

## 25º. Encontro Técnico AESABESP

### CONCENTRAÇÃO DE METAIS TÓXICOS EM LODOS DE ESGOTOS SANITÁRIOS DESAGUADOS EM "BAGs"

#### **Welliton Leandro de Oliveira Boina<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos (PPGEU/UFSCar). Tem experiência profissional na área de Gestão e Tecnologias para Resíduos, com ênfase em Tratamento de Lodos de ETE's, atuando principalmente nos seguintes temas: Saneamento Básico, ETE, Tratamento, Gestão, Destinação e Disposição final de resíduos.

#### **João Sergio Cordeiro**

Engenheiro Civil pela Universidade de São Paulo (USP), Mestre e Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento na Universidade de São Paulo (PPG-SHS/USP). Docente, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Tem experiência na área de Engenharia Sanitária, com ênfase em Tratamento de Lodos de ETA's, atuando principalmente nos seguintes temas: Drenagem Urbana, Lodos de Decantadores, ETA e Gerenciamento.

#### **Rosane Freire**

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Mestre e Doutora em Engenharia Química pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química na Universidade Estadual de Maringá (PEQ/UEM). Docente, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Tem experiência na área de Gestão, Preservação e Controle Ambiental.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Agapito Leamos, 53 - PQ. São Judas Tadeu - Presidente Prudente - São Paulo - CEP: 19024-180 - Brasil - Tel: +55 (18) 98801-9697 - e-mail: [weboina@gmail.com](mailto:weboina@gmail.com)

#### **RESUMO**

Este trabalho identifica e avalia as concentrações de metais tóxicos em lodos de esgotos sanitários desaguados em "BAGs" na Estação de Tratamento de Esgotos-Limoeiro (ETE-Limoeiro) de Presidente Prudente-SP, utilizando espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente (ICP-OES) e confronta os resultados com o disposto na Resolução CONAMA N° 375/06. As análises por ICP-OES determinaram que os elementos químicos (Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Mo, Ni, Se, Zn) encontrados nas amostras de lodos de esgotos desaguados apresentam concentrações abaixo das máximas permitidas pela referida resolução, podendo serem utilizados para determinados fins de interesse desde que sejam submetidos ao processo de tratamento específico para cada situação de disposição conforme rege as exigências de normas e leis vigentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** metais tóxicos, nutrientes, lodos, BAGs, ETE

#### **INTRODUÇÃO**

A estação de tratamento de esgotos sanitários se constitui em sistema que tem como objetivo remover partículas contidas no resíduo líquido. Os processos de tratamento sejam eles aeróbios ou anaeróbios removem as partículas presentes e geram resíduos sólidos, dentre eles os lodos. Esses devem ser desaguados para posterior destinação ou disposição final adequada. A legislação brasileira, através da Resolução CONAMA N° 375/06 define formas e parâmetros a serem atendidos para disposição deste resíduo em área agrícola, ou seja, no solo. Por outro lado, várias são as possibilidades de remoção de água, envolvendo sistemas mecânicos ou naturais. O deságue de lodos de ETEs em "BAGs" está se tornando sistema de grande aplicação no Brasil.

## TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

O processo de tratamento de esgotos sanitários pode gerar basicamente três subprodutos: o efluente tratado, resíduos sólidos em diversas etapas e o biogás, dependendo do processo a ser adotado. Sendo o lodo de esgoto sanitário o resultado da remoção e concentração da matéria orgânica contida no esgoto bruto.

O termo empregado “esgoto sanitário bruto” ou “esgoto bruto”, refere-se às águas residuais não tratadas, oriundas do uso sanitário das águas (doméstico, industrial ou comercial), composto por partículas resultante da introdução de urina, fezes, produtos de higiene e limpeza, e partículas gordurosas, geradas na lavagem de utensílios domésticos.

A quantidade e a natureza do lodo gerado nas ETEs dependem das características do esgoto bruto e do processo de tratamento empregado. De acordo com Mocelin (2007), os lodos de esgotos, geralmente são classificados conforme os estágios de tratamento em que foram originados, sendo referenciados como lodo primário, lodo secundário ou lodo digerido.

Conforme Leme (2010), na fase primária do tratamento do esgoto sanitário bruto, o lodo é constituído pelos sólidos em suspensão, e na fase secundária o lodo é composto, principalmente, pelos microrganismos (biomassa) formados e sintetizados à custa de matéria orgânica existente, ou seja, é resultante da conversão biológica dos produtos solúveis, necessitando ser removido e tratado para posterior disposição final.

O tratamento do lodo é feito por meio de redução de volume ou adensamento (via redução de umidade), redução de teor de matéria orgânica (via estabilização do lodo) e desidratação final (via redução adicional de umidade), pelo processo de desaguamento de lodo, originando o lodo desaguado (LEME, 2010).

O termo “lodo desaguado” é usado para o lodo bruto ou estabilizado que passa pelo processo de desidratação final, em que o mesmo pode ser disposto entre outras opções em BAGs de manta geotêxtil, o qual funciona como um meio filtrante permitindo a passagem somente dos líquidos, retendo somente o particulado no interior.

De acordo com Barroso (2007), os filtros sintéticos, conhecidos como BAGs (Figura 1), são mantas permeáveis, flexíveis e finas produzidas a partir de fibras sintéticas. São produtos manufaturados a partir de diferentes polímeros e de variadas formas de fabricação.



Figura 1 – BAGs de mata geotêxtil

No processo a água percolada, de baixa turbidez, é recaptada e o lodo desaguado pode ser reaproveitado como condicionador de solos em áreas agrícolas desde que atenda as exigências regidas em Normas e Leis vigentes ou enviado para disposição final.

Porem, de acordo com Andreoli *et. al.* (1999), a principal limitação a ser observada durante a avaliação da possibilidade da utilização dos lodos em áreas agrícolas se refere à presença de poluentes, entre eles os metais tóxicos comumente conhecidos como metais pesados.

Segundo Marcos *et. al.* (2002), a concentração de metais tóxicos em lodos sanitários varia com o nível sócio-econômico e cultural da população, grau de industrialização da região e do porcentual que os esgotos industriais representam no total de esgotos gerados e tratados. Na disposição dos lodos em solos cultivados, como fertilizantes condicionadores do solo, existe a possibilidade desses elementos, em suas formas mais perigosas, serem absorvidos pelas plantas e acumulados em tecidos. Tal condição pode oferecer um elevado risco toxicológico visto que esses vegetais poderiam servir de alimentos para animais e humanos.

### **A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS - LIMOEIRO**

A Estação de Tratamento de Esgotos-Limoeiro, sob gerencia da SABESP, está localizada a 800 metros do Km 8 da Rodovia Júlio Budiski, situada em área rural na zona sudoeste do Município de Presidente Prudente-SP, na bacia do Córrego do Limoeiro.

De acordo com Peixoto (2008), a ETE foi projetada para tratar os esgotos dos municípios de Presidente Prudente-SP e Álvares Machado-SP. A estação não possui a característica de uma ETE do tipo convencional para o tratamento de esgotos por lodos ativados por não possuir a unidade de decantação primária, podendo ser considerada uma estação por lodos ativados de aeração prolongada (PEIXOTO, 2008).

Conforme dados obtidos na SABESP, em julho de 2012, a ETE-Limoeiro tem recebido uma média mensal afluyente correspondente a  $34.600 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ , correspondendo à vazão total da coleta de 100% dos esgotos do Município de Presidente Prudente e 60% dos esgotos do Município de Álvares Machado.

No processo de tratamento dos lodos de esgotos, quando a centrifuga entra em manutenção, o lodo sai do adensador e segue diretamente para os BAGs, não passando pelo processo de caleação para inertização, sendo disposto como lodo ativo nos BAGs. Conforme a SABESP, os BAGs tem sua capacidade de armazenamento completada a cada 20 dias de operação fazendo-se o uso de polieletrólitos que são polímeros que tem a função de transformar os colóides formados durante a etapa de coagulação em flocos de maior diâmetro e mais pesados favorecendo o aumento da velocidade de decantação, favorecendo a separação das fases sólida e líquida e conseqüentemente o deságue.

Atualmente a ETE-Limoeiro possui 25 BAGs completamente cheios dispostos no aterro sanitário da própria estação. Dos 25 BAGs, 4 deles possuem 58 m de comprimento e capacidade de armazenamento de  $1.500 \text{ m}^3$ , 16 possuem 60 m de comprimento e capacidade de armazenamento de  $750 \text{ m}^3$  e 5 possuem 30 m de comprimento e capacidade de armazenamento de  $350 \text{ m}^3$ .

Considerando o grande volume de lodo disposto nos BAGs da ETE-Limoeiro, a limitação espaço disponível no aterro sanitário da estação e o que rege a Lei Nº 12.305/2010 da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a adoção de uma política de reciclagem deste material propiciaria solução para preocupações futuras com novas áreas para armazenamento deste resíduo.

### **OBJETIVO**

Este trabalho teve como objetivo a análise e avaliação das concentrações de metais tóxicos em lodos de esgotos sanitários desaguados em “BAGs” e posterior comparação com os



resolução CONAMA N°

trômetro de Emissão TA, marca Varian. Os Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Mo,

os quais apresentam ambos de 36 meses

me rege a Norma NBR simples, onde foram zando um amostrador

a da ETE-Limoeiro e e Caracterização e ia de Materiais (DEMa)

da de Sear, onde foram preparadas conforme o procedimento interno AQ-371 ver002-CCDM/DEMa.

Para a análise, as amostras passaram pelo processo de digestão ácida em forno de micro-ondas com frascos fechados conforme procedimento interno IT AQ-157 rev011-CCDM/DEMa.

**Figura 2 – Seleção dos BAGs para amostragem**  
 Fonte: Google Earth – SABESP - ETE-Limoeiro / Presidente Prudente-SP / (15/09/2012)



**Figura 3 – Amostrador de lodos**  
**Fonte: Boina e Cordeiro (2013)**

O preparo das amostras para digestão ácida ocorreu da seguinte forma. Primeiramente as amostras passaram pelo processo de moagem em moinho criogênico com posterior solubilização. Para a solubilização, foi utilizado em sistema fechado, forno de micro-ondas com as amostras misturadas em solução ácida de água régia, ácido fluorídrico e peróxido de hidrogênio. Após a diluição das amostras, as mesmas foram introduzidas no espectrômetro de emissão óptica com plasma acoplado indutivamente para a realização das leituras de interesse (Figura 4).

#### Figura 4 – ICP-OES VISTA Varian RESULTADOS

Os resultados das análises realizadas em ICP-OES, para determinação dos elementos químicos (As, Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Mo, Ni, Se, Zn), nas amostras de lodos dos BAGs (1A e 24), são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1. Determinação dos elementos químicos nos lodos dos BAGs.**

Elemento	Resultados obtidos		
	BAG 1A (mg.kg <sup>-1</sup> )	BAG 24 (mg.kg <sup>-1</sup> )	Resolução CONAMA N° 375/06 (mg.kg <sup>-1</sup> )
As	< 50	< 50	41
Ba	49	47	1300
Cd	< 10	< 10	39
Pb	< 10	< 10	300
Cu	380	320	1500
Cr	230	250	1000
Hg	< 50	< 50	17
Mo	< 10	< 10	50
Ni	< 10	< 10	420
Se	< 50	< 50	100
Zn	810	900	2800

#### DISCUSSÃO

Em relação aos metais tóxicos, constatou-se certa homogeneidade nas concentrações dos elementos químicos presente nas amostras dos dois BAGs amostrados.

Os elementos químicos analisados Ba, Cd, Pb, Cu, Cr, Mo, Ni, Se, Zn, apresentaram concentrações abaixo das concentrações máximas permitidas em lodos estabelecidas pela Resolução CONAMA N° 375/06.

Entretanto, cabe ressaltar que o ICP-OES utilizado não realiza leituras de concentrações abaixo de 50 mg.kg<sup>-1</sup>. Este limite de detecção impossibilitou a determinação da concentração real dos elementos As e Hg que, de acordo com o estabelecido na Resolução CONAMA N° 375/06, possuem concentração máxima permitidas de 41 mg.kg<sup>-1</sup> e 17 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente.

Diante das análises efetuadas nos dois BAGs, considerando a homogeneidade nas concentrações dos elementos químicos presente nas amostras e as características dos esgotos sanitários coletados e tratados diariamente, estima-se a probabilidade de que os demais BAGs da ETE apresentem os mesmos elementos químicos em concentrações próximas as determinadas nestas análises.

#### CONCLUSÃO

Conforme a Resolução CONAMA N° 375/06, os lodos de esgotos sanitários da Estação de Tratamento de Esgotos-Limoeiro, apresentaram concentrações de metais tóxicos abaixo das concentrações máximas permitidas em lodos. Porém o lodo em questão não se encontra seco, higienizado e estabilizado, requisito necessário para que possa ser utilizado como fertilizante orgânico e condicionador de solos.

Entretanto, desde que o lodo contido nos BAGs atendam os parâmetros e exigências estabelecidas na Resolução CONAMA N° 375/06, os mesmos são viáveis para utilização por apresentar características físico-químicas favoráveis.

## REFERENCIAS

1. ANDREOLI, C. V.; LARA, A. I.; ILHENFELD, R. G. Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Projeto PROSAB. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1999.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos Sampling of solid waste, Rio de Janeiro, 2004. 21p
3. BARROSO, M. M. Influência das micro e macropropriedades dos lodos de estação de tratamento de água no desaguamento por leito de drenagem. 2007. 249f. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-13062007-073455/pt-br.php> >. Acesso em: 18 mar. 2014.
4. BRASIL. Lei Nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm) > Acesso em: 20 mar. 2014.
5. \_\_\_\_\_ Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº. 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Brasília, 2006. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf> > Acesso em: 20 mar. 2014.
6. BOINA, W. L. O.; CORDEIRO, J. S. Desenvolvimento de Amostrador para Lodos de ETE Armazenados em BAG´s. In: 43ª Assembleia Nacional da ASSEMAE - Desenvolvimento para todos com desenvolvimento sustentável e gestão de qualidade. Vitória-ES, 2013. Disponível em: < <http://www.trabalhosassemae.com.br/2013/DVD/pdf/II-7+0121586227.pdf> > Acesso em: 20 de mar. 2014.
7. LEME, E. J. A. Manual prático de tratamento de águas residuárias, 1º. ed., São Carlos-SP: Editora EdUFSCar, 2010. 595p. Universidade Federal de São Carlos.
8. MARCOS, O. M.; WANDERLEY, J. M.; TADEU, A. M. O. Metais pesados e o uso de biossólidos na agricultura. In: TSUTIYA et. al. Biossólidos na agricultura. São Paulo: ABES, 2002. 468p. 365-431
9. MOCELIN, C. Pirólise de lodo de esgoto sanitário: Produção de adsorvente e óleos combustíveis. 2007. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e Materiais) – Programa de Pós-Graduação Engenharia Mecânica e Materiais – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR. Disponível em: <<http://www.ppgem.ct.utfpr.edu.br/dissertacoes/MOCELIN,%20Cristiane.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2014.
10. PEIXOTO, G. J. Avaliação da aplicação de lodo de ETA no adensador de lodo da uma ETE de lodos ativados. 2008. 149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira-SP. Disponível em: <[http://www.ppgec.feis.unesp.br/teses/2008/gilmar\\_2008\\_final.pdf](http://www.ppgec.feis.unesp.br/teses/2008/gilmar_2008_final.pdf)>. Acesso em: 19 mar. 2014.