## **ACADEMIA**

Accelerating the world's research.

# LEITOS DE DRENAGEM COBERTOS: A BUSCA PELA ACELERAÇÃO DA REMOÇÃO DE ÁGUA DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

Renan Felicio, Renan Felicio dos Reis

### **Related papers**

Download a PDF Pack of the best related papers 🗷



REDE COOPERATIVA DE PESQUISAS

Beatriz Vaz de Melo

Gerenciamento de Resíduos Gerados no Tratamento de Água

Fernando Bezerra

Guia do profi ssional em treinamento Guia do profi ssional em treinamento

Alessandra Lima

# LEITOS DE DRENAGEM COBERTOS: A BUSCA PELA ACELERAÇÃO DA REMOÇÃO DE ÁGUA DE LODOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA

**AUTORES:** Renan Felicio dos Reis <sup>1</sup> João Sergio Cordeiro <sup>2</sup>

Endereço para contato (Autor principal): E-mail: renan felicio@yahoo.com.br

\_

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Instituto Federal de São Paulo – Campus de São Roque. Professor IFSP São Roque. Engenheiro Ambiental pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCT/UNESP), Doutorando em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar), Especialização em Gestão Ambiental pela Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar) – renan\_felicio@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar). Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP).

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar). Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Mestre em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos (DECiv/UFSCar) – cordeiro@ufscar.br

## LEITOS DE DRENAGEM COBERTOS: A BUSCA PELA ACELERAÇÃO DA REMOÇÃO DE ÁGUA DE LODOS DE ETAS

#### Resumo

A grande maioria das Estações de Tratamento de Água (ETAs) existentes no Brasil lança seus resíduos (lodos) diretamente em corpos d'água. Por estes resíduos serem de característica fluida, foram desenvolvidas algumas tecnologias para remoção de suas águas. Uma tecnologia natural para remoção de água de lodos de ETAs de ciclo completo é o leito de drenagem, desenvolvido e proposto por Cordeiro (2001). O leito de drenagem possui basicamente duas etapas envolvidas: drenagem e evaporação. Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa, cujo objetivo central foi alcançar melhorias temporais na remoção da água destes resíduos através da utilização de cobertura plástica no leito de drenagem (etapa de evaporação). Dados obtidos para os ensaios realizados em protótipos de leitos de drenagem instalados na ETA de São Carlos-SP demonstraram que, quando se utiliza cobertura plástica (referência comercial PVC 0,30mm), o processo de evaporação da água presente no resíduo é acelerado. A ocorrência de precipitação não interfere em momento algum na remoção de água do lodo. A altura da cobertura em relação ao leito que apresentou os melhores resultados foi de 0,20 m, permitindo-se obter resultado de lodo até mesmo duas vezes mais "seco" que na ausência de cobertura.

Palavras chave: Cobertura Plástica, Estações de Tratamento de Água, Leito de Drenagem, Lodo de Decantador.

#### Introdução

Os sistemas de tratamento de água para abastecimento público no Brasil, na sua grande maioria, utilizam captação de águas superficiais. Para que ocorra o tratamento da água captada em um manancial, alguns procedimentos devem ser seguidos. Em geral, os procedimentos de tratamento em Estações de Tratamento de Água (ETAs) de ciclo completo são compostos de etapas conhecidas como coagulação, floculação, decantação e filtração. Para que ocorra a coagulação e posterior floculação, produtos químicos (sais de ferro e de alumínio, cal, cloro, polímeros, entre outros) são adicionados à água bruta, facilitando as etapas posteriores. Nos decantadores, grande parte das partículas presentes floculadas sedimenta-se, resultando numa água mais clarificada na camada superior do tanque. Após isso, nos filtros, ocorre a remoção de flocos não sedimentados, permitindo que se atinja um resultado de água com qualidade tal que, para que ocorra sua distribuição à população, geralmente necessita apenas de desinfecção, correção de pH e fluoretação, sendo, esta última, necessidade regida por legislação federal brasileira (Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde).

Uma vez em funcionamento, ETAs de ciclo completo são geradoras de resíduos, os quais se fazem presentes principalmente nos decantadores (devido à sedimentação dos flocos) e na água de lavagem dos filtros (geralmente realizada com ar e água, em fluxo ascendente).

Estes resíduos possuem características variadas (dependendo basicamente da qualidade da água captada, dos produtos químicos adicionados e de condições operacionais), mas geralmente se apresentam na forma fluida e com concentração de sólidos de cerca de 0,1 a 5%. Portanto, trabalhar estes resíduos, consiste em buscar soluções para diminuição de seu volume (remoção da parte líquida), para que se possa dar destinação final adequada.

A grande maioria das ETAs existentes no Brasil lança seus resíduos em corpos d'água sem nenhuma forma prévia de tratamento. A Lei Federal nº 9.605 de 1998, conhecida como "Lei dos Crimes Ambientais", no seu artigo 54, § 2º, V, tipifica tal conduta como crime, sujeitando o autor do delito às respectivas sanções cominadas.

Dessa forma, como contribuição para evitar a prática do crime ambiental citado, tem-se desenvolvido tecnologias para remoção de água dos resíduos gerados em ETAs. Uma destas tecnologias consiste no método não mecanizado conhecido como *leito de drenagem*. Este método foi estudado e proposto por Cordeiro (2001) e, mesmo com sua

eficiência e viabilidade já comprovadas, novos ensaios realizados com utilização de cobertura plástica demonstraram ainda maior eficiência, sendo uma alternativa para aceleração na remoção da água de lodo de ETAs, cujos gerentes têm interesse pela utilização de tecnologias naturais de remoção de água de lodo.

Esta pesquisa foi desenvolvida na ETA de ciclo completo, localizada no município de São Carlos, SP, Brasil, atualmente gerenciada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).

#### **Objetivos**

O objetivo deste trabalho consistiu em apresentar melhoria temporal na remoção de água de lodo de decantadores em ETAs de ciclo completo, empregando cobertura plástica no sistema, estudando a melhor conformação destas, bem como sua altura em relação ao leito de drenagem.

#### Leito de Drenagem

Os leitos de drenagem foram concebidos a partir da sistemática dos leitos de secagem tradicionais substituindo-se as partes componentes do meio filtrante (areia) por manta geotêxtil em pesquisas do programa PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico). Este sistema consiste em um sistema natural de remoção de água de lodo de ETAs, cujos princípios de operação e funcionamento se baseiam em fundamentos de drenagem e evaporação.

Pode-se dizer que, assim como o leito de secagem, o leito de drenagem possui duas etapas de operação que podem ou não ocorrer simultaneamente. Uma delas é a drenagem da água livre, e outra, a evaporação. A drenagem depende de fatores físicos ligados à filtração, ou seja, para o caso dos leitos de drenagem, depende basicamente das características manta geotêxtil utilizada, o que em pesquisas já desenvolvidas consagrou-se manta do tipo tecida, com densidade superficial de 600 g/m², abertura de 0,06 a 0,13 μm e espessura de 4,4 mm (ref. comercial MT 600 da Maccaferri). Já a etapa de evaporação, depende de fatores ligados ao clima que podem ou não serem favoráveis à aceleração na remoção de água nesta etapa. A Figura 1 ilustra de forma simplificada a evolução do leito de secagem tradicional para o leito de drenagem.

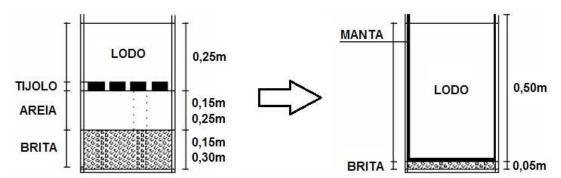


Figura 1 – Esquema simplificado da evolução do leito de secagem tradicional (esquerda) para o leito de drenagem (direita).

#### Metodologia Empregada

O trabalho desenvolvido pode ser dividido em seis etapas:

**Etapa 1.** Construção e reajustes realizados em dois protótipos de leito de drenagem (Figura 2).

Foi realizada a construção e posteriormente alguns reajustes em dois protótipos de leito de drenagem idênticos construídos em material metálico galvanizado. Estes protótipos foram transportados para a ETA do município de São

Carlos-SP, onde foi adicionada uma grelha, uma camada de aproximadamente 5 cm de brita 1, e manta geotêxtil com densidade superficial de 600g/m². Cada um destes leitos possui uma capacidade máxima aproximada de 260 litros.



Figura 2 – Protótipo de leito de drenagem.

**Etapa 2.** Estudo/concepção da melhor conformação/posicionamento e construção de cobertura para ser utilizada em um dos leitos de drenagem (Figura 3).

Objetivando-se melhorias na etapa de evaporação do leito de drenagem, foi estudada a melhor conformação para se construir a cobertura a ser utilizada em um dos protótipos de leito de drenagem. Esta cobertura foi construída em tubos de aço de tal forma que sua área de ocupação ultrapassa em 20% a área superficial do leito, possuindo uma abertura superior para facilitar a ventilação. A mesma possui um sistema flexível de mudança de altura, com cinco ajustes. Tais ajustes variam de 10 em 10 cm, iniciando em 20 cm (na posição mais baixa) e finalizando em 60 cm (na posição mais alta). O material utilizado para envolver a estrutura da cobertura é de referência comercial plástico PVC 0,30mm.



Figura 3 – Protótipo de leito de drenagem com cobertura plástica.

#### Etapa 3. Construção de sistema sifão para coleta do lodo diretamente do decantador.

Para facilitar a coleta e permitir coletas de lodo mais homogêneas, foi construído um sistema sifão de tubos de PVC que permite a captação do lodo do fundo de um dos decantadores da ETA para local próximo dos protótipos coberto e sem cobertura, utilizados para realização dos ensaios. Este sistema sifão construído possui registros nas duas pontas para facilitar seu funcionamento.

#### Etapa 4. Ensaios realizados nos leitos de drenagem com e sem cobertura.

Foram realizados seis ensaios, sendo que cada um deles representava dois ensaios, devido ao fato de que os ensaios eram iniciados simultaneamente no leito de drenagem com e sem cobertura para dar credibilidade à comparação dos resultados. Os ensaios foram realizados nos meses de julho a outubro de 2010, com uma média de 5 a 11 dias cada um deles, dependendo basicamente das características do lodo e de fatores climáticos.

#### Etapa 5. Coletas diárias de amostras no leito com e sem cobertura e coleta de dados climáticos.

As amostras coletadas, como mencionado, se deram diariamente. No dia de início dos ensaios foi coletada amostra de lodo bruto e também foram coletados dados climáticos (temperatura, umidade relativa, horas de brilho solar, nebulosidade e velocidade do vento) referentes aos dias em que se deram os ensaios, desde o dia inicial até o dia final

**Etapa 6.** Análises laboratoriais das amostras coletadas, separadamente.

As análises realizadas para o lodo bruto foram pH e sólidos (sólidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos, sólidos suspensos voláteis, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos, sólidos dissolvidos voláteis). Para monitoramento do aumento do percentual de sólidos totais nos protótipos coberto e sem cobertura, foram realizadas análises diárias de sólidos totais existentes nas amostras de cada dia. Em relação à água drenada, as análises realizadas foram pH, cor, turbidez e alguns metais. As análises foram realizadas no laboratório de Saneamento da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar/DECiv) e no laboratório da ETA de São Carlos. As metodologias para realização das análises laboratoriais se basearam no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

#### Apresentação e Discussão dos Resultados

Como já mencionado, foram realizados seis ensaios nos protótipos de leito de drenagem localizados na ETA de São Carlos-SP. Seguem alguns resultados encontrados apresentados através das Tabelas 1 e 2, e Figuras 3 e 4.

**TABELA 1.** Resultados de análises no lodo bruto e água drenada para os seis ensaios.

		ALTURA DA COBERTURA E NÚMERO DO ENSAIO										
		0,2 m	0,3 m	0,4 m	0,5 m	0,6 m	0,2 m					
		E-01	E-02	E-03	E-04	E-05	E-06					
	ST	0,42	0,2	1,41	1,2	0,18	2,22					
	SST	0,17	0,17	1,06	0,56	0,17	0,27					
JTC	SSV	0,1	0,1	0,27	0,05	0,03	0,21					
LODO BRUTO	SSF	0,07	0,07	0,79	0,51	0,14	0,06					
0	SDT	0,25	0,03	0,35	0,64	0,01	1,96					
<b>1</b> 0	SDV	0,03	0,01	0,24	0,29	0	0,26					
_	SDF	0,23	0,02	0,12	0,35	0,01	1,7					
	pН	6,5	6,7	6,9	6,6	6,9	7,3					
UA EN.	Cor	52	45	97	111	50	60					
ÁGUA DREN.	Turbidez	4,9	5,5	11,3	61,1	6,7	3,7					

TABELA 2. Resultados diários de sólidos totais para cada ensaio realizado com e sem cobertura.

		Dias após o despejo de lodo no leito de drenagem (% de Sólidos Totais)											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01	Com cobertura	0,42	9,46	12,24	15,01	19,09	55,5	75,03	88,77	1	-	-	-
<b>E</b> -	Sem cobertura	0,42	7,38	8,95	12,27	15,18	26,21	31,34	56,59	1	-	-	-
E-02	Com cobertura	0,2	8,18	14,64	20,69	37,44	63,87	89,89	-	-	-	-	-
	Sem cobertura	0,2	7,14	12,76	17,93	24,12	43,79	69,18	-	-	-	-	-
E-03	Com cobertura	1,41	6,89	9,58	11,91	15,61	18,44	27,82	46,71	-	-	-	-
	Sem cobertura	1,41	5,67	8,19	9,72	13,08	16,43	21	38,76	-	-	-	-
40	Com cobertura	1,2	7,98	9,47	12,32	23,12	37,69	56,45	83,02	1	-	-	-
<u> </u>	Sem cobertura	1,2	4,84	7,33	10,52	21,42	32,04	54,13	75,46	-	-	-	-
£- 05	Com cobertura	0,18	14,69	32,28	79,8	89,49	-	_	-	-	-	-	-

	Sem cobe	ertura	0,18	7,81	10,71	20,17	79,47	-	_	-	-	-	-	-
E-06	e Com cobo	ertura	2,22	5,5	10,37	11,66	13,61	13,73	14,08	14,8	16,37	16,91	17,29	48,32
	Sem cobe	ertura	2,22	3,34	6,04	6,27	8,71	7,03	8,25	9,07	8,37	10,08	11,94	14,75

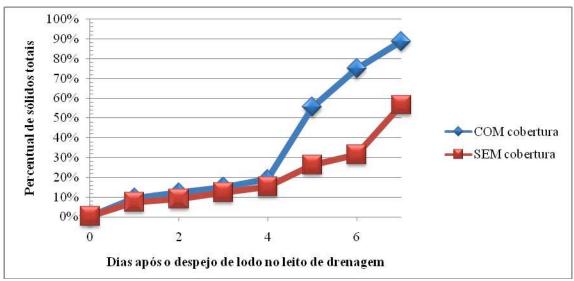


Figura 3 – Comparação dos resultados de remoção de água de lodo de ETAs no ensaio 1 (E-01 – 0,20 m).

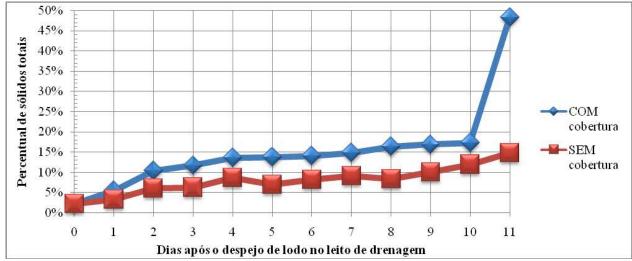


Figura 4 – Comparação dos resultados de remoção de água de lodo de ETAs no ensaio 6 (E-06 – 0,20 m).

Em um primeiro momento, cabe ressaltar a dificuldade de se lidar com lodo, já que, como demonstrado na Tabela 1, coletas e análises de lodo realizadas por meio de metodologias idênticas resultaram em amostras de lodo bruto com percentuais de sólidos totais bastante distintos. Nesta mesma tabela, é possível notar que parâmetros de cor e turbidez da água drenada se apresentaram com maior qualidade.

Na Tabela 2, de forma geral, os resultados destacados (E-01 e E-06) foram classificados como mais eficientes, pois, ainda que o resultado do E-05 tenha utilizado apenas quatro dias para remover praticamente 100% da água presente no lodo, seu percentual de sólidos totais na água bruta era o mais inferior, o que pode ser identificado como a causa deste resultado de remoção de água tão precoce. Não há dúvida de que fatores climáticos (nebulosidade, horas de brilho solar, radiação solar, umidade do ar, temperatura, etc.) interferem consideravelmente no tempo de remoção da água do lodo (por isso os ensaios 1 e 6 foram destacados), pois, mesmo com percentuais de sólidos totais relativamente elevados e na ocorrência de precipitação (E-06), a existência da cobertura, sua conformação e altura (0,20 m) foram de fundamental importância para a obtenção destes resultados.

Na Figura 3 nota-se que o leito de drenagem com cobertura apresentou eficiência mais de 50% superior em relação ao leito sem cobertura. Em relação à Figura 4, mesmo existindo vários dias de chuva, o leito de drenagem coberto apresentou resultados com percentual de sólidos totais sempre crescentes, enquanto o sem cobertura, na ocorrência de chuvas, mesmo há alguns dias do despejo do lodo bruto, este percentual diminuía. Por fim, ainda com relação a esta figura, no 11º dia existiu um aumento bastante acentuado do percentual de sólidos totais no leito com cobertura, o que se deu devido a fatores climáticos facilitadores e potencializadores da evaporação da água existente no lodo.

A Figura 5 ilustra um comparativo entre as condições do lodo no sétimo dia do primeiro ensaio (E-01), o que permite perceber visualmente a superioridade da remoção da água do lodo e consequente redução do volume no leito de drenagem com cobertura em relação ao sem cobertura.





Figura 5 – Condições do lodo no sétimo dia do E-01 no leito de drenagem com cobertura (esquerda) e sem cobertura (direita).

#### Considerações Finais

Ante o exposto, conclui-se que, nestas condições apresentadas, a utilização de cobertura plástica ao leito de drenagem resultou em aceleração na remoção de água de lodo de decantadores de ETAs de ciclo completo, com destaque para a cobertura a 0,20 m do leito de drenagem.

#### Bibliografia

Achon C.L, Barroso M.M., Cordeiro J.S. (2008) Leito de Drenagem: Sistema Natural para Redução de Volume de Lodo de ETA. Disponível em: <a href="http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n1/a08v13n1.pdf">http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n1/a08v13n1.pdf</a>. Acesso em 09 mar. 2010.

Brasil. Presidência da República Federativa do Brasil. Lei nº 9.605 de 1998.

Cordeiro J.S. (1999) Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs, in *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*, Reali M.A.P. *et al.* coord., ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro

Cordeiro J.S. (2001) Processamento de lodos de estações de tratamento de água (ETAs), in *Resíduos sólidos do saneamento:* processamento, reciclagem e disposição final, Andreoli C.V. et al. coord., ABES, Projeto PROSAB, Rio de Janeiro.

- Cornwell D.A., Vandermeyden C. (1998) Nonmechanical dewatering of water plant residuals, *AWWA Research Foundation*, Denver, 163 pp.
- Di Bernardo L., Di Bernardo A., Centurione Filho P.L. (2002) Ensaios de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água, *RiMa*, São Carlos.
- Eaton D.A. et al. (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, AWWA, 21st Edition.
- Fontana A.O. (2004) Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros estudo de caso ETA Cardoso. 161 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de São Carlos/UFSCar. São Carlos.