

## II-082 - APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE PERIGO DE LODO DE ESGOTO EM AMOSTRA ACONDICIONADA EM “BAG” VISANDO O USO AGRÍCOLA

**Noely Bochi Silva**<sup>(1)</sup>

Tecnóloga em Saneamento Ambiental pela Universidade Estadual de Campinas. Mestre em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC/UNICAMP). Doutoranda em Engenharia Civil na FEC/UNICAMP.

**Bruno Coraucci Filho**<sup>(2)</sup>

Dr. em Engenharia Civil pela EPUSP e Professor na FEC/UNICAMP

**Marta Siviero Guilherme Pires**<sup>(3)</sup>

Dr<sup>a</sup> pela FEC/UNICAMP e Professora na FT/UNICAMP

**Francisco Anaruma Filho**<sup>(4)</sup>

Dr. pelo IB/UNICAMP e Pesquisador na FEC/UNICAMP

**Adriano Luiz Tonetti**<sup>(5)</sup>

Dr. pela FEC/UNICAMP; Professor na FEC/UNICAMP

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Santa Bárbara, 789 - Centro - Guaranésia - MG - CEP: 37810-000 - Brasil - Tel: (19) 8358-2856 - e-mail: [noelybochi@yahoo.com.br](mailto:noelybochi@yahoo.com.br)

### RESUMO

Para avaliar a aptidão do uso de lodo de esgoto como insumo agrícola faz-se uso de análises químicas e biológicas tradicionais, cujos limites encontram-se estabelecidos na Resolução CONAMA 375 de 2006, MMA. Porém, 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. A interação entre os testes ecotoxicológicos e as análises químicas pode ser uma importante ferramenta por fornecer uma medida direta e adequada dos impactos dos contaminantes no ambiente em amostras de natureza química complexa, como o lodo de esgoto. Nesse contexto, Da Matta (2011), propôs o Índice de Perigo de Lodo de Esgoto (IPLE), que utiliza ensaios de curta duração de baixo custo, buscando subsidiar decisões mais rápidas quanto a sua aplicação em solos agrícolas. O objetivo desse trabalho foi avaliar, por meio de ensaios físicos, químicos, biológicos e ecotoxicológicos se a amostra de lodo de esgoto acondicionado em “BAG” removidos da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do município de Coronel Macedo-SP está apta a ser utilizada na agricultura, segundo os limites preconizados pela CONAMA 375 (Brasil, 2006) aliado a metodologia proposta por Da Matta (2011). Para realização dos testes toxicológicos foram utilizadas amostras solubilizadas deste lodo e as análises físicas, 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 físicas, 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 *Vibrio fischeri*, *Daphnia silimis* e *Lactuca sativa*, foi obtido IPLE de 3,5, de uma das campanhas de amostragem de lodo, revelando um valor superior ao limite proposto por Da Matta (2011), recomendando, portanto uma investigação mais detalhada de outros compostos que estejam provocando esta toxicidade. Assim, espera-se que a utilização do índice baseado em testes ecotoxicológicos se constitua em uma ferramenta auxiliar na caracterização inicial do lodo para sua liberação e disposição no solo, na tentativa de proporcionar maior segurança aos integrantes da cadeia alimentar do ambiente agrícola que receberá este rico biossólido.

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

### INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas ambientais é a geração de resíduos típicos das atividades antrópicas que possam contaminar o solo, a água, ou o ar. Dentre esses resíduos está o lodo gerado pelas estações de tratamento de esgoto (ETE) que apresentam uma grande diversidade de substâncias químicas (matéria orgânica, metais potencialmente tóxicos, compostos orgânicos, etc.) e organismos patogênicos (vírus, bactérias e protozoários) representando um alto custo financeiro, para as estações de tratamento, na destinação final ambientalmente segura.

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 do solo, reciclagem de constituintes orgânicos, entre outros, proporcionando grande retorno econômico aos agricultores.

Apesar dos aspectos positivos, é importante ressaltar que quando o lodo de esgoto não for caracterizado e monitorado na área no qual será aplicado, podem causar a poluição do solo e da água, além de problemas sanitários que representam riscos diretos e indiretos para o ser humanos e aos animais.

Para 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.

No desenvolvimento do IPLE foram adaptados os modelos matemáticos utilizados para avaliação de perigo de substâncias químicas (PPA), índice de qualidade de água (IQA) e índice de carga tóxica de efluentes (PEEP), visando, à integração de vários resultados de testes de toxicidade em um único índice; à relação de índice de perigo e ocorrência de toxicidade em mais de um teste e à comparação proporcional dos resultados quanto à escala de perigo, ou seja, quanto menor o índice, menor o perigo (Da MATTÁ, 2011).

Portanto, segundo Silva (2012), a utilização do IPLE baseado em testes ecotoxicológicos se constituiu em uma importante ferramenta complementar na caracterização inicial do lodo para sua liberação e disposição no solo, na tentativa de proporcionar maior segurança aos integrantes da cadeia alimentar que deverão utilizar os recursos originados do ambiente agrícola onde foi utilizado o biossólido.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivos a avaliação química e ecotoxicológica utilizando os organismos-teste: *Vibrio fischeri*, *Daphnia similis* e *Lactuca sativa* L. em amostra de lodo de esgoto da ETE do município de Coronel Macedo, do Estado de São Paulo, a fim de, verificar a possibilidade de uso na agricultura, conforme os limites estabelecidos pela resolução CONAMA n° 375 do ano de 2006 por meio da aplicação do Índice de Perigo do Lodo de Esgoto (IPLE) avaliar os possíveis impactos causados ao meio ambiente.

## MATERIAL E MÉTODOS

### LOCAL DE AMOSTRAGEM

O município de Coronel Macedo está localizado a sudoeste do estado de São Paulo à uma latitude 23°37'52" sul e à uma longitude 49°18'49" oeste, com população de 5.506 habitantes e economia voltada para a agropecuária (IBGE, 2010).

O sistema de tratamento de esgoto se dá por meio de lagoa facultativa primária e, sendo que no mês de dezembro de 2008 o lodo acumulado na estação, foi retirado da lagoa e acondicionado em “BAG”(contentores de geotextil) Figura 1.



**Figura 1 - Desaguamento de lodo removido da ETE do município de Coronel Macedo-SP em BAGs**

## COLETAS E ANÁLISES DA AMOSTRA

Após o período 3 anos de acondicionamento do lodo no “BAG”, foi coletada uma amostra composta do lodo (parte superior, intermediária e inferior), buscando reproduzir as características do material a ser analisado, de acordo, com a necessidade de cada ensaio (“*in natura*”, base seca ou extrato aquoso) para a realização dos ensaios químicos e ecotoxicológicos.

Foram realizadas análises de umidade, pH, carbono orgânico, sólidos totais, sólidos voláteis, nitrogênio NTK, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, os metais (Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre, Cromo, Mercúrio, Molibdênio, Níquel Selênio e Zinco), de bactérias do grupo Coliformes e *Salmonella spp.* e também ovos viáveis de helmintos. Análises essas realizadas no laboratório de saneamento da FEAGRI/UNICAMP, no LABREUSO/FEC/UNICAMP e no Laboratório de Fertilizantes e Resíduos do Instituto Agrônomo de Campinas, de acordo, com as metodologias descritas em Embrapa (2009) e em Brasil (2006).

Para as análises ecotoxicológicas foi preparado o extrato aquoso de lodo de esgoto, seguindo o procedimento proposto por Matthews e Hastings (1987) e em seguida, realizadas análises com os organismos *Daphnia similis* (4 réplicas), *Lactuca sativa* (3 réplicas) e *Vibrio fischeri*, conforme as respectivas normas, ABNT NBR 12.713 (2009), U.S. EPA Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.4200 (1996) e L5. 227 da CETESB (2001).

O Índice de Perigo de Lodo de Esgoto (IPLE) foi calculado segundo o modelo proposto por Da Matta (2011), utilizando 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 OBTIDOS

A Tabela 1 apresenta os resultados dos metais potencialmente tóxicos e do potencial agrônomo obtidos em uma campanha de amostragem de lodo de esgoto acondicionado em “BAG” da ETE do município de Coronel Macedo - São Paulo, assim como, os limites preconizados por Brasil (2006).

**Tabela 1- Resultado das análises químicas do lodo de esgoto e limites estabelecidos pela legislação CONAMA 375 (Brasil, 2006)**

Análises químicas	Resultados	Limites preconizados por Brasil (2006)
Umidade	66% (m/m)	
pH	3,80	
Carbono Orgânico	186,00 g.kg <sup>-1</sup>	
Sólidos Totais	34,00% (m/m)	
Sólidos Voláteis	12,10% (m/m)	
Nitrogênio Amoniacal	55,10 mg.kg <sup>-1</sup>	
Nitrogênio Total Kjeldahl	21000 mg.kg <sup>-1</sup>	
Nitrogênio (Nitrito e Nitrato)	18,40 mg.kg <sup>-1</sup>	
Arsênio	0,20 mg.kg <sup>-1</sup>	41 mg.kg <sup>-1</sup>
Bário	6,50 mg.kg <sup>-1</sup>	1300 mg.kg <sup>-1</sup>
Cádmio	0,15 mg.kg <sup>-1</sup>	39 mg.kg <sup>-1</sup>
Chumbo	0,90 mg.kg <sup>-1</sup>	300 mg.kg <sup>-1</sup>
Cobre	4,70 mg.kg <sup>-1</sup>	1500 mg.kg <sup>-1</sup>
Cromo	4,00mg.kg <sup>-1</sup>	1000 mg.kg <sup>-1</sup>
Mercúrio	< 1,00 mg.kg <sup>-1</sup>	17 mg.kg <sup>-1</sup>
Molibdênio	0,04 mg.kg <sup>-1</sup>	50 mg.kg <sup>-1</sup>
Níquel	3,60 mg.kg <sup>-1</sup>	420 mg.kg <sup>-1</sup>
Selênio	< 1,0 mg.kg <sup>-1</sup>	100 mg.kg <sup>-1</sup>
Zinco	16,5 mg.kg <sup>-1</sup>	2800 mg.kg <sup>-1</sup>

De acordo com as análises físicas e químicas realizadas a amostra de lodo de esgoto da ETE do município de Coronel Macedo-São Paulo apresenta valores de potencial agrônômico semelhantes aos obtidos por França (2010) no lodo de esgoto da lagoa facultativa desse município quando acondicionado no “BAG” por um período de 3 meses.

Carneiro *et al.* (2005) destacam-se que sobre a relação Carbono - Nitrogênio, ou seja, à quantidade de Nitrogênio consumido no processo de mineralização e utilizada no crescimento e decomposição microbiana, é considerada como ótima na proporção de 10:1. Os valores obtidos nesse estudo foram inferiores, mas segundo os mesmos autores, são encontrados na maioria das amostras de lodos de esgoto domésticos e podem ocasionar maior imobilização do Nitrogênio.

Para a aplicação de lodo na agricultura também é importante o conhecimento das concentrações de metais potencialmente tóxicos, para que o lodo de esgoto não ofereça risco de fitotoxicidade e contaminação de águas superficiais e subterrâneas e possa ser utilizado de forma segura como fertilizantes orgânicos. A amostra analisada apresentou valores inferiores aos limites preconizados por Brasil (2006), sendo assim, está apta a serem utilizadas na agricultura, por estes parâmetros.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises realizadas com bactérias do grupo Coliformes Termotolerantes e *Salmonella spp.* na amostra de lodo de esgoto do “BAG” da ETE do município de Coronel Macedo – São Paulo.

**Tabela 2- Resultado das análises biológicas e limites estabelecidos pela legislação CONAMA 375 (Brasil, 2006)**

Análises biológicas da amostra		Legislação	
		Classe A	Classe B
<i>Salmonella spp.</i>	Ausência	Ausência	-----
<b>Coliformes Termotolerantes</b>	< 1 NMP / g de ST	< 10 <sup>3</sup> NMP g <sup>-1</sup> de ST	< 10 <sup>6</sup> NMP g <sup>-1</sup> de ST
<b>Ovos viáveis de helmintos</b>	1,0.10 <sup>3</sup>	< 0,25 ovo g <sup>-1</sup> de ST	< 10 ovo g <sup>-1</sup> de ST

Para as análises de bactérias do grupo Coliformes Termotolerantes, *Salmonella spp.* e ovos viáveis de helmintos, conforme apresentada na tabela 2, a amostra de lodo foi classificada como Classe A, sendo necessário, seguir as restrições de plantio, estabelecida pela legislação e também foi considerada estável, por apresentar valor de 0,35 de relação de sólidos voláteis e sólidos totais, inferior ao limite de 0,7 estabelecido por 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**

	<i>Vibrio fischeri</i>	<i>Daphnia similis</i>	<i>Lactuca sativa</i>	IPLE
<b>UT</b>	20	11,5	1,6	<b>3,5</b>

De acordo com as análises ecotoxicológicas, os organismos testes apresentaram respostas variadas à mesma amostra. A bactéria *Vibrio fischeri* foi o organismo que apresentou maior sensibilidade, seguido pelo o microcrustáceo *Daphnia similis* e pelas sementes de alface *Lactuca sativa*.

Relacionando os valores encontrados de CE 50 e convertidos em UT para cada organismo teste, foi calculado o IPLE, cujo valor foi de 3,5 e de acordo com o limite sugerido por Da Matta (2011) a amostra de lodo de esgoto não está apta a ser utilizada na agricultura, por este índice.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos a amostra de lodo de esgoto acondicionado em “BAG” da ETE do município de Coronel Macedo-SP apesar de apresentar conformidade com os limites preconizados pela CONAMA 375 (Brasil, 2006) e, portanto, apta a ser utilizada na agricultura, ultrapassa 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, tanto na amostra “*in natura*”, quanto no extrato aquoso, acrescentando informações na avaliação da amostra que possa estar ocasionado o alto índice de perigo por meio do IPLE.

## 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. FRANÇA, J. T. L. Remoção de lodo de lagoa facultativa: avaliação quantitativa e qualitativa do lodo acumulado e seu acondicionamento em bag. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 2010. 149p.
8. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa nacional de saneamento básico 2008. Rio de Janeiro: IBGE; 2010 p. 219.
9. 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.
10. SILVA, N. B. Avaliação química e ecotoxicológica de lodos de esgoto visando a utilização na agricultura. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, 97p, 2012.
11. 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.