



Periódico Eletrônico

**Fórum Ambiental**  
*da Alta Paulista*

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 11, 2013

Saúde, Saneamento e  
Meio Ambiente



**ANAP**

## **ESTUDO DE VIABILIDADE PARA INCORPORAÇÃO DE LODO DE ESGOTO EM SOLOS: CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA E DE PARÂMETROS QUÍMICOS**

**Welliton Leandro de Oliveira Boina<sup>1</sup>**

**João Sergio Cordeiro<sup>2</sup>**

**RESUMO:** Os problemas na área de saneamento continuam sendo de grande preocupação no Brasil em decorrência da crescente urbanização e aglomeração da população nas cidades e núcleos urbanos. Esses fatos têm levado ao agravamento das condições ambientais, tornando cada vez mais inadequadas as condições de vida devido à poluição dos mananciais e corpos receptores das proximidades. A falta de tratamento dos esgotos e condições adequadas de saneamento pode contribuir para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas. Entretanto, para que se possa dar o destino correto ao lodo é necessário antes conhecer a sua composição real; por isso é fundamental que haja a caracterização do resíduo a fim de conhecer seus componentes e proporcionar tratamento e disposição final correta. Neste sentido, este trabalho teve por finalidade a caracterização biológica e dos parâmetros químicos em lodos de esgotos sanitários da Estação de Tratamento de Esgoto – Limoeiro no Município de Presidente Prudente-SP. A caracterização foi feita conforme rege a Resolução CONAMA Nº 375/06 para disposição final em solos agrícolas. As amostras foram obtidas de acordo com o procedimento de amostragem da Norma NBR 10007/2004 e as análises laboratoriais seguiram a metodologia da 21<sup>st</sup> Edition of Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

**Palavras-chave:** Agricultura. Biossólido. Lodos. BAG's, ETE

---

<sup>1</sup> Engenheiro Ambiental, Mestre em Engenharia Urbana pelo PPGEU/UFSCar, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). [weboina@gmail.com](mailto:weboina@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Doutor em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Docente, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). [cordeiro@ufscar.br](mailto:cordeiro@ufscar.br)



## 1 INTRODUÇÃO

Em média 80% de toda água utilizada no meio urbano resulta em esgoto, seja ela de origem sanitária, industrial, entre outros.

A estação de tratamento de esgotos sanitários se constitui em sistema que tem como objetivo remover partículas contidas nesse resíduo líquido. Os processos de tratamento sejam eles aeróbios ou anaeróbios removem as partículas presentes e geram resíduos sólidos, dentre eles os lodos. Contudo, o processo de tratamento de esgotos sanitários gera basicamente três subprodutos, sendo eles, o efluente tratado, o lodo e o biogás. Entretanto, as águas residuárias são compostas de 99,92% de líquido e 0,08% de sólidos. A parte sólida é representada por 70% de matéria orgânica, sendo composta por proteínas, carboidratos, gorduras e óleos e 30% de matéria inorgânica, composta por areia, minerais dissolvidos e metais (JORDÃO;PÊSSOA, 1995). Segundo Von Sperling (2005), devido a essa fração de sólidos de aproximadamente 0,1% há necessidade de se tratar os esgotos.

Conforme Von Sperling (1996), a remoção dos poluentes no tratamento de esgotos sanitários, de forma a adequar o lançamento ou disposição final em uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está associada aos conceitos de nível de tratamento e eficiência do tratamento. Sendo assim, com a necessidade de proteção do meio ambiente, leis e regulamentos contribuem para a restrição e controle de poluição estabelecendo padrões para lançamento ou disposição final, bem como conduta dos agentes responsáveis pelos sistemas de produção.

A legislação brasileira, através da Resolução CONAMA Nº 375/06 define formas e parâmetros a serem atendidos para disposição deste resíduo no solo, principalmente em áreas agrícolas.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A Estação de Tratamento de Esgoto - ETE Limoeiro, Figura 01, sob gerência da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo ( SABESP ), está localizada a 800 metros aproximadamente do Km 8 da Rodovia Júlio Budiski, situada em área rural na zona sudoeste do Município de Presidente Prudente, na bacia do Córrego do Limoeiro.



Figura 01 – Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Limoeiro  
Fonte: (SABESP, 2011)



De acordo com Peixoto (2008), a ETE foi projetada para tratar os esgotos do Município de Presidente Prudente e os esgotos provenientes do Município vizinho Álvares Machado. O Projeto da Estação de Tratamento de Esgotos é formado pelas unidades de tratamento, conforme pode ser visto no esquema da Figura 02.

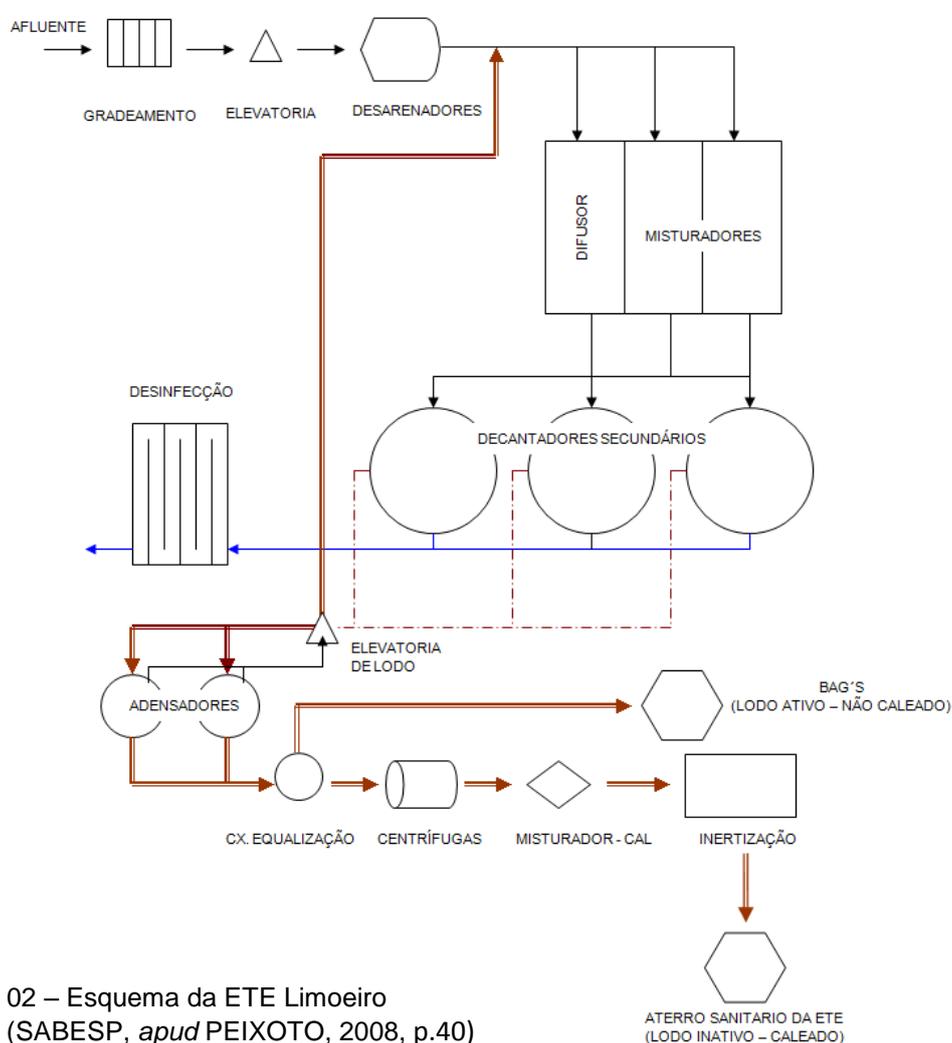


Figura 02 – Esquema da ETE Limoeiro  
Fonte: (SABESP, *apud* PEIXOTO, 2008, p.40)

De acordo com a Figura 02, a estação não possui a característica de uma ETE do tipo convencional para o tratamento de esgotos por lodos ativados por não possuir a



*Periódico Eletrônico*

# Fórum Ambiental

*da Alta Paulista*

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 11, 2013

Saúde, Saneamento e  
Meio Ambiente



**ANAP**

unidade de decantação primária. Para uma ETE ser do tipo convencional é necessário que haja as unidades de decantação primária, aeração e decantação secundária.

Segundo Peixoto (2008), pela ausência da unidade de decantação primária, a ETE Limoeiro pode ser considerada como sendo uma ETE por lodos ativados de aeração prolongada.

A ETE Limoeiro teve o seu início operacional em maio de 2004 com a semeadura do processo biológico do sistema. Transcorridos 4 meses a partir da semeadura, com o processo biológico em plena atividade, ocorreu o início operacional oficial da Estação de Tratamento de Esgoto (PEIXOTO, 2008).

De acordo com dados obtidos na SABESP, a ETE está recebendo uma média mensal afluyente correspondente a 35.424 m<sup>3</sup>/dia, sendo esta vazão representada pela coleta de 100% dos esgotos do Município de Presidente Prudente e 60% dos esgotos do Município de Álvares Machado. A Figura 03 é mostra a posição da ETE-Limoeiro em relação aos dois municípios vizinhos.

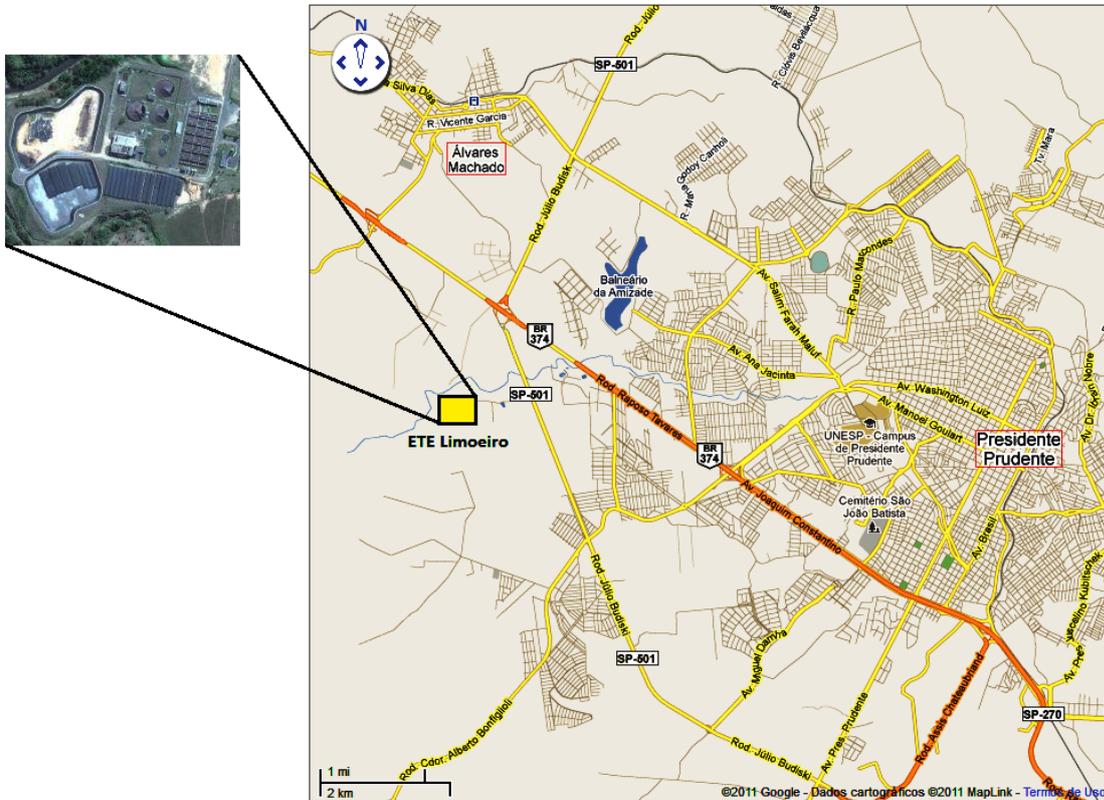


Figura 03 – Localização da ETE Limoeiro

Fonte: Google Maps

A eficiência de tratamento da ETE tem se mostrado adequada, com índice médio de remoção de carga orgânica variando de 86 a 92%. A média mensal efluente corresponde a 35.409 m<sup>3</sup>/dia, e conforme Peixoto (2008), o lodo tem saído do adensador com 1,5% de sólidos, sendo encaminhado até a centrífuga, na qual a desidratação tem alcançado em média 95%, sendo gerado um equivalente de 10 ton/d de massa seca, sendo disposto no aterro sanitário da própria estação após o processo de caleação para inertização do mesmo. Porém quando a centrífuga entra em manutenção, o lodo sai do adensador e segue diretamente para os BAG's, não passando pelo processo de caleação para inertização, sendo disposto como lodo ativo nos BAG's para ocorrer o processo de deságüe, Figura 04.



Figura 04 – BAG's de manta geotêxtil – ETE Limoeiro  
(SABESP, ETE-Limoeiro / Presidente Prudente-SP)

## 2.2 Lodo analisado

Os lodos selecionados para serem analisados foram os armazenados nos BAG's de desaguamento da ETE-Limoeiro. A escolha deu-se em função da constante preocupação com a disposição final deste resíduo e em razão da grande quantidade acumulada.

## 2.3 Coleta e preparo das amostras de lodo



As coletas das amostras foram realizadas de acordo com Norma NBR 10007/2004, a qual fixa os requisitos exigíveis para amostragem de resíduos sólidos. Estabelecendo-se assim as linhas básicas que devem ser observadas, antes de se retirar qualquer amostra, com o objetivo de definir o plano de amostragem (objetivo da amostragem, número e tipo de amostras, amostradores, local da amostragem, frascos e preservação da amostra).

Para o procedimento, foram selecionados 3 BAG's (1A, 14 e 24), a escolha deu-se em função do tempo operacional entre os mesmos com o intuito de verificar significativas variações nos resultados das análises biológicas, conforme mostrado na Figura 05.



Figura 05 – Seleção dos BAG's para amostragem

Fonte: Google Earth – SABESP - ETE-Limoeiro / Presidente Prudente-SP



Definido os BAG's para amostragem, o material coletado foi acondicionado em frascos estéreis contendo uma pastilha de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  – Tiosulfato de Sódio, Figura 06, que atua como agente redutor neutralizando o cloro residual nas amostras.

Este procedimento é utilizado com a intenção de impedir caso haja presença de cloro residual nas amostras, que o mesmo inertize o material coletado destruindo os microorganismos presentes, Figura 07.

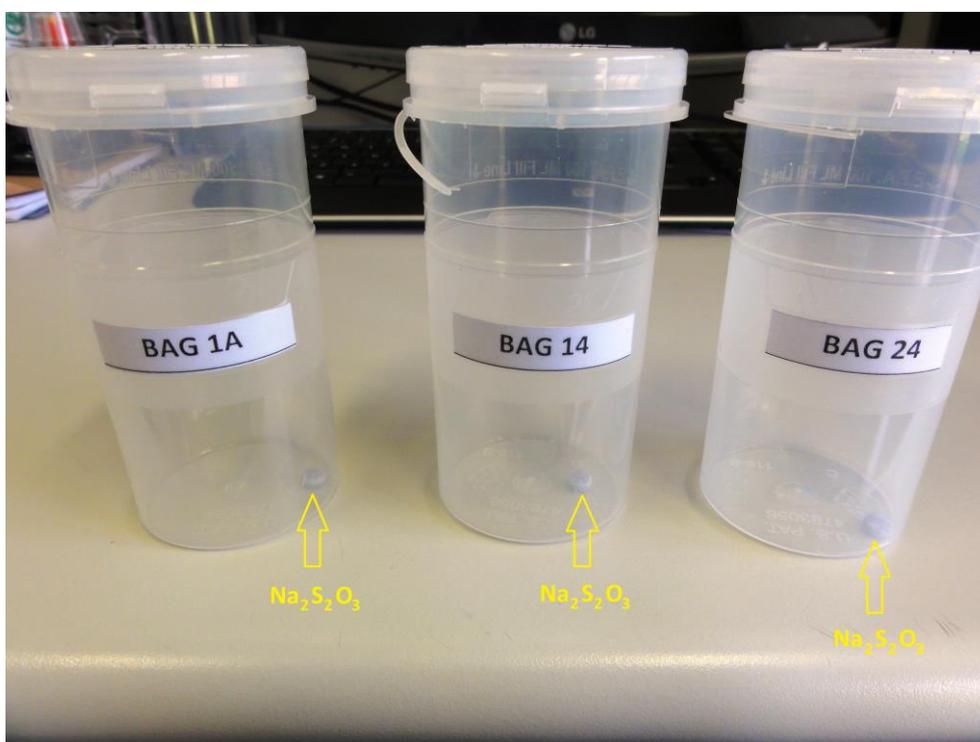


Figura 06 – Frascos estéreis

(Frascos estéreis com  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , Laboratório de Saneamento / EESC-USP – São Carlos-SP)



Figura 07 – Amostras dos BAG's

(Amostragem dos BAG's 1A, 14 e 24 – SABESP / ETE-Limoeiro - Presidente Prudente-SP)

Após a coleta e acondicionamento das amostras, o material foi encaminhado ao Laboratório de Saneamento do Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC-USP), onde foram preparadas e os ensaios efetuados de acordo com a 21<sup>st</sup> Edition of Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**



Os resultados das análises biológicas e parâmetros químicos são apresentados na Tabela 01.

**Tabela 01.** Resultados biológicos e parâmetros químicos.

Parâmetros		Amostra		
		BAG 1A	BAG 14	BAG 24
Coliformes totais	(NMP/g de ST)	$9,0 \times 10^3$	$1,4 \times 10^4$	$1,5 \times 10^7$
Coliformes fecais	(NMP/g de ST)	$7,2 \times 10^3$	$1,2 \times 10^4$	$5,1 \times 10^2$
Carbono orgânico total	(mg/kg)	6118	4488	4033
Nitrogênio amoniacal	(mg/kg)	2560	2220	1267
Nitrogênio nitrato	(mg/kg)	46,80	39,20	53,28
Nitrogênio nitrito	(mg/kg)	7,2	31,5	27,2
Nitrogênio total Kjeldahl	(mg/g)	2860	2360	1755
pH		8,48	8,46	8,09
Sólidos totais	(mg/kg)	2710	2260	5470
Sólidos totais fixos	(mg/kg)	1410	1160	3790
Sólidos totais voláteis	(mg/kg)	1300	1100	1680

Fonte: (Laboratório de Saneamento / EESC-USP - São Carlos-SP)

As análises biológicas permitiram a quantificação dos coliformes termotolerantes e posteriormente a verificação da possibilidade de enquadramento do lodo analisado dentro das classes de lodos A ou B conforme estabelecido pela Resolução CONAMA Nº 375/06.

De acordo os resultados obtidos nas análises de coliformes totais e fecais, exceto o resultado do BAG 24 na quantificação de coliformes totais, todos os outros BAG's apresentaram concentrações para coliformes termotolerantes dentro dos valores estabelecidos para lodos Classe B de acordo com a Resolução CONAMA Nº 375/06, ou



seja, concentração de coliformes termotolerantes acima ( $10^3$  NMP/g de ST) e abaixo ( $10^6$  NMP/g de ST).

Contudo, as análises dos parâmetros químicos permitiram a investigação e quantificação de carbono, nitrogênio, sólidos e pH na amostra. Conforme pode ser consultado na Tabela 01, e os resultados obtidos foram bem expressivos.

Porem, conforme estabelecido na Resolução CONAMA Nº 375/06, o cálculo da taxa de aplicação máxima anual deverá levar em conta os resultados dos ensaios de elevação de pH provocado pelo lodo de esgoto no solo predominante na região de modo a garantir que o pH da mistura solo-lodo de esgoto não ultrapasse o limite de 7,0.

No entanto, a avaliação do pH fica diretamente dependente do solo ao qual se objetiva fazer a disposição dos lodos em questão.

Em relação à quantificação de sólidos, segundo a referida resolução, o lodo de esgoto será considerado estável se a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais for inferior a 0,70. Deste modo, através da avaliação dos resultados obtidos, constatou-se que os lodos dos BAG's são estáveis, o que resultou numa relação entre sólidos voláteis e sólidos totais de: (0,48 para o BAG 1A), (0,49 para o BAG 14) e de (0,31 pra o BAG 24).

Em relação ao nitrogênio, a aplicação máxima anual de lodo de esgoto em toneladas por hectare não deverá exceder o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendada para a cultura (em kg/ha), conforme a recomendação agrônômica oficial do Estado, e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto ( $N_{disp}$  em Kg/ton).

Portanto, as avaliações dos parâmetros de nitrogênio ficam diretamente dependentes do solo ao qual se objetiva fazer a disposição dos lodos.

### 3 CONCLUSÃO



Referente às análises biológicas, a concentração de coliformes termotolerantes obtidas nas amostras enquadraram-se dentro dos valores estabelecidos para lodos Classe B de acordo com a Resolução CONAMA N° 375/06, ou seja, as concentrações obtidas ficaram entre ( $10^3$  a  $10^6$  NMP/g de ST), com exceção apenas do BAG 24 que apresentou ( $1,5 \times 10^7$  NMP/g de ST) para Coliformes totais.

Em relação às análises dos parâmetros químicos, referente à estabilidade, constatou-se que os lodos dos BAG's analisados são estáveis, apresentando relação entre sólidos voláteis e sólidos totais inferior a 0,70. A respeito dos demais parâmetros químicos (pH e Nitrogênio), não foi possível efetuar uma conclusão, pois ambos ficam diretamente dependentes das características do solo ao qual se objetiva fazer a disposição dos lodos.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>st</sup> ed Washington, APHA/AWWA/WPCF, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10007**: Amostragem de Resíduos Sólidos: Classificação, Rio de Janeiro, 2004. 21p.

BOINA, W. L. O. **Análise das Condições de Desaguamento de Lodos de ETEs em BAG's: O Caso da ETE-Limoeiro – Presidente Prudente-SP**. 2012. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. Disponível em: < [http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=5638](http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=5638) > Acesso em: 19 de set. 2013.



Periódico Eletrônico

# Fórum Ambiental

da Alta Paulista

ISSN 1980-0827  
Volume 9, Número 11, 2013

Saúde, Saneamento e  
Meio Ambiente



ANAP

BRASIL. 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.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO – SABESP. Estação de Tratamento de Esgotos-Limoeiro, Presidente Prudente, 2012

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos:** Concepções clássicas de tratamento de esgotos. São Paulo: CETESB, 1975.

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: 12 fev. 2011.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos,** 2. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1).

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas:** Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos, 3ª ed., Belo Horizonte-MG: Editora UFMG, 2005. 101p.