

## **I-063 - SISTEMA VERTICAL DE DESÁGUE DE LODO: UMA ALTERNATIVA PARA A DESIDRATAÇÃO DE LODO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE MÉDIO E PEQUENO PORTE**

**Ronald Gervasoni<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Ambiental pela Universidade Tuiuti do Paraná. Mestre pelo Programa Internacional de Mestrado Profissional Meio Ambiente Urbano e Industrial da UFPR/SENAI/Universitat Stuttgart. Engenheiro da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná - SANEPAR.

**Patricia Charvet**

Graduação em Biologia pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (1993), mestrado em Zoologia pelo convênio Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará (2001) e doutorado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal da Paraíba (2006).

**Regina Maria Matos Jorge**

Doutorado em ENGENHARIA QUÍMICA pela universidade de São Paulo em 2000. É professora da Universidade Federal do Paraná desde abril/ 1990, onde atualmente é coordenadora das disciplinas de Fenômenos de Transporte II e Fenômenos de Transporte Experimental II.

**Ana Paula Coelho Schimaleski**

Engenheira Ambiental pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná, atualmente é analista de projetos na área de energias renováveis e meio ambiente.

**Raissa**

Graduanda em Engenharia Agrônoma pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Estagiária da Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Engenheiro Antonio Batista Ribas, 151 - Tarumã - Curitiba - PR - CEP: 82800-130 - Brasil - Tel: +55 (41) 3330-7262 - e-mail: [ronaldg@sanepar.com.br](mailto:ronaldg@sanepar.com.br)

### **RESUMO**

Na busca por alternativas para sistemas de desagüe de lodo de ETA e estudos anteriormente efetuados com o objetivo de viabilizar sistemas de desagüe para estações de tratamento de água de pequeno e médio porte. Foi proposto nesse estudo avaliar em escala piloto um protótipo como alternativa aos leitos de secagem e as mantas geotêxteis usualmente aplicadas para o desagüe do lodo. Esse estudo avaliou parâmetros de projeto, aspectos quantitativos e qualitativos do percolado e da torta de lodo produzido, demonstrando grande potencialidade para seu uso como alternativa a sistemas de desagüe de lodo de ETAs de médio e pequeno porte.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de decantadores de ETA, taxa de aplicação de sólidos, escalas reduzida e piloto, toxicidade. Lodo de ETA, características, disposição.

### **INTRODUÇÃO**

De acordo com a Resolução SEMA nº 021/2009 do estado do Paraná, que dispõe sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e propõe outras providências para empreendimentos de saneamento, as ETAs com vazão entre 500 a 2.500 l/s (médio porte) e de 30 a 500 l/s (pequeno porte), deverão implantar o sistema de tratamento e disposição final dos efluentes e resíduos até 2016 e 2019 respectivamente.

O sistema de tratamento do lodo tem como objetivo a redução da umidade, e consequentemente o aumento da concentração de sólidos e redução do volume do resíduo, para facilitar e diminuir os custos de sua disposição final e/ou o emprego do lodo como matéria prima para outros processos, tais como produção de cerâmica vermelha, material de reaterro, blocos não estruturais, recuperação de coagulante, entre outras aplicações.

Para a remoção da umidade existem diversos sistemas, cujas eficiências variam de um para o outro, considerando também as características físico-químicas do lodo, sendo elas: sedimentadores ou adensadores, centrífugas, prensa desaguadora ou filtro-prensa, leitos e lagoas de secagem, bags de contenção e

armazenamento, prensa parafuso, secagem térmica, e alternativas técnicas para pequenos sistemas (KONDAGESKI et al, 2013).

Este estudo buscou desenvolver uma alternativa técnica para pequenos e médios sistemas, chamado então de sistema vertical de deságue (SVD). O SVD foi dimensionado com base nos parâmetros operacionais obtidos na parte I do teste com o geoforma tipo bag.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho é dividida em três etapas, sendo elas o teste com geoformas tipo bag de diferentes materiais; o projeto do sistema vertical de deságue (SVD); e a metodologia para os testes de desaguamento a serem realizados no SVD.

### PARTE I: TESTE COM GEOFORMA TIPO BAG

Os dados básicos para desidratação de lodos com geoforma tipo bag, foram obtidos por meio de experimentos com uma geoforma tipo bag de polipropileno, de alta tenacidade, com proteção contra raios UV, indicado pelo fabricante para desidratar lodos de ETAs.

O primeiro teste foi efetuado em uma ETA no município de Pato Branco (Paraná), com sete repetições. O bag utilizado no teste possuía a especificação de 570 L/m/m<sup>2</sup>. Os testes foram efetuados conforme sugestões da norma ASTM D4491, sendo que os bags foram instalados com base e apoio para as alças de sustentação, sob ação da gravidade.

A vazão de alimentação foi padronizada para que o bag de capacidade de 1m<sup>3</sup> atingisse 85% da altura útil do mesmo. Com o auxílio de um controlador de altura microprocessado quando se atingiu a altura de 85 cm a partir do fundo da geoforma o sistema iniciou a modulação da bomba de alimentação.

O volume foi obtido relacionando o tempo com a vazão. A medida da altura foi realizada com auxílio de marcações realizadas na parte externa do bag (marcações de 5 em 5 cm).

### PARTE II: PROJETO DO SVD

Este sistema é composto por uma estrutura metálica construída integralmente em aço inox AISI 304 onde foram instalados bags carregados com lodo de ETA na posição vertical efetuando assim o deságue, visando contribuir com a redução dos custos de desidratação e transporte do lodo. O SVD é montado sob uma calha que o líquido percolado pelo bag é direcionado para um tanque de recalque, que em seguida o material sobrenadante é encaminhado novamente para o processo de tratamento de água. E quando o bag atinge o limite de desidratação, é posicionada sob o mesmo uma caçamba onde o lodo desidratado é transferido para o envio à destinação final.

### PARTE III: METODOLOGIA PARA TESTE DE DESAGUAMENTO

A metodologia para o teste de desaguamento do SVD foi baseada, no método para ensaios de desaguamento de Kuroda e colaboradores (2014). Nesta metodologia há o controle de informações como vazão de entrada, enchimento e permeabilidade em função do tempo, além da coleta de amostras simples, composta e global para análises físicas-químicas e microbiológicas. A coleta de água drenada no processo de desaguamento acontece da seguinte maneira:

- Durante os primeiros 20 minutos: em intervalos de 2 minutos;
- Até completar uma hora: em intervalos de 10 minutos;
- Posteriormente, a cada hora, até extinguir a lamina d'água.

A vazão de entrada do lodo deve ser controlada ao longo do tempo, e o enchimento deverá ocorrer até o nível máximo do SVD, e então a vazão deve ser desligada. O tempo será rigorosamente controlado e marcado com o auxílio de um cronômetro.

Além das amostras simples obtidas nos períodos de tempos apresentados anteriormente, há a amostragem composta e uma amostra global para avaliar o impacto do líquido drenado caso este seja lançado em sua

totalidade em corpos hídricos, por meio da junção de 50 ml de cada uma das amostras obtidas durante a fase de drenagem.

Para o controle de eficiência foram utilizados os parâmetros turbidez (uT) e sólidos totais (%ST). Também foram adotados outros parâmetros para comparação com os máximos valores permitidos em legislação para lançamento em corpo hídrico, de acordo com sua classe, como a cor aparente, cor verdadeira, DBO, DQO, coliformes totais e *E. Coli*, ovos de helmintos, metais (alumínio, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, fósforo, magnésio, manganês, níquel, potássio, silício, sódio, titânio, zinco total) e pH.

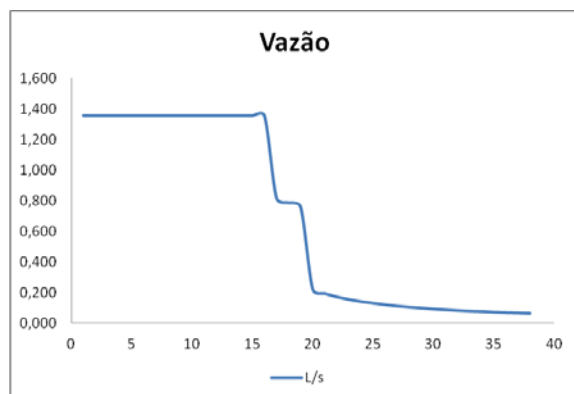
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia apresentada, o projeto foi dividido em três etapas conforme são apresentadas a seguir.

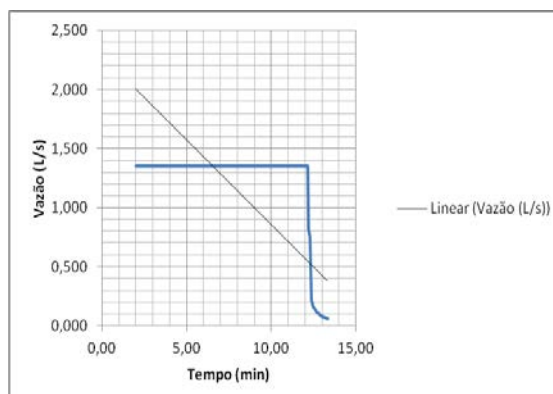
### PARTE I: TESTE COM GEOFORMA TIPO BAG

Os resultados obtidos com o teste nos deram as seguintes características do geoforma tipo bag, em relação à sua taxa de escoamento:

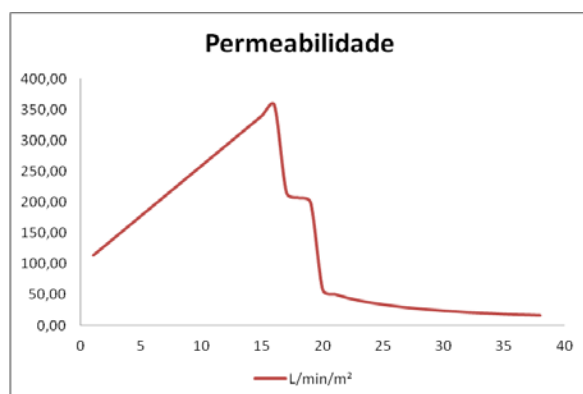
- 570 L/min/m<sup>2</sup> utilizando água limpa, tecido plano sob ação da gravidade, conforme especificação do fabricante;
- valor médio observado no teste de 130,1 L/min/m<sup>2</sup> utilizando lodo de ETA com teor de ST de 3%, tecido plano sob ação da gravidade.



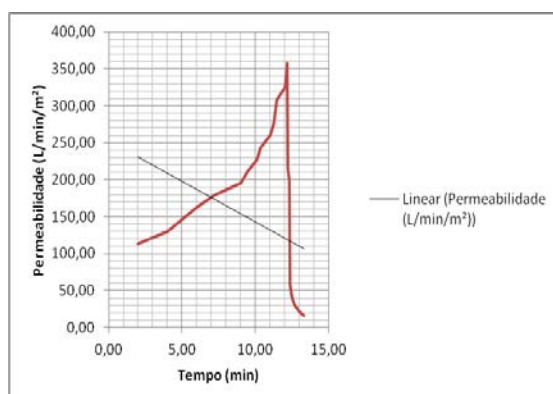
Curva de vazão em relação ao n° de dados.



Curva de vazão em relação ao tempo.



Curva de permeabilidade em relação ao n° de dados.



Curva de permeabilidade em relação ao tempo.

**Figura 1: Dados obtidos nos ensaios de desempenho do bag.**

No teste foi observado que após 3 minutos de início do enchimento a turbidez do efluente percolado do bag se estabiliza em 3,0 NTU. A partir disso obtivemos a curva de vazão em relação ao tempo, e a curva de permeabilidade em relação ao tempo.

## PARTE II: PROJETO DO SVD

A partir dos dados obtidos no teste com o bag, foi dimensionado o SVD, para capacidade máxima de lodo a ser desidratado de 2 m<sup>3</sup>. A estrutura do SVD é apresentada a seguir (Figura 2).



**Figura 2: Sistema vertical de desague (SVD).**

O objetivo deste sistema é ser uma alternativa aos sistemas convencionais de desague de lodo. O sistema consiste no desague através de geofomas tipo bag, içados verticalmente com o auxílio de uma estrutura metálica. Após a idealização deste protótipo, foi confeccionado e instalado numa ETA para avaliação do desempenho do piloto em escala real.

## PARTE III: RESULTADOS DOS TESTES EM ESCALA PILOTO

Os resultados obtidos no projeto são os que serviram de base para o dimensionamento do SVD. A seguir é apresentado os dados referentes aos testes em escala piloto.

**Tabela 1: Dados de ST, cor e turbidez do líquido percolado e do lodo desidratado.**

Parâmetro / Amostra	Lodo de ETA a desidrat ar sem polímero	Líquido drenado a partir de 10 min	Líquido drenado a partir de 100 min	Líquido drenado após 10 dias	Lodo desidratado do Bag grande (1 dia)	Lodo desidratado do Bag grande (2 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (3 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (4 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (5 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (6 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (7 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (8 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (9 dias)	Lodo desidratado do Bag grande (10 dias)
Sólidos Totais (%)	2,60	0,047	0,04	0,012	3,64	4,18	5,30	6,12	6,89	7,10	7,35	7,98	8,20	8,45
Cor (uH)	40400	303	250	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
turbidez (NTU)	11400	22,9	20	17,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Os dados da Tabela 1 são apresentados sem adição de polímero como auxiliar de desidratação do lodo.

**Tabela 2: Análise de metais do líquido percolado e do lodo desidratado.**

Parâmetro / Amostra	Lodo de ETA a desidratar sem polímero	Líquido drenado a partir de 10 min	Líquido drenado a partir de 100 min	Líquido drenado após 10 dias	Lodo desidratado do Bag grande (10 dias)
As mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Ba mg/L	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Cd mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1
Pb mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Hg mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Ni mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2
Se mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Zn mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	2,5
Cu mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	1,5
Mo mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Cr mg/L	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Sn mg/L	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Al mg/L	55,0	31,5	35,0	9,5	1998
Fe mg/L	21,0	12,0	13,0	3,5	840

Na Tabela 2, somente os parâmetros Al e Fe apresentam valores significativos para o lodo, fato que pode ser inferido a geoquímica do local de captação de água, bem como as características do coagulante utilizado para a potabilização da água para abastecimento humano.

**Tabela 3: Parâmetros orgânicos do líquido percolado e do lodo desidratado.**

Parâmetro / Amostra	Lodo de ETA a desidratar sem polímero	Líquido drenado a partir de 10 min	Líquido drenado a partir de 100 min	Líquido drenado após 10 dias
Benzeno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Etilbenzeno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Tolueno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Xileno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Clorofórmio	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Dicloroeteno (somatório de 1,1 + 1,2 cis + 1,2 trans)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Estireno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Tetracloreto de carbono	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
Tricloroeteno	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0

Continua

Continuação

Parâmetro / Amostra	Lodo de ETA a desidrar sem polímero	Líquido drenado a partir de 10 min	Líquido drenado a partir de 100 min	Líquido drenado após 10 dias
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Organoclorados	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Conforme os dados apresentados na Tabela 3, os compostos orgânicos analisados neste estudo não foram detectados nos limites de quantificação do laboratório.

## CONCLUSÕES

Diante do exposto pelos ensaios de desidratação, foi observado um potencial da utilização do SVD, como técnica alternativa de desague de lodos de ETAs. O SVD poderá contribuir para a desidratação de lodo de diversas ETAs de médio e pequeno porte no Paraná, considerando as condições técnicas, econômicas e ambientais, atendendo ao disposto no artigo 12 da resolução nº 021/2009 da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMA-PR.

Como sequência do estudo deve-se avaliar a desidratação com produtos químicos auxiliares, como polímeros para verificar o aumento do teor de sólidos, bem como a melhoria do líquido percolado, pois quanto maior a qualidade do lodo e líquido percolado, maiores são as possibilidades do seu reuso e reciclagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American Society for Testing and Materials (ASTM). Norma ASTM D4491: Standard Test Methods for Water Permeability of Geotextiles by Permittivity. 2009.
2. APHA, AWWA, WEF, Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 21st Edition, 2005.
3. BARROSO, M. M. Influência das micro e macropropriedades dos lodos de Estações de Tratamento de Águas nos Desaguamentos por Leito de Drenagem. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2007.
4. CORDEIRO, J.S. Processamento de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs). (Capítulo V). Coordenador: ANDREOLI, C.V. Resíduos sólidos do saneamento: Processamento, reciclagem e disposição final. Rio de Janeiro: ABES. Projeto PROSAB 2, 2001.
5. CORNWELL, D. A. Water treatment plant waste management. Denver. Environmental Engineering & Technology, Inc., AWWA Research Foundation, 1987.
6. DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água – Volume I e II, Rima Editora, São Carlos – SP, 2005.
7. KONDAGESKI, J. H.; CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V.; WEBER, P. S. Pesquisas Interdisciplinares e a Estruturação dos Estudos da Rede Interinstitucional de Pesquisa em Lodo de Água. In: CARNEIRO, C.; ANDREOLI, C. V. (Coord.). Lodo de Estações de Tratamento de Água – Gestão e Perspectivas Tecnológicas. Curitiba: Sanepar, 2013. p. 47 – 66.
8. KURODA, Emília Kiyomi; SILVEIRA, Cristiane; MACEDO, José Gustavo; LIMA, Mauro Sérgio Pinheiro; KAWAHIGASHI, Flávia; BATISTA, Aline Domingues; SILVA, Sandra Márcia Cesário Pereira; FERNANDES, Fernando. Drenagem/secagem de lodo de decantadores de ETAs em manta geotêxtil. Artigo técnico. Revista DAE, nº 194. Janeiro-abril de 2014. Disponível em: <<http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/dae.2014.002>>. Acesso em 14 fev. 2014.
9. LOPES, L. N. A.; MACHADO, L. C. G. T.; LIMA, R. F.; PEREIRA, J. A. R. Avaliação do desaguamento de lodo de ETA em leito de secagem. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental – Campo Grande, 2005.
10. PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução SEMA n.º 021, de 22 de abril de 2009. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Curitiba, PR, 22 de abril de 2009.