

## **II-493 - INFLUÊNCIA DO LANÇAMENTO DO LODO DA ETA NO ACÚMULO DE LODO DE FUNDO DA LAGOA FACULTATIVA DA ETE PIRACANJUBA – GO**

**Susane Campos Mota Angelim<sup>(1)</sup>**

Engenheira civil da empresa Saneamento de Goiás S/A - SANEAGO. Mestranda em Engenharia do Meio Ambiente, PPGEMA, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG.

**Paulo Sérgio Scalize**

Professor Adjunto da Escola de Engenharia Civil e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás.

**Mauro Roberto Felizatto**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU, 1985). Mestre (UnB, 2000) e Doutorando em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (Engenharia Civil e Ambiental) pela Universidade de Brasília. Analista de Sistema de Saneamento III (Engº Sênior) da CAESB, atualmente Coordenador de Operação do Sistema Alagado, Santa Maria e Gama. Professor Assistente no Centro Universitário/Escola de Engenharia nos cursos de Engenharia Civil e Mecânica da Universidade do Distrito Federal (UDF).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Fued José Sebba nº 1245 - Jardim Goiás - Goiânia - GO - CEP: 74805-100 - Brasil - Tel: +55 (62) 3243-3413 - e-mail: [susane2008@gmail.com](mailto:susane2008@gmail.com)

### **RESUMO**

O lançamento dos resíduos de Estações de Tratamento de Água (ETAs) em Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) é um método de disposição bastante atraente, visto que elimina a implantação de sistemas de tratamento de resíduos nas ETAs. Em pesquisa desenvolvida na cidade de Piracanjuba - GO, o resíduo de descarga do decantador da ETA foi lançado na lagoa de estabilização do tipo facultativa primária da ETE, onde foram monitorados os volumes de lodo de fundo antes e após o lançamento do resíduo. Foram utilizadas taxas de aplicação médias de 9 e 21 kg ST/d. Após a medição do volume de lodo acumulado na lagoa, concluiu-se que o mesmo tinha boas condições de sedimentabilidade e não houve influência significativa no volume líquido útil disponível para o tratamento. Atribuiu-se este comportamento ao efeito de empacotamento do lodo de fundo da lagoa pelo lodo da ETA devido à pequena dimensão das partículas deste. Assim, quanto ao acúmulo de lodo, os resultados indicam que o lançamento do lodo da ETA na lagoa facultativa constitui um método de disposição viável para este tipo de resíduo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lagoa Facultativa, Lodo de ETA, Resíduo de ETA, Acúmulo de Lodo.

### **INTRODUÇÃO**

Em sistemas de ciclo completo (coagulação, floculação, decantação e filtração) os resíduos têm origem na descarga dos decantadores, na lavagem dos filtros e na lavagem dos tanques de preparação de soluções e suspensões de produtos químicos, estes em menor quantidade (CORDEIRO, 1999).

No cenário atual brasileiro os resíduos de ETAs têm sido geralmente dispostos diretamente nos cursos d'água sem qualquer tipo de tratamento. Além do impacto ambiental, tais resíduos podem causar riscos à saúde humana devido à presença de agentes patogênicos e metais pesados (SCALIZE; DI BERNARDO, 1999), o que requer a busca de soluções para disposição adequada visando atender à legislação vigente.

O lançamento dos resíduos de ETAs em ETEs é um método de disposição bastante atraente, visto que elimina a implantação de sistemas de tratamento de resíduos nas ETAs. O transporte dos resíduos pode ser feito via rede coletora de esgoto, através de sistemas de recalques, ou através de caminhões-tanque, sendo que a mais utilizada é o lançamento na rede coletora de esgoto, pois é a mais econômica. Um dos fatores que determina o modo pelo qual os resíduos de uma ETA serão lançados na ETE é a distância entre elas (SCALIZE, 2003).

Os impactos dos resíduos da ETA na ETE estão relacionados à sobrecarga no sistema de transporte e, principalmente, aos efeitos no tratamento do esgoto. Segundo Carvalho (2000), a quantidade de resíduo de ETA introduzida na ETE possivelmente não provocará sobrecarga hidráulica, visto que o percentual volumétrico no esgoto é de, no máximo, 7%.

Além desse fator, para se evitar possíveis interferências no desempenho das ETEs e na disposição de seu lodo, devem ser avaliados: sobrecargas orgânicas, de sólidos e tóxicos; separação sólido-líquido; processos biológicos de tratamento; espessamento, desidratação e disposição final do lodo de ETEs (SCALIZE, 2003).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os resultados do monitoramento da altura da camada do lodo de fundo da lagoa de estabilização do tipo facultativa primária da ETE Piracanjuba - GO, operando em escala real, após dois períodos de lançamento do resíduo de descarga do decantador da ETA de ciclo completo de Piracanjuba.

Tem-se como objetivo específico verificar a possível interferência do lançamento do lodo da ETA na altura líquida útil da lagoa, comparando-se a variação do volume de lodo na lagoa facultativa após a introdução do resíduo da ETA (lagoa de teste) com a variação da altura de lodo na lagoa facultativa sem introdução do lodo da ETA (lagoa de referência).

Trata-se de resultados parciais de uma extensa campanha experimental, incluindo ensaios de campo e de laboratório, no âmbito de uma dissertação de mestrado em desenvolvimento, que avalia os efeitos do lançamento do resíduo de descarga do decantador da ETA Piracanjuba na lagoa facultativa primária quanto à produção de lodo e à qualidade do efluente tratado.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Descrição da ETA e da ETE**

A ETA e a ETE do estudo situam-se no município de Piracanjuba - GO, a cerca de 80 km a sul de Goiânia, nas bacias dos rios Piracanjuba e Meia Ponte, afluentes do rio Paranaíba, grande bacia do rio Paraná.

A ETA Piracanjuba (7° 18' 37,09" S de latitude e 49° 01' 25,22" W de longitude) é composta de floculador hidráulico, decantador convencional e dois filtros rápidos de fluxo descendente. O coagulante utilizado é o sulfato de alumínio. A limpeza do decantador é do tipo manual. A vazão operacional varia de 40 a 60 L/s, atendendo a uma população da ordem de 18 mil habitantes.

A ETE (17° 17' 49,20" S de latitude e 49° 00' 43,81" W de longitude) localiza-se a 1,5 km da ETA, atende cerca de 11 mil habitantes e opera com a vazão média de 15 L/s. O sistema é composto por tratamento preliminar, três lagoas facultativas em paralelo e três lagoas de maturação em série.

As lagoas de teste e de referência apresentam configurações semelhantes quanto às dimensões, dispositivos de entrada e saída, vazões e tempo de operação.

### **Coleta do lodo da ETA e aplicação na ETE**

Foram feitas duas coletas de aproximadamente 45 m<sup>3</sup> de lodo da ETA, uma para cada fase de aplicação. O lodo foi coletado durante a limpeza do decantador. Baixou-se o nível d'água no decantador até a altura de aproximadamente 0,80 cm, abrindo-se a descarga de fundo. Efetivou-se a sucção por meio de dois caminhões-tanques com sucção a vácuo, capacidades de 7 m<sup>3</sup> e 8 m<sup>3</sup>, acionados simultaneamente, posicionando-se os mangotes em diferentes pontos, como pode ser visto na Figura 1. Carregou-se 4 tanques com o lodo coletado: um de 9 m<sup>3</sup> (tanque 1), um de 10 m<sup>3</sup> (tanque 2) e dois de 15 m<sup>3</sup> (tanques 3 e 4).

A aplicação do resíduo do decantador foi feita diretamente na lagoa de teste pelos tanques 1 e 2, com escoamento por gravidade, como mostra a Figura 2. O ponto de aplicação foi a caixa de passagem de esgoto, donde sai a tubulação de entrada na lagoa. Como há três entradas equidistantes entre si, a cada dia alternou-se a

caixa de aplicação, sempre na mesma sequência. As aplicações diárias foram realizadas em horário padronizado entre 9 h e 10 h da manhã.

Os volumes diários variaram de 0,5 m<sup>3</sup> a 1,2 m<sup>3</sup>. Na primeira fase a carga de sólidos diária média foi de 9 kg ST (39 dias) e na segunda fase foi de 21 kg ST (70 dias). Totalizou-se 109 dias de aplicação.



**Figura 1: Coleta do resíduo do decantador por meio de caminhões com sucção a vácuo.**



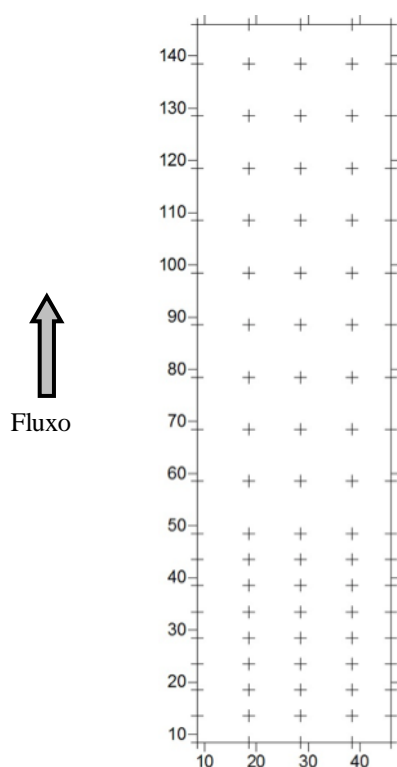
**Figura 2: Aplicação do resíduo na lagoa - Tanque e mangote (à esquerda) e detalhe da caixa de entrada (à direita).**

### Medição da altura do lodo

Para medição do lodo das lagoas facultativas de teste e de referência utilizou-se o aparelho *Sludge Depth Meter*, de origem canadense. O aparelho consiste de uma pistola dotada de cabo com sensor óptico na extremidade, que emite som em ambiente com elevada concentração de sólidos.

A primeira medição, previamente ao lançamento do resíduo da ETA, foi realizada nos dias 07 e 08/10/11.

As lagoas foram demarcadas em seções batimétricas ao longo do comprimento. No primeiro terço a partir da entrada de cada lagoa as seções foram demarcadas a cada 5 m, supondo um maior acúmulo de lodo próximo à entrada, e a partir daí a cada 10 m. Em cada seção transversal foi posicionada uma corda de nylon com as marcações dos pontos de medição a cada 10 m ao longo da largura, finalizando a última com 7,5 m. Tomou-se o cuidado de que nenhum dos pontos de medição fosse locado sobre o talude. A malha com a locação dos 95 pontos levantados em cada lagoa é apresentada na Figura 3.



**Figura 3: Malha de locação dos pontos da batimetria das lagoas de teste e de referência (os eixos referem-se à distância, em metro, em relação ao canto inferior esquerdo de cada lagoa).**

O deslocamento dentro das lagoas foi feito por meio de canoa. As profundidades do lodo foram medidas no cabo da própria pistola após emissão do som. Em cada ponto também foi feita a medição da profundidade da lagoa com o uso de tubo PVC DN 50mm, graduado, deduzindo-se então as alturas de lodo. O procedimento de medição é demonstrado na Figura 4.



**Figura 4: Operação de medição das alturas de lodo.**

Após o período de lançamento do resíduo, no dia 22/06/12, foi realizada outra medição de lodo nas lagoas facultativas de teste e de referência na mesma malha de pontos da primeira medição para avaliação do acúmulo do lodo de fundo.

## CARACTERÍSTICAS DO RESÍDUO APLICADO

O resíduo do decantador da ETA Piracanjuba possui teor de sólidos totais dentro da faixa usual de literatura, de 1.000 a 20.000 mg/L, sendo que esta referência pode alcançar limites da ordem de 40.000 mg/L para decantadores convencionais de limpeza manual, cuja frequência ocorre a cada 3 ou 4 meses (CORDEIRO, 1999; REALI, 1999).

Embora os índices de DQO e NTK do resíduo do decantador não sejam desprezíveis, trata-se de um lodo mineralizado, com relações STV/ST abaixo de 25%, e baixo teor do nutriente fósforo.

As características do lodo da ETA são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Características do lodo da ETA Piracanjuba.**

Data	Amostra	ST (%)	pH	Condutividade (µS/cm)	DQO (mgO <sub>2</sub> /L)	NTK (mg/L)	Fósforo total (g/Kg bs)
11/09/11	1	0,8	6,84	95,4	2.553,3	-	0,8
11/09/11	2	1,3	7,03	95,5	3.847,0	-	1,4
11/09/11	3	-	-	-	-	76,00	-
11/09/11	4	3,5	6,78	21,5	6.586,6	-	1,7
21/11/11	5	1,9	-	-	-	-	-
07/12/11	6	2,3	-	-	-	-	-
11/03/12	7	2,4	6,58	-	4.100	23,52	1,6
11/03/12	8	4,4	6,71	-	5.500	36,96	1,4
19/03/12	9	-	-	-	-	64,4	-
15/04/12	10	2,0	7,14	-	-	-	-
15/04/12	11	4,8	7,38	-	-	-	-
15/04/12	12	-	-	-	-	18,40	-
17/05/12	13	2,8	6,83	299	-	5,80	2,8
17/05/12	14	3,1	6,85	272	-	6,00	1,8
04/06/12	15	-	-	-	-	84,0	-

## RESULTADOS

Os resultados da medição do lodo das lagoas facultativas de teste e de referência antes e depois do lançamento do resíduo da ETA são mostrados nas Figura 5 a 8. Tais representações gráficas foram geradas pelo programa *Surfer 8.0* por modelagem matemática.

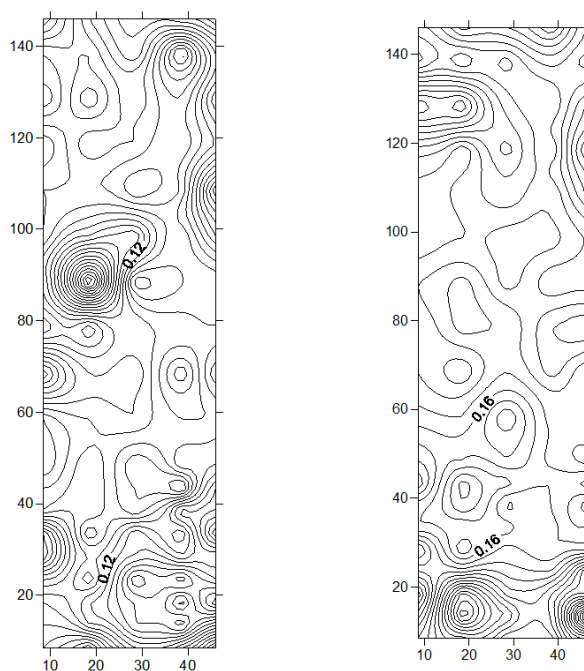


Figura 5: Curvas de níveis de lodo da lagoa de teste - antes (à esquerda.) e depois (à direita).

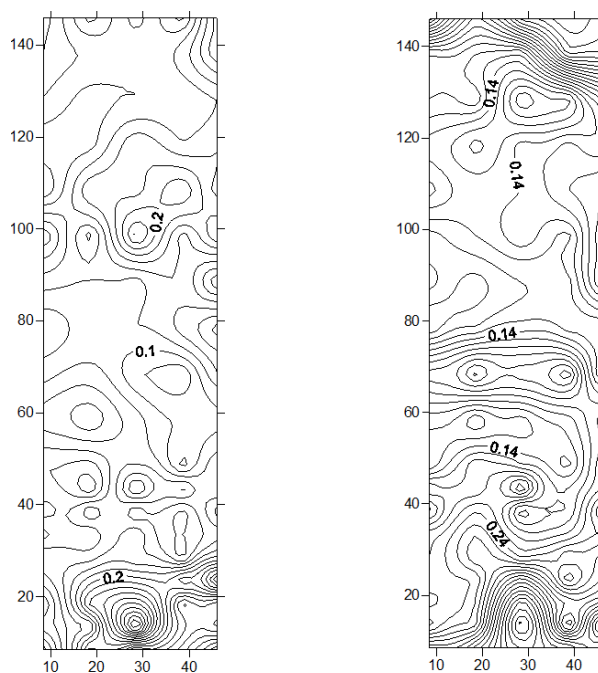
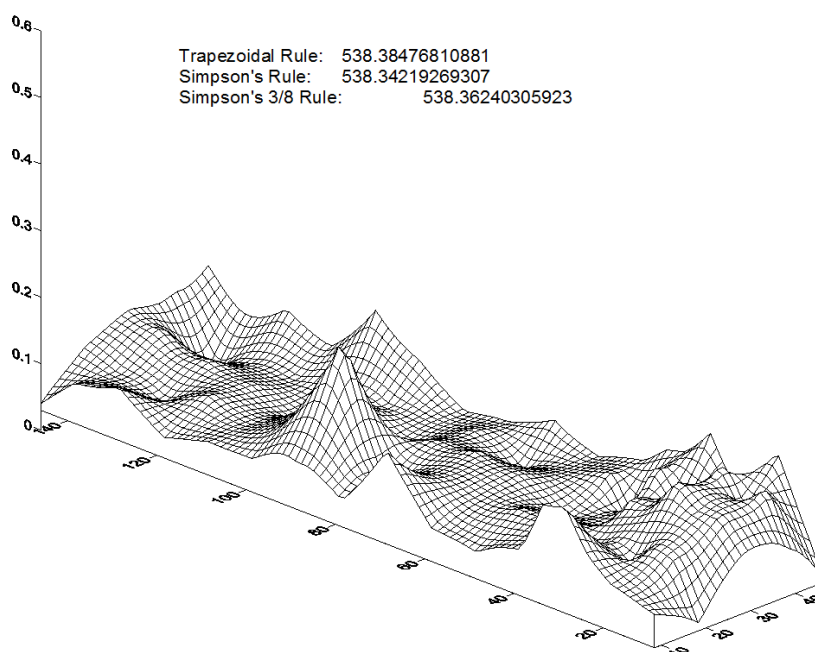
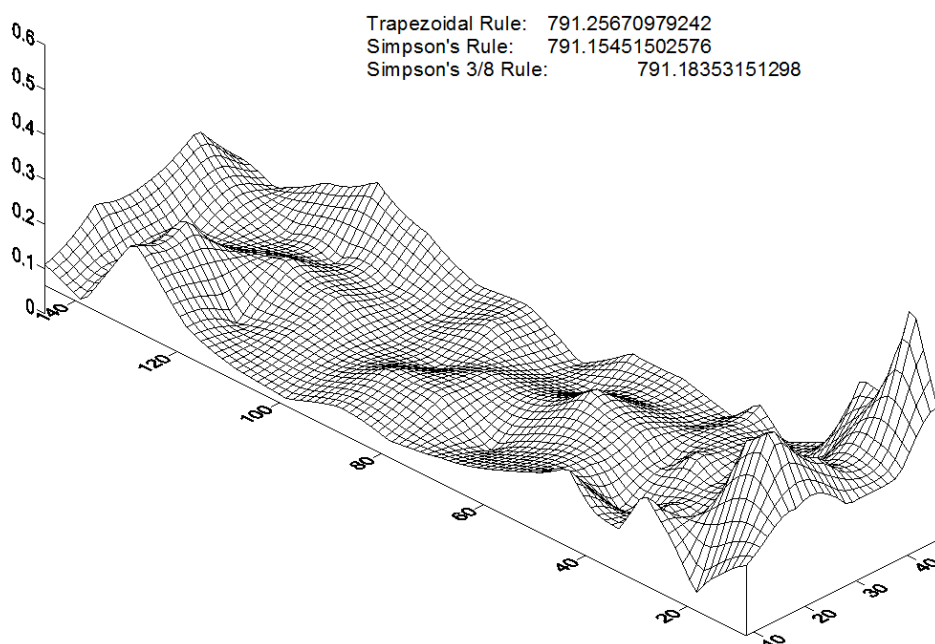


Figura 6: Curvas de níveis de lodo da lagoa de referência - antes (à esquerda.) e depois (à direita).



**Figura 7: Superfície de lodo da lagoa de teste (antes).**



**Figura 8: Superfície de lodo da lagoa de teste (depois).**

As alturas médias de lodo nas lagoas de teste e de referência antes do período de estudo foram de 11 cm e 14 cm, respectivamente, enquanto os volumes foram de 538,4 m<sup>3</sup> e 723,5 m<sup>3</sup>. Para a situação posterior ao lançamento do lodo da ETA, os volumes foram de 791,3 m<sup>3</sup> e 984,5 m<sup>3</sup> para as lagoas de teste e de referência, respectivamente, com alturas médias de 17 cm e 22 cm. Os volumes relativamente baixos são compatíveis com o tempo de funcionamento da ETE, de aproximadamente 3 anos, e com o período de estudo.

No final do período de estudo, a lagoa de teste apresentou um volume de lodo acumulado de 5% do seu volume útil (aproximadamente 16.000 m<sup>3</sup>), no entanto este aumento não afetou o funcionamento hidráulico da lagoa.

De modo geral, o lodo mostrou-se discretamente mais concentrado próximo ao eixo das lagoas e aos pontos de saída. Alguma movimentação da massa de lodo de uma medição para outra também pode ser observada nas lagoas de teste e de referência, já que se trata de um lodo jovem e pouco denso, o que pode ser constatado pela facilidade de se atingir o fundo das lagoas com a haste de PVC durante a batimetria.

Em primeira análise, seria esperado que o volume de lodo acumulado na lagoa de teste fosse superior ao da lagoa de referência, devido à carga de sólidos adicional do lodo da ETA e seu possível potencial de floculação/sedimentação pela presença hidróxidos de alumínio na sua composição, além do volume de lodo gerado pela própria lagoa. Entretanto, o acréscimo de lodo durante o período de estudo na lagoa de teste (253 m<sup>3</sup>) foi praticamente igual ao da lagoa de referência (261 m<sup>3</sup>), que não recebeu carga de lodo de ETA. Isso evidencia que o lançamento do lodo da ETA na lagoa teste não influenciou no seu acúmulo de lodo de fundo.

Levando-se em consideração as pequenas dimensões das partículas sólidas do lodo de ETA, na faixa granulométrica de silte e argila, é provável que tenha ocorrido apenas um melhor empacotamento do material, onde estas partículas ocuparam os espaços vazios da massa de lodo da própria lagoa.

Assim, as cargas do resíduo da ETA aplicadas (9 e 21 kg ST/d) parecem não interferir no volume útil líquido da lagoa de estabilização e podem ainda beneficiar o desempenho do tratamento na remoção de cargas residuais, dada à sua capacidade de sorção para a remoção de nutrientes e metais pesados, conforme já constatado em pesquisas (GEORDANTAS e GRIGOROPOULOU, 2005; MENDES et al., 2012).

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que a aplicação do lodo de ETA em lagoas de estabilização, para taxas de aplicação de 9 e 21 kg ST/d, parece não ter influência significativa no volume útil líquido das lagoas. Atribuiu-se este comportamento ao possível efeito de empacotamento do lodo de fundo da lagoa pelas partículas sólidas de pequenas dimensões do lodo da ETA, que devido à sua capacidade de sorção pode até auxiliar na remoção de poluentes de maior dificuldade de remoção em lagoas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, E. H. Disposição dos resíduos gerados nas estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto com decantação primária. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000. Tese (Doutorado). 224p.
2. CORDEIRO, J. S. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Realí, M. A. P. (coord). Rio de Janeiro: ABES, PROSAB, 1999. p.1-19.
3. GEORDANTAS D., GRIGOROPOULOU H. *Phosphorus removal from synthetic and municipal wastewater using spent alum sludge*. *Water Science Technology*, **52**, 2005. 525-532.
4. MENDES C., ALBUQUERQUE A., SOARES L., SCALIZE P. *Heavy metals removal using water treatment sludge*. In: *11<sup>th</sup> Edition Italian-Brazilian Symposium of Sanitary and Environmental Engineering (SIDISA 2012)*, 26-29 June 2012, Milan, Italy.
5. REALI, M. A. P. Principais características quantitativas e qualitativas do lodo de ETAs. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Realí, M. A. P. (coord). Rio de Janeiro: ABES, PROSAB, 1999. p. 20-39.
6. SCALIZE P. S., DI BERNARDO L. Caracterização da água de lavagem dos filtros rápidos de estações de tratamento de água e dos sobrenadantes e sedimentos após ensaios de clarificação utilizando polímero aniônico. Anais do 20. Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro: ABES, 1999. ref. II-023.
7. SCALIZE, P. S. Disposição de resíduos gerados em estações de tratamento de água em estações de tratamento de esgoto. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003. Tese (Doutorado). 146p.