



## PARÂMETROS OPERACIONAIS DA “PRENSA-PARAFUSO” NO DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETE

### **Clauber Sayeg**<sup>(1)</sup>

Eng.º Civil pela EESC -USP, Especialista em Engenharia de Saneamento Básico pela FSP-USP, Eng.º Civil e Sanitarista da Logos Engenharia S.A.

### **Marcelo Kenji Miki**

Eng.º Civil pela EPUSP, Mestre pela EPUSP pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária.

### **Pedro Além Sobrinho**

Professor Titular do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

### **Marco Antônio Silva de Oliveira**

Bel. em Química com Atribuições Tecnológicas pela UNISANTA – Santos/SP, Especialista em Engenharia de Saneamento Básico pela FSP-USP, Químico e Gerente da Divisão de Controle Sanitário da Baixada Santista da SABESP/RSOC.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Gonçalves Dias, nº. 305, Belenzinho, São Paulo - SP, tel. (11) 6693-5758, e-mail: clauber.sayeg@logoseng.com.br

## **RESUMO**

Este trabalho investigou os parâmetros operacionais do equipamento “prensa-parafuso” para dois tipos de lodos de ETEs, sendo um lodo digerido anaeróbio e um lodo proveniente de sistema por batelada. Este trabalho foi desenvolvido em uma unidade móvel e acompanhado através da coleta de amostras para a realização de ensaios laboratoriais.

A operação do equipamento apresentou resultados interessantes em termos de teor de sólidos da torta e captura de sólidos no filtrado, devendo ser mais uma alternativa a ser levantada nos estudos técnicos e econômicos para a escolha de equipamentos de desaguamento de lodos de ETEs.

**PALAVRAS-CHAVE:** lodo de ETE, desaguamento, desidratação.

## **INTRODUÇÃO**

A fase sólida numa ETE apresenta uma elevada importância no processo, pois conforme SPELLMAN (1997) apud VESILIND (1980) representa 40% dos custos de implantação, 50% dos custos de operação e 90% dos problemas operacionais.

Tendo em vista esta importância, torna-se interessante a investigação de novas tecnologias de tratamento do lodo e, em especial atenção, o desaguamento de lodos.

Uma tecnologia emergente no desaguamento mecânico de lodos é o equipamento denominado “prensa parafuso”, tornando-se mais uma opção para projetistas e operadores de ETEs.

Assim como as centrífugas, a “prensa parafuso” apresenta uma operação contínua e não em batelada como o filtro-prensa de placas.

### **1 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é a obtenção de parâmetros operacionais do equipamento denominado “Prensa-Parafuso”, que é uma tecnologia emergente no desaguamento mecânico de lodo de ETE, e realizar uma avaliação crítica desta tecnologia em confronto com outras existentes no mercado.



## 2 Metodologia

### 2.1 Equipamento Piloto de desaguamento mecânico de lodo

Para a obtenção dos parâmetros operacionais da “prensa-parafuso” foi utilizada uma unidade piloto montada em container, com as seguintes características:

- 01 “prensa-parafuso” modelo CONTIPRESS ISGK III 0205 / Andritz Filtration com tanque de floculação (P = 1,30 KW);
- 01 sistema de preparo de políeletrólito consistindo de 2 tanques de 135 litros com agitador (P = 2 motores de 1,1 KW);
- 01 reservatório de lodo com 1700 litros com agitador (P = 1,1 KW);
- 01 reservatório para água com 800 litros;
- 01 bomba “NEMO” de alimentação do lodo com inv. de frequência (P = 0,75 KW);
- 01 bomba “NEMO” de políeletrólito com inv. de frequência (P = 0,55 KW);
- 01 bomba centrífuga para água de lavagem (P = 0,75 KW);
- Quadro elétrico programável.

Na figura 1 pode-se visualizar uma foto da unidade piloto utilizado para a execução dos testes.



**Figura 1: Unidade Piloto de “Prensa-Parafuso” utilizada nos testes**

### 2.2 Lodos testados

Os ensaios foram realizados com diferentes tipos de lodos, a seguir descritos:

- lodo da ETE Bichoró, em Mongaguá/SP, com sistema de lodos ativados por batelada, modalidade aeração prolongada, com lodo proveniente do tanque de adensamento;
- lodo proveniente da ETE Suzano, na Região Metropolitana de São Paulo, com sistema de lodos ativados convencional e digestão anaeróbia do lodo.

### 2.3 Polímeros utilizados para o condicionamento do lodo

Os polímeros utilizados no condicionamento químico do lodo foram previamente avaliados em laboratório, após uma seleção baseada na experiência operacional em outros equipamentos de desaguamento com diferentes lodos de ETES. Os polímeros utilizados estão relacionados a seguir na Tabela 1.

Polímeros				
Denominação	Fornecedor	Aplicação Recomendada	Forma	Carga
Zetag 8660	Ciba	Lodo de ETE	Pó branco granulado	Catiônico
Magnafloc LT22	Ciba	Lodo de ETE	Pó branco granulado	Catiônico

**Tabela 1: Polímeros utilizados para a execução dos testes**



## 2.4 Estabelecimento da Rotina de Investigação

Os testes de desaguamento na prensa-parafuso seguiram a seguinte rotina de investigação:

- seleção dos polímeros a serem utilizados, através de testes prévios laboratoriais;
- estabelecimento de uma dosagem inicial de polímeros para os ensaios, baseado nos testes laboratoriais;
- estabelecimento de uma carga de sólidos de lodo na alimentação da prensa parafuso, que deveria ser feita em função da pressão de entrada no prensa parafuso. A pressão de ajuste operacional era de 0,15 bar. Na prática operacional, estabelecia-se a máxima carga de sólidos de entrada, sem prejuízo visual da qualidade da torta e/ou qualidade visual do filtrado;
- ajuste das condições operacionais do equipamento;
- coleta de amostras após 30 minutos do estabelecimento da condição operacional;
- alteração da condição do ensaio (vazão de alimentação de lodo ou tipo de polímero ou vazão da bomba dosadora de polímero), de modo checar ganhos de desempenho (teor de sólidos na torta e/ou perda de sólidos no filtrado);
- nova coleta de amostra após 30 minutos do estabelecimento da condição operacional, e assim sucessivamente.

## 2.5 Ensaios de caracterização realizados

Foram realizadas as seguintes análises para as amostras coletadas:

- Série de sólidos totais composta de sólidos totais, fixos e voláteis para as amostras de lodo bruto;
- Sólidos totais e sólidos em suspensão totais do clarificado;
- Teor de sólidos da torta;
- Massa específica da torta.

## 2.6 Determinação da captura de sólidos

A captura de sólidos foi calculada de 02 formas distintas:

Fórmula 01:

$$\text{Captura (\%)} = \frac{(\text{ST da torta}) \times (\text{ST do Lodo de Entrada} - \text{SST do Filtrado})}{(\text{ST do Lodo de Entrada}) \times (\text{ST da Torta} - \text{SST do Filtrado})}$$

**Fonte:** WATER ENVIRONMENT RESEARCH FOUNDATION (1996)

Fórmula 02:

Estabelecida através do conceito de captura de sólidos:

$$\text{Captura (\%)} = \left( 1 - \frac{Q_{\text{clar}} \times T_{\text{Sclar}}}{Q_{\text{lodo}} \times T_{\text{Slodo}}} \right) \times 100$$

- onde:
- Captura = captura de sólidos (%).
  - $Q_{\text{lodo}}$  = vazão de lodo (L/h);
  - $Q_{\text{clar}}$  = vazão de clarificado (L/h);
  - $T_{\text{Slodo}}$  = teor de sólidos do lodo (%);
  - $T_{\text{Sclar}}$  = teor de sólidos do clarificado (%).

Para a determinação da Vazão de Clarificado ( $Q_{\text{clar}}$ ) torna-se necessário à resolução de um sistema de 2 equações e 2 incógnitas.

Da Equação da Continuidade obtemos:

$$Q_{\text{lodo}} \times (\rho_l/\rho_a) + Q_{\text{pol}} \times (\rho_p/\rho_a) = Q_{\text{clar}} \times (\rho_c/\rho_a) + F_t \times (\rho_t/\rho_a) \quad (\text{equação I})$$

- onde:  $F_t$  = fluxo de torta (L/h);



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

$Q_{pol}$  = vazão da solução de polímero (L/h);  
 $\rho_p$  = massa específica da solução de polímero (adotado 1,0 Kg/L);  
 $\rho_a$  = massa específica da água (1,0 Kg/L);  
 $\rho_c$  = massa específica do clarificado (adotado 1,0 Kg/L);  
 $\rho_l$  = massa específica do lodo adensado (adotado 1,0 Kg/L);  
 $\rho_t$  = massa específica da torta (Kg/L).

$$Logo, \quad Q_{lodo} + Q_{pol} = Q_{clar} + Ft \times \rho_t \quad (\text{equação II})$$

Da Conservação de Massa obtemos:

$$Q_{lodo} \times TS_{lodo} = Q_{clar} \times TS_{clar} + Ft \times TSt \times \rho_t \quad (\text{equação III})$$

onde:  $TSt$  = teor de sólidos da torta (%);

Obs: Considerou-se na equação acima a massa de polímero desprezível.

Resolvendo o sistema entre as equações II e III, com as variáveis  $Q_{lodo}$ ,  $\rho_t$ ,  $TS_{lodo}$ ,  $TS_{clar}$  e  $TSt$  obtidas nos ensaios de campo, obtêm-se a  $Q_{clar}$  e o  $Ft$  através das seguintes equações:

$$Q_{clar} = \frac{Q_{lodo} \times (TSt - TS_{lodo}) + Q_{pol} \times TSt}{(TSt - TS_{clar})} \quad (\text{equação IV})$$

$$Ft = \frac{Q_{lodo} \times (TS_{lodo} - TS_{clar}) - Q_{pol} \times TS_{clar}}{(TSt - TS_{clar}) \times \rho_t} \quad (\text{equação V})$$

e pode-se determinar a Captura dos Sólidos no processo (fórmula 02).

### 3 Resultados obtidos

#### 3.1 Resultados com Lodos de ETE

A Tabela 3.1.1 mostra os resultados referentes aos testes realizados com o lodo da ETE Bichoró.

Nº da Amostra	Q lodo (L/h)	Q polímero (L/h)	Polímero	Dosagem de Polímero (kg/ton)	Dosagem de FeCl <sub>3</sub> (%)	Lodo			Filtrado		Torta		Captura de Sól. (%) Form 1	Captura de Sól. (%) Form 2
						Teor de Sólidos (%)	STF (mg/L)	STF/ST (%)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	Teor de Sólidos (%)	Massa Específica (kg/L)		
B2	300	65	8660	11,0	-----	3,16	12.375	39%	49	836	23,3	1,01	99,86	97,13
B3	300	55	8660	9,0	-----	3,25	12.691	39%	54	846	24,6	1,05	99,86	97,25
B4	300	45	8660	7,3	-----	3,27	12.662	39%	72	798	22,6	1,03	99,81	97,54
B5	300	75	8660	12,8	-----	3,12	12.481	40%	56	842	23,1	1,02	99,85	96,98
B7	300	65	LT22	11,1	-----	3,12	12.419	40%	24	783	21,4	1,04	99,93	97,30
B8	300	75	LT22	12,7	-----	3,16	11.968	38%	42	786	21,2	1,02	99,89	97,25
B9	300	55	LT22	9,4	-----	3,13	12.368	39%	833	1868	22,6	0,96	97,70	93,72
B10	300	80	LT22	13,9	-----	3,07	11.947	39%	16	404	23,9	0,96	99,95	98,50
B11	300	60	LT22	9,9	-----	3,23	12.395	38%	32	770	29,4	1,02	99,91	97,39

**Tabela 3.1.1: Resultados dos testes realizados com o lodo da ETE Bichoró**

A Tabela 3.1.2 mostra os resultados referentes aos testes realizados com o lodo da ETE Suzano.

Nº da Amostra	Q lodo (L/h)	Q polímero (L/h)	Polímero	Dosagem de Polímero (kg/ton)	Dosagem de FeCl <sub>3</sub> (%)	Lodo			Filtrado		Torta		Captura de Sól. (%) Form 1	Captura de Sól. (%) Form 2
						Teor de Sólidos (%)	STF (mg/L)	STF/ST (%)	SST (mg/L)	ST (mg/L)	Teor de Sólidos (%)	Massa Específica (kg/L)		
B12	450	25	8660	4,4	-----	2,0	8.833	44%	42	1142	25,8	1,15	99,81%	94,41
B13	450	35	8660	6,5	-----	1,9	9.553	50%	42	1081	29,9	1,10	99,80%	94,28
B14	450	50	8660	9,1	-----	2,0	9.470	48%	125	1166	31,2	1,10	99,40%	93,73
B15	450	55	8660	9,1	-----	2,1	9.755	46%	150	1149	40,2	1,13	99,34%	94,25
B16	450	40	8660	7,2	-----	2,0	9.429	48%	125	1210	40,5	1,07	99,40%	93,63
C17	400	55	8660	5,5	2,9	4,0	22.437	56%	124	1564	33,1	1,10	99,73%	96,03
C18	400	50	8660	5,2	3,1	3,8	20.882	54%	126	1902	39,7	1,12	99,70%	94,87
C19	400	45	8660	5,0	3,2	3,6	18.843	52%	44	1606	28,6	1,16	99,89%	95,61
C20	400	40	8660	4,6	3,4	3,5	17.472	51%	50	1737	28,1	1,18	99,87%	95,06
C21	400	65	8660	7,5	3,4	3,5	17.974	52%	48	1681	42,1	1,06	99,87%	94,72

**Tabela 3.1.2: Resultados dos testes realizados com o lodo da ETE Suzano**



## 4 Discussão dos resultados

### 4.1 Resultados com o Lodo da ETE Bichoró

O Teor de Sólidos da Torta com o Polímero 8660 variou de 23,1% a 24,6%, ou seja, o teor de sólidos permaneceu o mesmo independente da variação na dosagem de polímero, que variou significativamente de 7,3 a 12,8 kg/ton.

Quanto à captura de sólidos, esta também se demonstrou constante em função da dosagem de polímero. A captura foi por volta de 99,84% (fórmula 01) e de 97,23% (fórmula 02).

Desta forma podemos estabelecer como a condição ótima à estabelecida pelo ensaio com menor dosagem de polímero.

Para o lodo da ETE Bichoró a condição ótima do equipamento foi a realizada no teste B.4, conforme tabela 4.1.1.

<b>Dosagem de Polímero</b>	7,3 kg/ton
<b>Teor de Sólidos do Lodo de Entrada</b>	3,3 %
<b>Relação STF/ST do Lodo de Entrada</b>	39%
<b>ST do Filtrado</b>	798 mg/L
<b>SST do Filtrado</b>	72 mg/L
<b>Teor de Sólidos da Torta</b>	22,6%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 1</b>	99,81%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 2</b>	97,54%

**Tabela 4.1.1: Condição Ótima para o Lodo da ETE Bichoró com o Polímero 8660.**

Nos testes do lodo da ETE Bichoró com o Polímero LT22, um dos resultados apresentou um teor de sólidos bem acima dos outros valores, que foi o referente ao teste B.11 com 29,4% de teor de sólidos na torta.

Desconsiderando o teste B.11, verificou-se o mesmo comportamento anterior de desempenho, onde a variação da dosagem de polímero não alterou significativamente a qualidade da torta e do filtrado. O teor de sólidos da torta variou de 21,2 % a 23,9% e a captura de sólidos de 97,70% a 99,95% (fórmula 01) e de 93,72% a 98,50% (fórmula 02), para uma variação significativa de dosagem de polímero de 9,4 a 13,9 kg/ton. Observa-se no ensaio B.9, com a menor dosagem de polímero, um aumento na perda de sólidos sem prejuízo das características da torta.

A primeira alternativa para a condição ótima com polímero LT22 seria a realizada no teste B.9, que apresentou a menor dosagem de polímero. No entanto como este teste apresentou uma captura mais baixa em relação aos outros ensaios, escolheu-se como condição ótima o teste com a dosagem logo acima desta dosagem mínima. Os resultados foram os referentes ao teste B.7 e estão apresentados na tabela 4.1.2.

<b>Dosagem de Polímero</b>	11,1 kg/ton
<b>Teor de Sólidos do Lodo de Entrada</b>	3,1 %
<b>Relação STF/ST do Lodo de Entrada</b>	40%
<b>ST do Filtrado</b>	783 mg/L
<b>SST do Filtrado</b>	24 mg/L
<b>Teor de Sólidos da Torta</b>	21,4%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 1</b>	99,93%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 2</b>	97,30%

**Tabela 4.1.2: Condição Ótima para o Lodo da ETE Bichoró com o Polímero LT22**

Comparando as condições ótimas entre o desempenho destes dois polímeros, verifica-se que o polímero 8660 apresenta um desempenho semelhante ao LT22 para uma dosagem de polímero bem mais baixa (em torno de 65%). Desta maneira o melhor polímero para este lodo seria o polímero 8660.

### 4.2 Resultados com o Lodo da ETE Suzano

Os resultados apresentados nos testes da ETE Suzano mostraram-se de difícil interpretação, não seguindo uma tendência clara no comportamento em termos de dosagem de produtos químicos e teor de sólidos.



## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

Os testes B.14 e B.15 apresentaram a mesma dosagem de produtos químicos e valores próximos de SST no filtrado, porém apresentaram teores de sólidos na torta de respectivamente 31,2% e 40,2%, ou seja, uma variação significativa de 29% entre estes dois valores.

Os resultados de SST no filtrado também apresentaram um comportamento imprevisível, pois nas dosagens mais baixas de polímero, os valores de SST também se apresentaram mais baixos (42 mg/L).

Como não foi possível traçar uma linha de tendência com estes dados, optou-se pela adoção de valores médios de todos os ensaios (sem cloreto férrico), o que resultou nos valores apresentados na tabela 4.2.1.

<b>Dosagem de Polímero</b>	7,3 kg/ton
<b>Teor de Sólidos do Lodo de Entrada</b>	2,0 %
<b>Relação STF/ST do Lodo de Entrada</b>	47%
<b>ST do Filtrado</b>	1150 mg/L
<b>SST do Filtrado</b>	97 mg/L
<b>Teor de Sólidos da Torta</b>	33,5%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 1</b>	99,55%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 2</b>	94,06%

**Tabela 4.2.1: Condição Ótima para o Lodo da ETE Suzano com o Polímero 8660**

Os dados referentes à introdução de cloreto férrico também apresentaram resultados que não permitiram constatar uma tendência de resultados. Sendo assim, optou-se por adotar os dados médios dos resultados obtidos, apresentados na tabela 4.2.2.

<b>Dosagem de Polímero</b>	5,6 kg/ton
<b>Dosagem de Cloreto Férrico</b>	3,2 %
<b>Teor de Sólidos do Lodo de Entrada</b>	3,7 %
<b>Relação STF/ST do Lodo de Entrada</b>	53%
<b>ST do Filtrado</b>	1698 mg/L
<b>SST do Filtrado</b>	78 mg/L
<b>Teor de Sólidos da Torta</b>	34,3%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 1</b>	99,81%
<b>Captura de Sólidos Fórmula 2</b>	95,26%

**Tabela 4.2.2: Condição Ótima para o Lodo da ETE Suzano com o Polímero 8660 e Cloreto Férrico**

### 4.3 Influência da Proporção STF/ST no teor de sólidos da torta

De acordo com SPELLMAN (1997), quanto maior a porcentagem de sólidos fixos no lodo, mais fácil será desidratar o lodo. Esta influência da proporção de STF/ST foi observada no comportamento do lodo da ETE Suzano (STF/ST = 47%, Torta = 33,5%, sem introdução de  $\text{FeCl}_3$ ) em relação ao do lodo da ETE Bichoró (STF/ST = 40%, Torta = 21,4%).

### 4.4 Influência da introdução de $\text{FeCl}_3$ no desempenho da prensa parafuso

Observa-se que a introdução de  $\text{FeCl}_3$ , com uma dosagem por volta de 3% no condicionamento do lodo da ETE Suzano, não contribuiu significativamente para o aumento no teor de sólidos final da torta, que foi de 33,5% (sem cloreto férrico) para 34,3% (com cloreto férrico). Esta pequena variação nos resultados não pode ser atribuída à adição de cloreto férrico. A dosagem utilizada foi baseada na experiência em adição de  $\text{FeCl}_3$  em outros equipamentos de desaguamento com diferentes lodos de ETes.

### 4.5 Captura de sólidos

A captura de sólidos do equipamento foi analisada de forma indireta através dos resultados das análises laboratoriais das amostras coletadas, cujos parâmetros permitem a determinação da captura dos sólidos. Inicialmente optou-se pela determinação da captura através da utilização da expressão apresentada na publicação da WATER ENVIRONMENT RESEARCH FOUNDATION (1996).

A variação observada nos resultados da captura de sólidos dos ensaios realizados, calculados por esta fórmula, era muito pequena, com resultados em média de 99,9% para os lodos da ETE Bichoró (excetuando o ensaio B.9) e de 99,7% para os lodos da ETE Suzano. Os resultados demonstravam capturas extremamente elevadas,





## 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

quase sem perdas, no entanto, as análises visuais das amostras caracterizavam elevadas condições de captura, porém não próximas a 100%, e com variações da qualidade dos filtrados mais significativas.

Tendo em vista estas observações, optou-se em determinar a captura de sólidos efetuando-se um balanço de massa do processo, obtendo-se a captura através da fórmula 02 apresentada neste artigo. Esta fórmula apresentou resultados mais compatíveis com as análises visuais das amostras dos filtrados dos ensaios e com as expectativas de captura do equipamento.

### 4.6 Avaliação do Equipamento

Ao longo da execução dos testes observaram-se as seguintes características quanto ao equipamento:

- Boa captura de sólidos;
- Baixo consumo de energia elétrica;
- Facilidade operacional;
- Facilidade de manutenção;
- Baixo custo de manutenção devido à baixa rotação de trabalho do parafuso;
- Operação contínua;
- Baixíssimo nível de ruído;
- Não há geração de odores;
- Ambiente de trabalho limpo;
- Estabilidade operacional;
- Elevado consumo de polímero;
- Equipamento robusto.

Ressalta-se que o equipamento apresentou elevada estabilidade operacional quanto às características das tortas e dos filtrados (teor de sólidos e captura), mesmo com as elevadas variações de dosagens de polímeros ao longo dos testes. Na prática os operadores das estações não variam freqüentemente a dosagem do polímero, mas o teor de sólidos do lodo alimentado, por vezes, pode variar ao longo da operação, alterando conseqüentemente a dosagem do polímero e prejudicando o processo de desaguamento.

## 5 Conclusões / Recomendações

Os testes efetuados com o equipamento de desidratação Prensa Parafuso com os lodos de ETEs foram satisfatórios tecnicamente, apresentando boas condições de desidratação e captura de sólidos, assim como uma operação contínua, segura, silenciosa e limpa. Os resultados obtidos dependem das características do lodo bruto a ser desidratado, devendo sempre que possível ser realizados ensaios antes da escolha da tecnologia a ser utilizada.

Tanto para um lodo anaeróbio digerido quanto para um lodo de um sistema por batelada, a dosagem ótima de polímero foi de 7,3 kg/ton (base seca). Os valores de teores de sólidos da torta dos ensaios apresentaram bons resultados, que foi de 21,4% para o lodo de sistema por batelada e de 33,5% para lodo digerido anaerobiamente.

Com base nos resultados apresentados, recomenda-se inserir a prensa-parafuso no estudo de alternativas para a escolha do equipamento de desaguamento em ETEs.

Como outras recomendações de investigações com este equipamento de desaguamento de lodo, sugerimos a realização dos ensaios denominados “lado a lado” com a centrífuga de modo a levantar os parâmetros operacionais com o mesmo lodo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem: a Andritz Filtration, pela cessão e operação do equipamento móvel Conti-Press, através dos funcionários Idemilson Fritzke e Celso Salgueiro; a Ciba, pelo fornecimento de amostras de polímero, através do funcionário Ulisses Miron.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MIKI, M.K.; ANDRIGUETI, E.J.; ALÉM SOBRINHO, P. Tratamento da fase sólida em Estações de Tratamento de Esgotos. In: *Biossólidos na Agricultura*, SABESP/EPUSP/ESALQ/UNESP, 2001.
2. QASIM, S.R. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation*, Technomic Publication, 1999.
3. SPELLMAN, F.R. *Dewatering Biosolids*, Technomic Publishing, 1997.



23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

4. WATER ENVIRONMENT RESEARCH FOUNDATION. Operation of municipal wastewater treatment plants, Alexandria: WERF, 1996. / Manual of Practice – MOP 11.