

## I-312 - CLARIFICAÇÃO E ADENSAMENTO DE RESÍDUOS GERADOS EM ETA DE DUPLA FILTRAÇÃO COM O USO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS

### **Ana Christina Horner Silveira<sup>(1)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1993), Especialização em Saneamento Ambiental (2002) pela Universidade Federal do Tocantins. Mestre em Engenharia Ambiental (2014) pela Universidade Federal do Tocantins - UFT.

### **Sérgio Carlos Bernardo Queiroz**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IPH/UFRGS), Doutorando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) Ribeirão Preto-SP, Professor do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Tocantins – UFT.

### **Giulliano Guimaraes Silva**

Engenheiro Ambiental e Mestre em Ciências do Ambiente pela UFT, Doutorando em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) Ribeirão Preto-SP, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO).

### **Rafael Montanhini Soares de Oliveira**

Engenheiro Civil pela Universidade de Taubaté (UNITAU), mestre em Ciências Cartográficas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (FCT/UNESP) e doutor em Engenharia Química na área de Poluição, e preservação ambiental na Universidade Estadual de Maringá (UEM). Atualmente é professor do Curso de Engenharia Ambiental da UTFPR em Londrina-PR

### **Angela Di Bernardo Dantas**

Engenheira Civil com mestrado, doutorado e pós-doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC-USP). Profª Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) Ribeirão Preto-SP. Diretora da Hidrosan Engenharia

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Quadra 403 Sul Alameda 29 lote 32 QI 23 Palmas – TO CEP 77015-591 - e-mail: [anachristinasilveira@gmail.com](mailto:anachristinasilveira@gmail.com)

## **RESUMO**

Os resíduos gerados nas estações de tratamento de água requerem atenção especial, pois possuem grande potencial de poluição e contaminação, se forem lançados no meio ambiente sem o devido tratamento. A decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento e disposição destes resíduos depende fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. O presente trabalho teve como objetivo, caracterizar os resíduos gerados em uma ETA de dupla filtração, e por meio de ensaios de bancada, avaliar a eficiência da clarificação e do adensamento por gravidade dos resíduos com a aplicação de polímeros sintéticos. Os resultados demonstraram, que os resíduos da ETA de dupla filtração são similares aos resíduos gerados em filtros rápidos de ETAs de ciclo completo. O uso de polímeros mostrou-se eficiente no processo de clarificação dos resíduos da ETA, entretanto o adensamento por gravidade do lodo com os polímeros atingiu teor de sólidos máximo abaixo de 1%, o que pode inviabilizar o emprego na sequência do tratamento do lodo de algumas tecnologias mecânicas de desaguamento, como a centrífuga e o filtro prensa.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de ETA, Dupla Filtração, Água de Lavagem de Filtros.

## **INTRODUÇÃO**

Em seu estado natural, as águas superficiais apresentam inúmeras impurezas que podem causar prejuízos à saúde humana. As estações de tratamento de água (ETAs), tem como objetivo remover essas impurezas, produzindo água potável que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela portaria 2.914/11 do Ministério da saúde (Silveira, 2012).

O tratamento e disposição dos resíduos gerados em ETA's é um problema negligenciado no Brasil. Sem o tratamento adequado, estes resíduos são direcionados diretamente para os corpos d'água, causando graves

danos ambientais. Nas ETA's de ciclo completo, os resíduos são gerados nas etapas de decantação e filtração, sendo denominados de lodo de decantadores e de água de lavagem de filtros, respectivamente.

Apesar da tecnologia de ciclo completo ser a mais comumente encontrada no Brasil, tecnologias de menores custos de implantação e operacional, como a dupla filtração, se difundiram bastante no tratamento de águas eutrofizadas, com matéria orgânica natural e baixa turbidez. Diferente das ETA's de ciclo completo, a dupla filtração não possui as unidades de floculação e decantação, sendo que os resíduos gerados no tratamento são provenientes das descargas de fundo dos filtros ascendentes e das lavagens dos filtros ascendentes e descendentes.

Para Di Bernardo *et al.* (2012), os resíduos de ETA podem ter características diversas, pois a sua geração depende de diversos fatores (qualidade da água bruta, tecnologia de tratamento da ETA, dosagem de produtos químicos). Essas diferentes características dos resíduos dificultam a definição do melhor sistema de tratamento, pois interferem nos processos de adensamento, desaguamento e secagem do lodo.

Tendo em vista esta problemática, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar os resíduos gerados em uma ETA de dupla filtração, e por meio de ensaios de bancada, avaliar a eficiência da clarificação e do adensamento por gravidade dos resíduos com a aplicação de polímeros sintéticos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos ensaiados foram coletados em uma ETA de dupla filtração na cidade de Porto Nacional-TO, operada atualmente pela Odebrecht Ambiental / Saneatins. A ETA possui uma vazão média de 170 L/s e período de operação em torno de 18 h por dia, atendendo cerca de 43.017 habitantes. A água bruta é proveniente de represa, que apresenta ao longo do ano, baixos valores de turbidez (4 a 30 uT) e cor aparente (34 a 62 uH), características que possibilitam o emprego da dupla filtração. A ETA possui 10 módulos de filtração, cada um com 1 filtro ascendente de pedregulho (FAP) seguido de 1 filtro rápido descendente de areia (FRD). Os filtros operam com taxas de filtração constantes, com valores de 163 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d para os FAPs e de 122 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d para os FRDs.

### Coleta e caracterização dos resíduos

Para que a amostra coletada dos resíduos dos filtros fosse representativa, inicialmente foram levantados os dados operacionais da ETA no período de julho a setembro de 2013. Foram avaliados os dados de vazão e volume de água gastos nas lavagens, frequência de execução das descargas de fundo intermediárias (DFI's) e duração da carreira de filtração.

Após a análise dos dados operacionais, foi verificada que as durações médias das carreiras de filtração do FAP e FRD eram de 80 e 22 h para o FAP e FRD, respectivamente. Para definir o volume a ser coletado de resíduos, tomou-se como base a quantidade de lodo gerado durante a carreira de filtração completa do FAP (80 h). Neste período, as DFIs do FAP, lavagem do FAP e lavagem do FRD representaram 20, 22 e 58% do volume total de resíduos gerados, respectivamente. Considerando esta proporção de geração de resíduos e a obtenção de um volume total a ser preparado de 400 L para a execução dos ensaios de bancada com polímero, foram obtidas as seguintes amostras:

- DFIs do FAP (80L): coleta de amostras a cada 1 min, 8 amostras de 10,0 L.
- Lavagem do FAP (88L): coleta de amostras a cada 1 min, 11 amostras de 8,0 L.
- Lavagem do FRD (232 L): coleta de amostras a cada 1 min, 15 amostras de 15,5 L.

Cada amostra coletada de 1 em 1 minuto foi caracterizada em termos de turbidez. Em seguida, os resíduos foram todos misturados, para posterior realização dos ensaios de bancada. Tanto as amostras compostas individuais (80, 88 e 232 L), como a amostra composta final (400 L), foram devidamente caracterizadas de acordo com os parâmetros da tabela 1.

**Tabela 1: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas.**

PARÂMETROS	EQUIPAMENTO / TÉCNICA	METODOLOGIA
Cor aparente(uH)	Espectrofotômetro HACH DR5000	HACH(8025)
Manganês total(mg.L <sup>-1</sup> )	Espectrofotômetro HACH DR5000	HACH(8149)
Ferro Total (mg.L <sup>-1</sup> )	Espectrofotômetro HACH DR5000	HACH(8008)
Alumínio (mg.L <sup>-1</sup> )	Espectrofotômetro HACH DR5000	HACH(8009)
Turbidez(uT)	Turbidímetro HACH 2100N	APHA(2012)
Sólidos Suspensos(mg.L <sup>-1</sup> )	Sólidos secos a103-105°C;	APHA(2012)
pH	pHmetro ORION420A	APHA(2012)

### Ensaio de bancada com polímeros

Os ensaios de bancada com polímeros foram feitos em equipamento jarteste e cones Imhoff. Os parâmetros de controle utilizadas nos ensaios de jarteste foram: tempo de mistura rápida (60 s) e gradiente da mistura rápida (300 s<sup>-1</sup>). Foram testados três tipos de polímeros sintéticos (catiônico, aniônico e não iônico) de dois fornecedores para cada tipo de polímero (ver dados na tabela 2).

**Tabela 2: Dados dos polímeros utilizados nos ensaios.**

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO USADA NA PESQUISA
Catiônico - médio peso molecular – em emulsão	Catiônico A
Catiônico - médio peso molecular – granulado	Catiônico B
Aniônico - baixo peso molecular – em emulsão	Aniônico A
Aniônico - baixo peso molecular – granulado	Aniônico B
Não iônico - Em emulsão	Não Iônico A
Não iônico - Granulado	Não Iônico B

Em cada ensaio de jarteste, foram testadas as dosagens de polímero de 1, 2, 4, 6 e 8 mg polímero/gSST, e feita uma amostra controle sem polímero (denominada bruta). Os ensaios seguiram o roteiro descrito abaixo:

- 1 - Os jarros do equipamento (jarteste) foram preenchidos com a amostra composta do resíduo da ETA homogeneizado;
- 2 - Foram adicionadas as dosagens de polímero em cada jarro e realizada a mistura rápida (para os polímeros granulares, era preparada antes a emulsão);
- 3 - Logo após a mistura rápida, o volume de cada jarro era transferido cuidadosamente ao cone Imhoff;
- 4 - Após a transferência do volume do jarteste para o cone, iniciaram-se leituras de turbidez do sobrenadante (amostra da superfície do cone) e volume de lodo (mL) em função do tempo. Foram realizadas leituras a cada 5 min por 1 h.
- 5 - No final do ensaio, foi sifonado o sobrenadante do cone e caracterizado em termos de SST, metais, pH e turbidez.

Para encontrar a concentração de sólidos no lodo adensado no fundo do cone foi utilizado o cálculo das equações 1 e 2.

$$SST_{Lodo} = \frac{(SST_{aap} - SST_{sobren})}{V_{Lodo}} \quad \text{equação (1)}$$

$$TSólidos_{Lodo} = \frac{SST_{Lodo}}{10.000} \quad \text{equação (2)}$$

em que:

SST Lodo = concentração de SST no lodo (mg/L);

SST aap = concentração de SST da amostra composta dos resíduos após aplicação de polímero (mg/L);

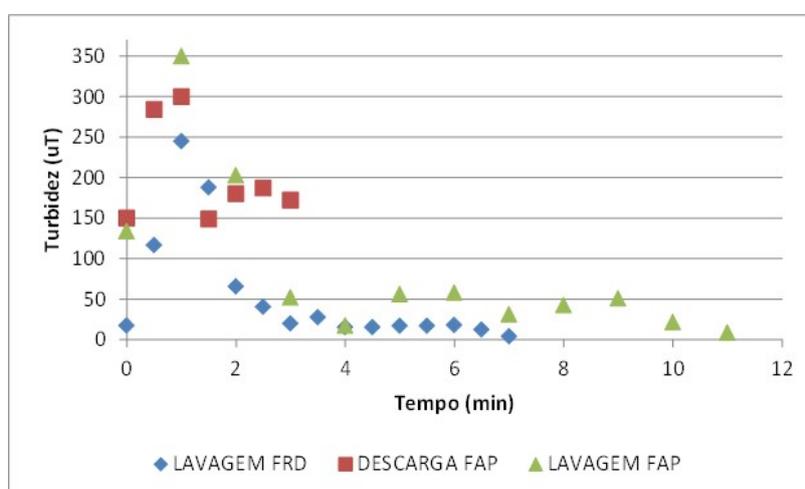
SST sobren = concentração de SST do sobrenadante no cone (água clarificada) (mg/L);

V Lodo = volume de lodo no fundo do cone (mL);  
TSólidos Lodo = teor de sólidos no lodo clarificado/adensado (%).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Resultados da caracterização dos resíduos da ETA

A Figura 1 mostra os valores de turbidez dos resíduos durante a lavagem dos filtros. Nota-se que, tanto na lavagem do FAP, quanto na lavagem do FRD, os valores atingiram picos de turbidez de 350 uT e 245 uT respectivamente, após 1 min do início da lavagem. A partir desse momento, os valores diminuíram bruscamente até se estabilizarem em valores médios em torno de 9,1 uT para o FAP e de 4,2 uT para o FRD. Já para os dados da descarga de fundo do FAP, não foi observada a redução abrupta dos valores de turbidez durante o procedimento.



**Figura 1: Valores de turbidez durante a execução da descarga de fundo e lavagem do FAP e lavagem do FRD.**

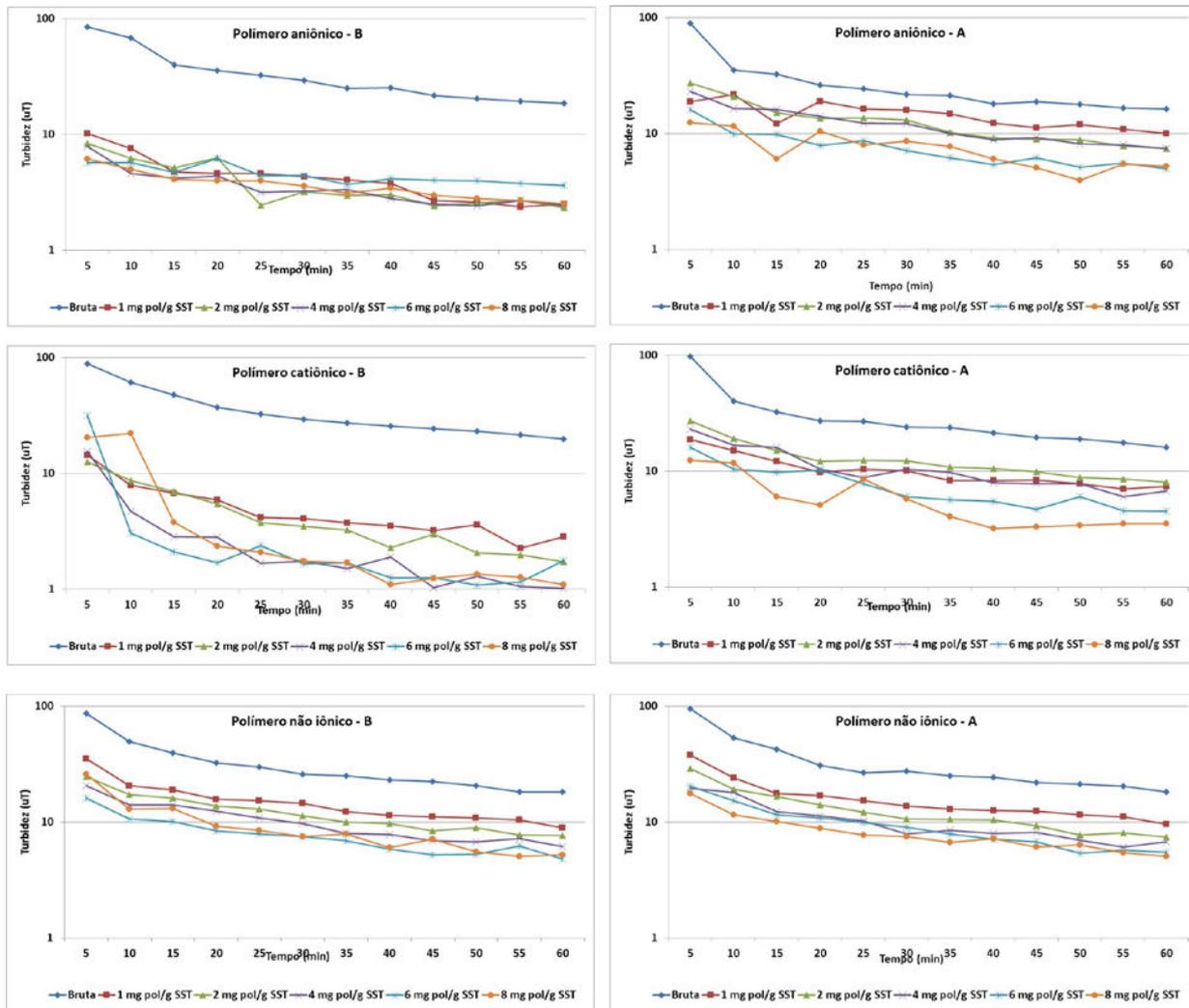
Os resultados de turbidez no filtro descendente durante a lavagem, se assemelham ao de filtros rápidos de ETAs de ciclo completo, como foi observado nos trabalhos de Scalize (1997) e Freitas (2007). Já a tabela 2 mostra os resultados da caracterização dos parâmetros físico-químicos obtidos nas amostras de resíduos. Observa-se que os maiores valores de sólidos suspensos foram obtidos na descarga e na lavagem do FAP, 362 e 250 mg/L, respectivamente. A concentração de sólidos suspensos na água de mistura (198 mg/L) é considerada baixa, quando comparada com os lodos provenientes de ETA's de ciclo completo. Os valores de metais, principalmente o alumínio estão elevados, devido ao coagulante usado na ETA (cloreto de poli alumínio), ficando acima do estabelecido pela resolução Conama 375/05 para corpos de água classe II

**Tabela 2: Resultados da caracterização dos resíduos da ETA.**

PARÂMETROS	DESCARGA DO FAP	LAVAGEM DO FAP	LAVAGEM DO FRD	AMOSTRA COMPOSTA FINAL
Turbidez (uT)	219	99	79,7	80
Cor Aparente (uH)	1280	1795	88	431
Sólidos Suspensos (mg/L)	362	128	114	198
pH	8,20	7,10	7,60	7,10
Alumínio Total (mg/L)	1,10	4,07	2,04	1,00
Ferro Total (mg/L)	6,39	2,90	1,35	1,64
Manganês Total (mg/L)	0,16	0,91	0,12	0,18

## Resultados dos ensaios de bancada com polímeros

A figura 2 apresenta os valores de turbidez da água clarificada obtida nos ensaios com diferentes polímeros. De maneira geral, todos os polímeros foram eficientes na redução de turbidez, obtendo-se valores sempre abaixo de 10 uT no tempo de 60 minutos. Contudo, o polímero catiônico B se destacou, conseguindo valores próximos de 1 uT, para todas as dosagens testadas. Os resultados dos ensaios reforçam o que já foi encontrado em outras pesquisas, Scalize (1997) e Freitas (2007), sobre a importância dos polímeros na clarificação da água de lavagem de filtros rápidos, principalmente devido a prática de recirculação destes resíduos.



**Figura 2: Turbidez do sobrenadante (água clarificada) nos ensaios de clarificação e adensamento por gravidade**

Na Figura 3 são mostrados os valores de teor de SST obtidos nos ensaios. Este parâmetro é importante na definição da tecnologia de desaguamento a ser adotada, comumente etapa subsequente ao adensamento de lodo em ETAs. Percebe-se que o uso do polímero catiônico da empresa A resultou em um lodo mais adensado, teor de sólidos de 0,90%, com dosagem de 4 mg pol/g SST. O polímero aniônico A também apresentou valor similar ao primeiro polímero, com 0,87% mas com dosagem maior, de 8 mg pol/g SST.

O maior valor de SST do lodo adensado foi de 0,9%, valor significativamente inferior aos teores normalmente encontrados em lodos adensados por gravidade de ETAs de ciclo completo devido à contribuição das descargas dos decantadores (> 2%). Os baixos valores de teor de sólidos alcançados indicam que algumas tecnologias mecânicas de desaguamento, como centrífuga e filtros prensas, podem não ser adequadas para tratar estes resíduos, pois necessitam de um lodo afluente com teores de sólidos maiores, acima de 2%.

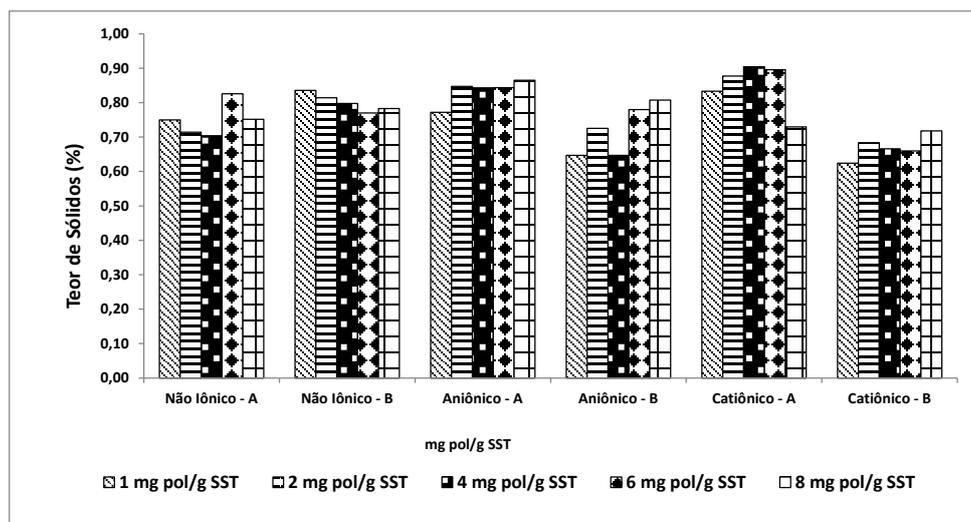


Figura 3: Teor de sólidos no lodo final nos ensaios de clarificação e adensamento por gravidade

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, podemos chegar as seguintes conclusões:

- Os resíduos caracterizados na ETA de dupla filtração, se mostraram similares aos resíduos gerados em filtros rápidos de ETAs de ciclo completo;
- O uso de polímeros mostrou-se eficiente no processo de clarificação dos resíduos da ETA de dupla filtração.
- O adensamento por gravidade do lodo com os polímeros atingiu teor de sólidos máximo abaixo de 1%, o que pode inviabilizar o emprego na sequência do tratamento do lodo de algumas tecnologias mecânicas de desaguamento, como a centrífuga e o filtro prensa.
- Em virtude de poucos dados disponíveis na literatura sobre o tratamento de resíduos de ETA de dupla filtração, recomenda-se que sejam efetuados novos ensaios de tratabilidade com este tipo de resíduo, testando-se outras formas de tratamento, como a filtração em tecido geotêxtil, além de ensaios adicionais de clarificação e adensamento por gravidade para obtenção de parâmetros de projeto (velocidades de clarificação e de adensamento).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA, WPCF (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th edition, Washington, USA.
2. DI BERNARDO, L. DANTAS, A. D. B; VOLTAN, P.E.N. Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água. Editora LDiBe, 540 p. São Carlos – SP, 2012.
3. FREITAS, A. D. Recirculação de água de lavagem de filtros em escala piloto: uma contribuição para avaliação de perigos associados a presença de protozoários. 2007. 122f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa.
4. SCALIZE, P. S. Caracterização e clarificação por sedimentação da água de lavagem de filtros rápidos de estações de tratamento de água que utilizam sulfato de alumínio como coagulante primário. 1997. 266f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
5. SILVEIRA, C. Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem / secagem com manta geotêxtil. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2012.