPLE. Sendo assim, é recomendável investigar e quantificar a presença de compostos orgânicos e outras substâncias potencialmente tóxicas, acrescentando informações na avaliação das amostras que possam estar ocasionado o alto índices de perigo por meio do IPLE e também avaliar o processo de compostagem como redutor de toxicidade.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT NBR 12713. Ecotoxicologia aquática – Toxicidade aguda – Método de ensaio com *Daphnia* spp (Cladocera, Crustácea). Rio de Janeiro. 2009.
2. BRASIL. Presidente do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Nº 375 de 29 de agosto de 2006. Diário Oficial da União, Brasília (DF), 2006. 30 ago. Seção n.167, seção 1, p.141-146.
3. CARNEIRO, C.; SOTTOMAIOR, A.P.; ANDREOLI, C.V. Dinâmica de nitrogênio em lodo de esgoto sob condições de estocagem. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 29:987-994, 2005.
4. CETESB, L5.227. Teste de toxicidade com a bactéria luminescente *Vibrio fischeri*: método de ensaio. São Paulo, 2001.
5. Da MATTA, M. E. M. Índice de perigo para subsidiar a aplicação de lodo de esgoto em solo agrícola [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2011. 100p.
6. EMBRAPA. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627p.
7. KEDDY, C.J.; GREENE, J.C.; BONNELL, M.A. Review of whole-organism bioassays: soil, freshwater sediment, and freshwater assessment in Canada. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.30, 1995.
8. LEAL, G. C. S.; FARIAS, M. S.S.; ARAUJO, A. F. O progresso de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. QUALIT@S Revista Eletrônica. ISSN 1677-4280 v.7.n.1. Ano 2008
9. MARTINS, D. R.; CAMARGO, O. A. BATACLIA, O. C. Qualidade do grão e da bebida em cafeeiros tratados com lodo de esgoto. *Bragantia*. 2005, vol.64, n.1, pp. 115-126. ISSN 0006-8705.
10. MATTHEWS, J.E.; HASTINGS, L., Evaluation of Toxicity Test Procedure for Screening Treatability Potential of Waste in Soil. *Toxicity Assessment: An International Quarterly*, v.2, p. 265-281, 1987.
11. SABESP. Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Disponível em: www.sabesp.com.br. Acessado em: 15/03/2012.
12. TASSO JUNIOR, L. C. et al. Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. *Eng. Agríc.* 2007, vol.27, n.1, pp. 276-283. ISSN 0100-6916.
13. USEPA United States Environmental Protection Agency - Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.4200 – Seed germination / Root Elongation Toxicity Test. P.a. T. S. Prevention. Washington D.C., USEPA: 6, 1996.