

## I-042 - ESTUDO DA RETENÇÃO DE METAIS NO DESAGUE DE LODO DE ETA URBANA ATRAVÉS DE BAGS DE GEOMEMBRANA

**Natali Barbosa Monteiro**<sup>(1)</sup>

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil na área de Geotécnica pela Universidade Federal de Pernambuco. Técnica da COMPESA-PE.

**Etienne Elayne Meireles da Rocha**<sup>(2)</sup>

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco.

**Cinthia Raquel Santos Silva**<sup>(3)</sup>

Graduanda do quarto período do curso de Engenharia Ambiental e Agrícola - UFRPE. Bolsista Voluntária de Iniciação Científica – UFPE.

**Rosângela Gomes Tavares**<sup>(4)</sup>

Bacharel e Engenheira Química pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Civil na área de recursos hídricos e tecnologia ambiental, pela Universidade Federal de Pernambuco. Doutoranda em Engenharia Civil na área de Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco. Professora da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

**Maurício Alves da Motta Sobrinho**<sup>(5)</sup>

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande. Doutor em Engenharia de Processos pelo Institut National Polytechnique de Lorraine. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFPE e professor Associado do Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Rua Feira Nova, 250 casa 3 - Paulista - Pernambuco - PE - CEP: 53437-480 – Brasil - e-mail: [natalibarbosamonteiro@hotmail.com](mailto:natalibarbosamonteiro@hotmail.com).

### RESUMO

A norma brasileira ABNT-NBR 10.004/2004 não apenas define resíduos sólidos como resíduos nos estados sólidos e semi-sólidos, como também os classificam em função de sua periculosidade. Vários estudos têm sido realizados sobre a aplicação do lodo gerado em Estação de Tratamento de Água - ETA, contudo as técnicas de deságüe mais utilizadas são leitos de secagem, adensador e filtro-prensa. O emprego de sistemas de geomembranas é mais recente e há literatura, trabalhos que avaliem este sistema e quantifiquem sua eficiência na remoção de metais. Neste sentido, esse estudo buscou avaliar o deságüe do lodo gerado na ETA Botafogo, localizada na região metropolitana de Recife – PE. O lodo coletado no decantador foi acondicionado em bags, com e sem adição de polímero, por um período de 3 meses. Foram realizadas análises de caracterização antes, durante e depois dos lodos presentes nos bags, além do líquido drenado. Foram realizadas análises do teor de umidade (%) e dos seguintes metais: Fe, Cu, Pb, Zn, Mn e Al. Dentre os metais presentes, o alumínio foi escolhido como objeto de estudo, devido o Sulfato de alumínio ser utilizado como coagulante na ETA em questão. Os resultados obtidos permitiram observar que o sistema de geomembranas se mostrou bastante eficiente, com retenção de 99% do Fe, 98% do Cu, 99% do Pb, 47% do Mn, 100% do Zn e 100% do Al, no lodo que recebeu a adição do polímero. Quando o lodo não recebeu o condicionamento com polímero, a retenção foi de 98%, 98%, 95%, 55%, 100% e 98% dos respectivos metais. Assim é possível desidratar e concentrar poluentes do lodo com o uso do geotêxtil, condicionado ou não com polímero, para posterior tratamento, reuso ou disposição final no meio ambiente de forma planejada e adequada. Em relação à DQO do permeado, foi observado que para o sistema sem polímero se comportou como o sistema com polímero a partir da segunda coleta.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo, Tratamento de água, Coagulação, Geomembrana, Metais.

### INTRODUÇÃO

Na Estação de Tratamento de Água, a água é coletada dos mananciais e transformada em um produto potável, pronto para ser consumido sem risco à saúde, atendendo a portaria 2914/11 MS. No processo de tratamento de água convencional são utilizados, basicamente, as seguintes etapas: coagulação/floculação, decantação, filtração, cloração, fluoretação (NUNES, 1999). Neste processo são aplicados coagulantes que desestabilizam

as partículas coloidais, formando flocos (hidróxidos metálicos), os quais crescerão, durante a floculação, adquirindo tamanho suficiente para sua posterior remoção nos decantadores convencionais ou de alta taxa. Parcela dos flocos que não sedimentam passam aos filtros para clarificação final. Assim, a estação de tratamento de água produz água para abastecimento e gera resíduos na forma de lodos acumulados nos decantadores e água de lavagem dos filtros. Estes, via de regra, são lançados diretamente aos cursos de água. Contudo, somente nos últimos anos os problemas relativos à geração desses resíduos têm recebido a devida atenção (BARROSO; CORDEIRO, 2002).

De acordo com Januário e Ferreira Filho (2007), os custos de transporte e disposição final de lodos de ETAs em regiões metropolitanas tem se situado em torno de R\$ 100,00 a 150,00 por tonelada, o que tem justificado conduções de pesquisas e estudos experimentais que permitam a redução dos custos de tratamento com produtos químicos, bem como com a geração de lodo.

Segundo Richter (2001), vários locais pode ser usado para a disposição adequado do lodo, dentre eles: lagoas de detenção, lançamento na rede coletora, aterros sanitários e aproveitamento de subprodutos. Já Ribeiro (2007) destaca a utilização de manta geotêxtil como uma nova alternativa que se destaca tendo-se em vista o baixo requisito de área e custos de implantação e manutenção.

Devido à drenagem da parte líquida ocorre uma redução de volume, o que permite o enchimento sucessivo da manta, até o volume disponível ser ocupado quase inteiramente pela fração sólida existente no rejeito, o efluente drenado pelas unidades retorna ao início do tratamento, ao final do ciclo de enchimento e desidratação, o material sólido retido continua a sofrer um processo de consolidação, por desidratação e evaporação da água residual, através do geotêxtil, que constitui as paredes da unidade de tratamento (FRANCO, 2009).

Silveira (2011) afirma que esses Bags podem ser lavados e reutilizados 20 a 30 vezes, podendo ser horizontais, usados em locais de maior área ou verticais. Di Bernardo, Dantas e Voltam (2011) afirmam que nos Bags de geotêxtil é necessária a utilização de polímeros, os quais irão colaborar com a desidratação do lodo. Pieper (2008) apresenta duas vantagens na utilização do polímero, são elas: reduções na quantidade de lodo e maior amenidade da desidratação, o lodo formado pelo uso de polímeros torna-se mais denso e de fácil desidratação, facilitando seu manuseio de disposição final.

Este trabalho avaliou a retenção de metais de lodo de ETA em sistema de deságüe com uso de geomembranas. Para tanto foi estudada a concentração de metais no lodo da ETA, no lodo desaguado e no percolado.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

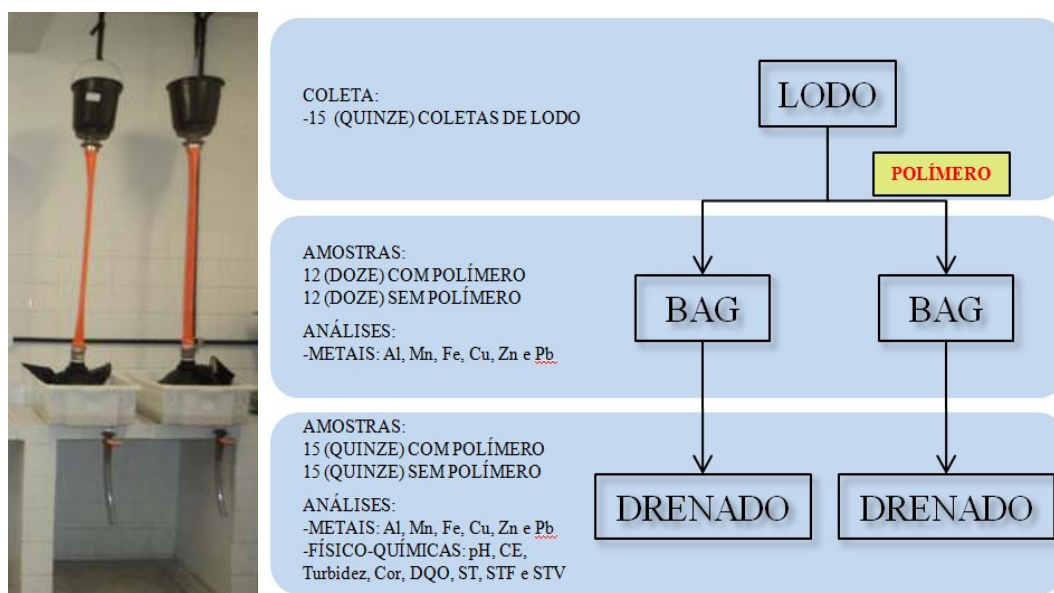
O lodo foi coletado na ETA Botafogo faz parte do Sistema Produtor de mesmo nome, responsável pela geração de aproximadamente 17% do volume de água distribuído na Região Metropolitana do Recife, abrangendo parte de Igarassu e os municípios de Abreu e Lima, Paulista, Olinda e as praias da Zona Norte. As amostras foram coletadas no período de março de 2013 a outubro de 2013, totalizando 15 coletas. Em cada coleta realizada foram coletadas amostras de água bruta, água tratada, e lodo proveniente da descarga do decantador (Figura 1).



**Figura 1. Fotos do procedimento de coleta de lodo da ETA Botafogo. Fonte: Do Autor (2013).**

O ensaio com o bag de geotêxtil (geomembrana), consiste na suspensão de um balde de PVC preso ao teto ligado ao Bag disposto em uma bacia plástica, o balde era interligado ao bag através de um mangote de 4" com 1,2m de comprimento. A bacia que contem o bag continha um furo em uma de suas extremidades, onde tinha um registro em PVC e uma mangueira para obtenção do drenado (Figura 2a). O bag de geotêxtil é fabricado em tecido de polipropileno de alta resistência que exerce simultaneamente as funções de retenção das partículas sólidas e de drenagem dos líquidos presentes. O excesso de água decorrente do processo é drenado através dos poros do geotêxtil, resultando uma desidratação efetiva e uma redução do volume de água. Para este trabalho foram utilizados dois Bags, um bag recebeu o lodo com adição do polímero, o outro recebeu o lodo sem o polímero, como mostra o fluxograma abaixo (Figura 2b).

Os drenados obtidos de cada coleta foram identificados com a nomenclatura abaixo (Tabela 1), e armazenados em garrafas pet de volume de 2 litros e mantidos em refrigeração para determinação dos parâmetros físico-químicos DQO, série de sólidos, turbidez e cor foram realizados seguindo a metodologia do Standard Methods for Water and Wastewater Examination (APHA, 1995).



**Figura 2. Montagem experimental (a) e fluxograma experimental (b). Fonte: Do Autor (2014).**

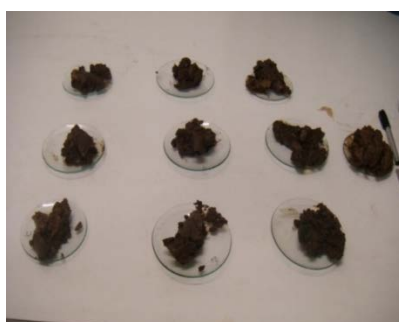
**Tabela 1. Sistemática de identificação do drenado.**

NÚMERO DA COLETA	NOMENCLATURA	SIGLA
1	Drenado de Lodo sem polímero	DLODOETASC
	Drenado de Lodo com polímero	DLODOETACC

Ao término das coletas os Bags foram abertos (Figura 3) as amostras foram retiradas para análise do material (Figura 4), as quais foram coletadas em pontos distintos do bag.



**Figura 3. Bags abertos para retirada das amostras. Fonte: Do Autor (2014).**



**Figura 4. Amostras de lodo retiradas do bag. Fonte: Do Autor (2014).**

Foram utilizados os dados resultantes das análises dos metais de todos os pontos amostrais dos bags com adição de polímero e sem a adição deste. A base de dados foi inserida no worksheet do software *®Statistica 10.0* e processada para fornecer os resultados no módulo de estatística multivariada compreendendo a análise fatorial pelo método de extração de componentes principais.

As análises dos metais para o lodo e para o drenado foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica.

## RESULTADOS

### ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS METAIS PRESENTES NO LODO DO BAG

Os valores de média, desvio padrão, variância e coeficiente de variação encontram-se abaixo na Tabela 3.

**Tabela 3. Estatística descritiva das seis variáveis.**

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente de variação
Al (mg/g de sólido)	2.784	0.350	0.123	0.126
Cu (mg/g de sólido)	0.151	0.023	0.001	0.154
Fe (mg/g de sólido)	6.702	0.885	0.784	0.132
Mn (mg/g de sólido)	1.601	1.138	1.295	0.711
Pb (mg/g de sólido)	0.074	0.025	0.001	0.342
Zn (mg/g de sólido)	0.546	0.174	0.030	0.319

## ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS AMOSTRAS DE LODO

Estatística descritiva das amostras de lodo para as amostras com adição de polímero (Tabela 4) e sem o polímero (Tabela 5).

**Tabela 4. Média das amostras com polímero.**

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente de variação
Al	2.768	0.348	0.121	0.126
Cu	0.159	0.022	0.000	0.138
Fe	6.533	0.796	0.634	0.122
Mn	1.651	1.182	1.397	0.716
Pb	0.076	0.021	0.000	0.273
Zn	0.573	0.217	0.047	0.378

**Tabela 5. Média das amostras sem polímero.**

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Variância	Coeficiente de Variação
Al	2.801	0.367	0.135	0.131
Cu	0.142	0.022	0.000	0.156
Fe	6.871	0.971	0.943	0.141
Mn	1.552	1.143	1.306	0.736
Pb	0.072	0.030	0.001	0.417
Zn	0.519	0.122	0.015	0.235

## MATRIZ DE CORRELAÇÃO DOS METAIS ANALISADOS

A matriz de correlação dos 6 metais analisados (Tabela 6) mostra em negrito e sublinhado altas correlações positivas, destacando: manganês e chumbo; ferro e alumínio; zinco e chumbo.

**Tabela 6. Matriz de correlação dos parâmetros analisados.**

Variáveis	Mn	Fe	Pb	Al	Cu	Zn
Mn	1,000000					
Fe	-0,181094	1,000000				
Pb	<b><u>0,751920</u></b>	0,214847	1,000000			
Al	-0,254734	<b><u>0,740753</u></b>	0,299603	1,000000		
Cu	0,279819	<b><u>0,657699</u></b>	<b><u>0,601537</u></b>	<b><u>0,582943</u></b>	1,000000	
Zn	<b><u>0,656962</u></b>	0,219894	<b><u>0,737703</u></b>	0,304794	<b><u>0,613448</u></b>	1,000000

## COMPONENTES PRINCIPAIS

Através da representação gráfica dos autovalores da matriz de correlação (Figura 5), selecionamos as duas primeiras componentes principais, onde se verificou que as duas componentes selecionadas explicaram aproximadamente 85% da variância total (Tabela 7). Verificou-se que a primeira (CP1) e a segunda (CP2) explicaram respectivamente 53% e 32%.



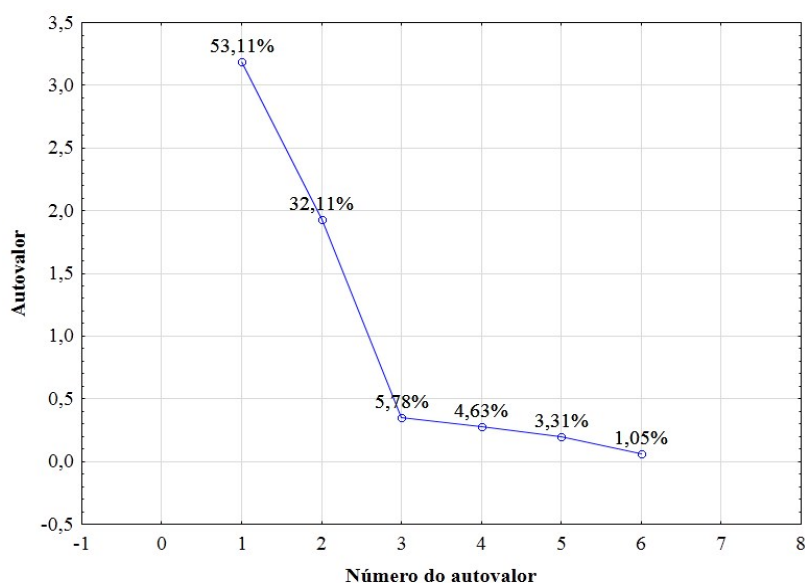


Figura 5. Representação gráfica dos autovalores.

Tabela 7. Autovalores e variância explicada.

Componentes	Autovalores	Variância explicada (%)	Autovalores acumulados	Variância explicada acumulada (%)
CP1	3,186427	53,10712	3,186427	53,1071
CP2	1,926879	32,11464	5,113306	85,2218
CP3	0,347087	5,78478	5,460393	91,0065
CP4	0,277552	4,62587	5,737945	95,6324
CP5	0,198899	3,31499	5,936844	98,9474
CP6	0,063156	1,05259	6,000000	100,0000

Abaixo (Tabela 8) destaca-se de negrito e sublinhado os pesos que mais contribuíram para a respectiva componente principal. Na CP1 as variáveis mais significativas foram: Chumbo, Cobre e Zinco com pesos negativos. Na CP2 as variáveis de maior peso foram Ferro e Alumínio com pesos negativos e Manganês com peso positivo.

Tabela 8. Loadings das Componentes Principais.

Variáveis	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Mn	-0,535687	<b><u>0,804048</u></b>	0,129855	-0,099878	0,113348	-0,163893
Fe	-0,591074	<b><u>-0,703395</u></b>	0,269550	-0,071105	0,277384	0,034821
Pb	<b><u>-0,848125</u></b>	0,382208	-0,092916	-0,321561	-0,072180	0,131746
Al	-0,604057	<b><u>-0,692556</u></b>	-0,361902	-0,098237	-0,031601	-0,117721
Cu	<b><u>-0,875416</u></b>	-0,225205	0,274941	0,146697	-0,291934	-0,024314
Zn	<b><u>-0,836387</u></b>	0,330436	-0,205836	0,357700	0,132949	0,057235
Autovalores	3,186427	1,926879	0,347087	0,277552	0,198899	0,063156

No gráfico dos Loadings (CP1 x CP2) (Figura 6) observam-se no plano 2D as contribuições da cada variável na formação da componente. Foi observada a formação de dois pares: alumínio com ferro, e o chumbo com o zinco.

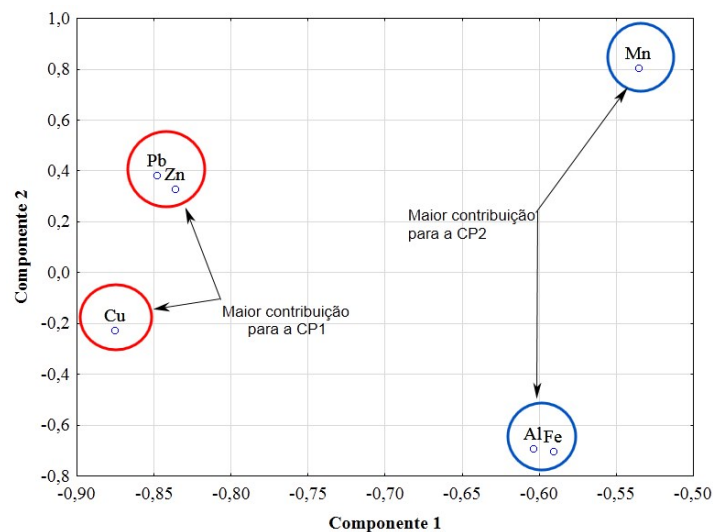


Figura 6. Gráfico dos Loadings (CP1 x CP2).

A projeção dos pontos amostrais no plano CP1 x CP2 (Figura 7), indica que o ponto de maior relevância no estudo é o LETACC MIST, pois é o ponto amostral de maior contribuição na CP1, e esta componente explica cerca de 53% de toda a variabilidade do estudo. Os pontos LETASC 4 e LETASC 10 também são representativos em relação a CP1.

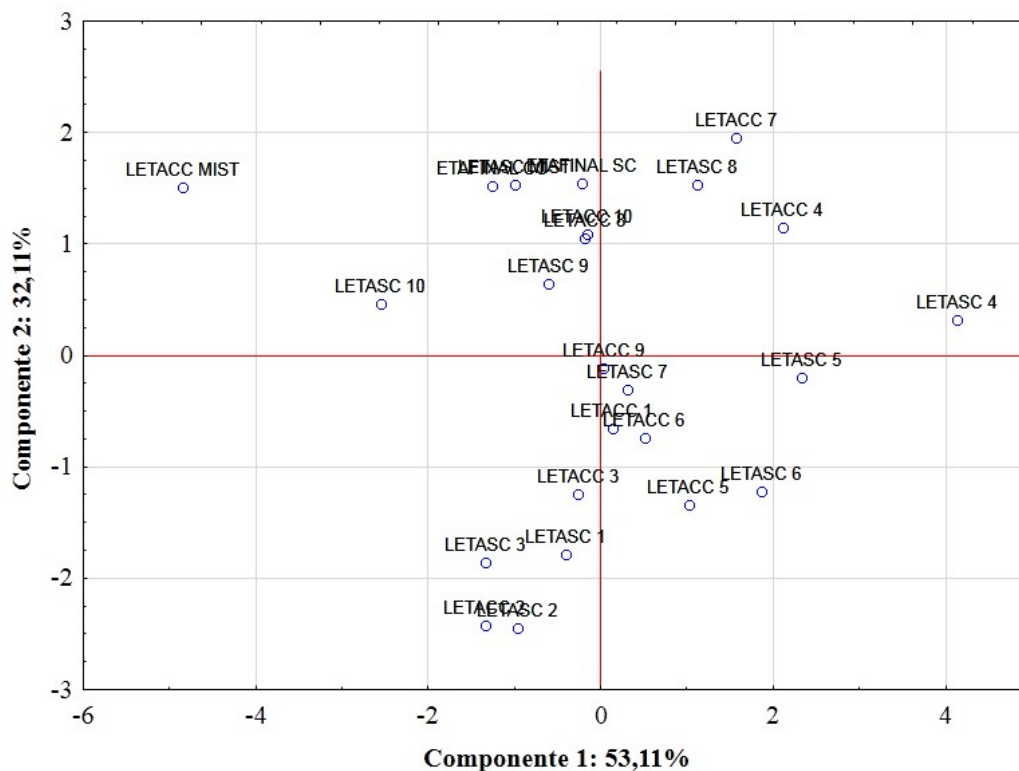


Figura 7. Projeção dos pontos amostrais no plano CP1 x CP2.

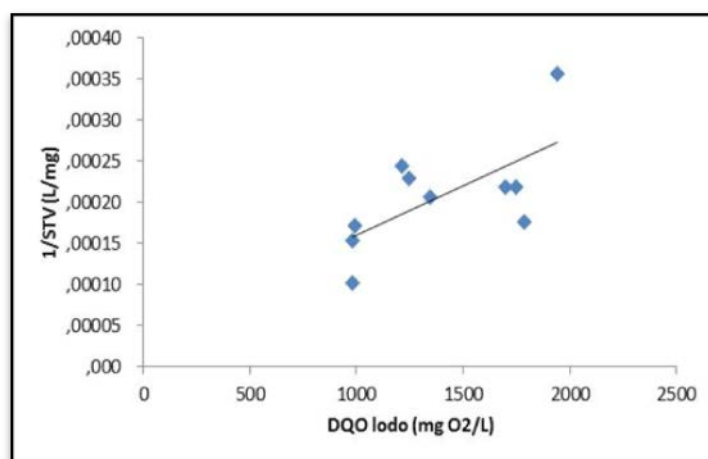
## MONITORAMENTO DO PERCOLADO

Durante as quinze semanas em que houve a alimentação do bag com lodo, o percolado foi recolhido e armazenado. Nos dias de coleta foram também tomadas amostras da água bruta e tratada, as quais foram

analisadas, assim como o lodo que alimentou o bag. Os resultados dos parâmetros monitorados para cada semana são apresentados nesta seção. Ressalta-se que cada coleta de percolado se inicia com a alimentação do bag com lodo e termina quando da nova adição de lodo.

A DQO do percolado sem coagulante apresentou um valor de 808,2 mg O<sub>2</sub>/L na primeira semana, este valor corresponde a 65% da DQO do lodo que alimentou este bag enquanto que a DQO do percolado com coagulante ficou em torno de 175 mg O<sub>2</sub>/L. Pode-se inferir que o uso do coagulante reduziu em 78% a DQO do percolado, a partir da 4<sup>a</sup> semana de monitoramento. Então não seria necessário o uso contínuo deste produto para assegurar um percolado com baixa concentração de poluentes. Todavia, a esta diferença da concentração de DQO entre o sistema com coagulação do lodo e sem coagulação foi diminuindo, fato este que pode estar associado à uma diminuição da abertura dos poros do sistema de desagüe pelo material do lodo, que começa a atuar como sistema filtrante. Esta diferença saiu de 78% na primeira coleta, e chegou a 6% na quinta.

A DQO do lodo bruto (saído do decantador), oscilou entre 1000 e 2000 mg O<sub>2</sub>/L. Pode-se constatar vários picos de concentração de DQO, os quais apresentam comportamento inverso dos sólidos totais voláteis (STV) nas 10 primeiras semanas. Todavia, esta não é uma correlação linear, como se observa pela Figura 8. O coeficiente de correlação R<sup>2</sup> para o ajuste linear foi de 0,43, mostrando que outros parâmetros são necessários para obter-se uma boa correlação.



**Figura 8. Correlação entre a DQO e o inverso dos STV do lodo.**

Os valores de turbidez para as 15 semanas, o drenado de lodo de ETA com adição de polímero apresentou um pico na 2 semana, com variações mínima de 19 e máxima de 402, mantendo uma média de 199, inferior a média do drenado de lodo de ETA sem adição de polímero, que foi de 354. Fato marcante foi que com a evolução das semanas, a turbidez do sistema sem coagulante reduziu, chegando a valores inferiores ao do sistema com coagulante a partir da 12<sup>a</sup> semana. Este fato pode ter ocorrido pela agregação de pequenas partículas na superfície da geomembrana, diminuindo a porosidade e aumentando a eficiência de retenção. No sistema com coagulante estas partículas são aglomeradas e não chegam à superfície do material.



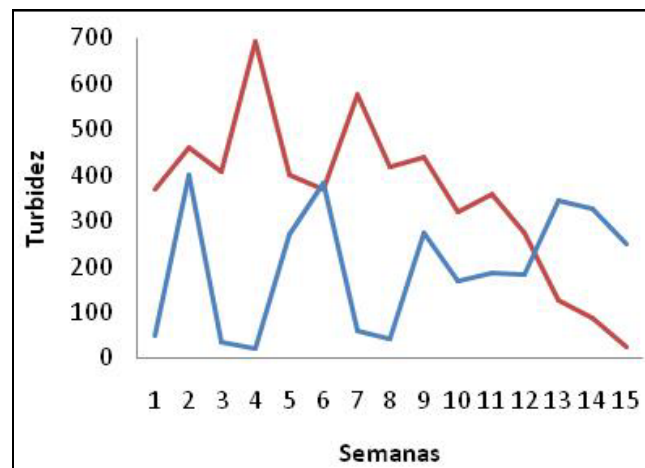


Figura 9. Variação da Turbidez do líquido drenado para as 15 semanas, DLODOETASC (-), DLODOETACC (-).

A concentração dos sólidos se manteve maior no drenado que não teve adição de polímero, assim o material particulado conseguiu com mais facilidade ultrapassar a manta geotêxtil. A média de ST no drenado sem adição de polímero foi 488 mg/L, já o drenado que recebeu adição de polímero teve uma média de 333mg/L. Pode-se observar que a concentração de sólidos totais, voláteis e fixos do percolato oriundo da geomembrana sem adição de polímero sempre apresentou valores mais elevados que o da geomembrana com polímero. Esta diferença foi mais significativa para os sólidos voláteis, que estão associados à matéria orgânica, logo pode-se inferir que o uso do polímero na geomembrana contribui para a redução da carga poluente.

## Metais

### Alumínio

Através da Figura 10 é possível observar a água bruta apresentou um pico no nível de alumínio na décima primeira semana com valor de 1,25 mg/L. Mostra-se também que as concentrações para água tratada na terceira, quarta, quinta, sexta e décima quarta semana apresentaram valores elevados, nas demais semanas de coleta as concentrações de alumínio obtida estão abaixo de 0,2mg/L.

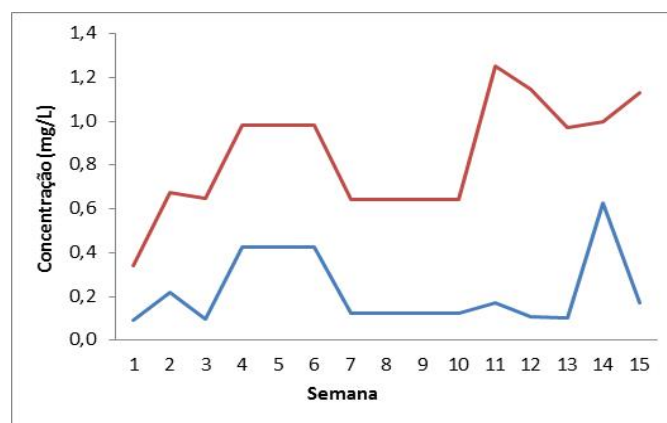


Figura 10. Valores da concentração de alumínio (Al) na água bruta (-) e tratada (-).

Nas amostras de lodo bruto (descarga do decantador), apresentaram valores de concentrações que nos drenados desse lodo ficaram retidas no Bag, dado esse percebido após a análise dos drenados. Essa retenção ocorreu de forma mais ampla no Bag que recebeu o lodo com adição de polímero.

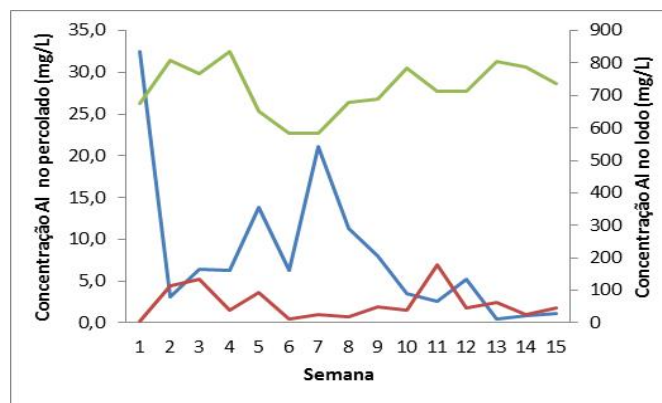


Figura 11. Valores da concentração de alumínio (Al) para o lodo (-), percolato do bag sem polímero (-) e com polímero (-).

## Ferro

Através da Figura 12a observa-se a concentração de ferro para água bruta e tratada, observou-se no gráfico que as concentrações na água tratada se mantiveram dentro do valor máximo permitido de 0,3 mg/L para padrão máximo de consumo humano pela portaria 518 ministerio da saúde, com exceção da décima primeira e décima a quarta semana, que apresentou pico de 0,353 e 0,66, respectivamente. As concentrações encontradas na água bruta se justificam por alguns fatores, como exemplo o aumento do nível de ferro nas estações chuvosas devido ao carregamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens, o que deve ser estudado de acordo com o período da coleta. A Figura 12b mostra as concentrações de ferro para as amostras de lodo e os drenados com e sem polímero, apresentando reduções nas concentrações dos drenados, mostrando a importância da manta geotêxtil na retenção dos sólidos.

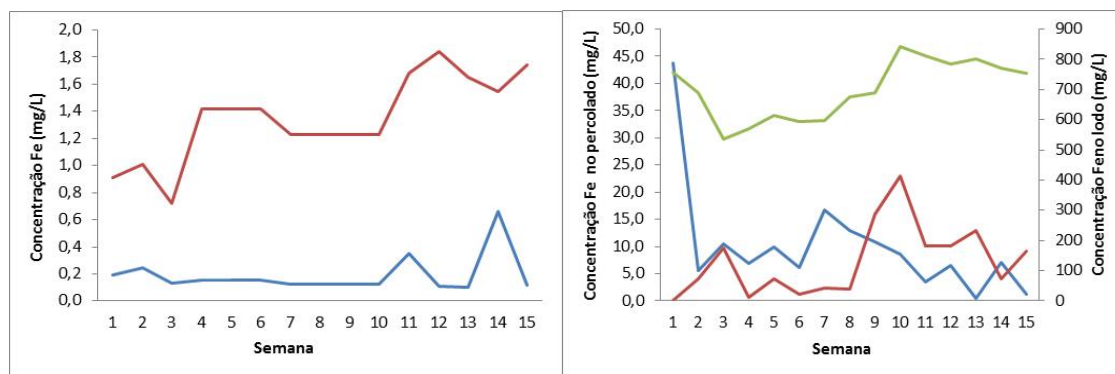


Figura 12. Valores da concentração de ferro (Fe) na água bruta (-) e tratada (-) (a) e para o lodo (-), percolato do bag sem polímero (-) e com polímero (-) (b).

## CONCLUSÕES

O ponto amostral de maior relevância no bag foi à amostra do lodo misturada que recebeu adição de polímero, contribuindo com 53% da variabilidade do estudo. O variável Manganês apresentou uma média variação em relação às demais variáveis, isso ocorreram para as duas condições com e sem polímero.

Em todas as amostras foram analisados metais, destacando-se a presença em maior concentração do alumínio, ferro e manganês. Importante citar que a ETA estudada utiliza como coagulante o sulfato de alumínio.

Percebe-se a retenção de metais no sistema de desaguamento de lodo por geomembranas. A adição do polímero ao lodo ajuda na desidratação e facilita o manuseio para disposição final. No ensaio verificou-se a necessidade de uso contínuo deste produto para assegurar um percolato com baixa concentração de poluentes.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro concedido pela rede TRATALIX (CHAMADA PÚBLICA MCT/MCIDADES/FINEP/Ação Transversal - SANEAMENTO AMBIENTAL E HABITAÇÃO - 7/2009), assim como CNPq e pela CAPES. Agradecem também pelo apoio à UFRPE pela digestão a análise dos metais, a COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) pela disponibilização do lodo e acesso à ETA BOTAFOGO e a ALLONDA Geossintéticos Ambientais pela doação dos bags de geomembranas e apoio técnico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSIS FILHO, R. B. Avaliação do resíduo de malacocultura como absorventes de corante têxteis. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, 2014.
2. CORDEIRO, J. S. Micro propriedades de lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de água. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancun, México, 2002.
3. DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D. B, VOLTAN, P. E. N. Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. Editora LDiBe, São Carlos, SP, 2011.
4. FRANCO, E.S. Avaliação da influência dos coagulantes sulfato de alumínio e cloreto férrico na remoção de turbidez e cor da água bruta e sua relação com sólidos na geração de lodo em estações de tratamento de água. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. PROÁGUA, Universidade Federal de Ouro Preto. 187p. 2009.
5. JANUÁRIO, G.F.; FERREIRA FILHO, S.S. Planejamento e aspectos ambientais envolvidos na disposição final de lodos das estações de tratamento de água da região metropolitana de São Paulo. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 2, 2007.
6. PAULINO, P. M. S. Avaliação do processo de coagulação/floculação seguido de radiação gama para tratamento de lixiviados. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, PE: UFPE, 2011.
7. PIEPER, K. M. C. Avaliação do uso de geossintético para o deságue e geocontenção de resíduos sólidos de estação de tratamento de água. Dissertação de mestrado. Porto Alegre, 2008.
8. NUNES, E. O. Tratamento de água e saúde pública: manual de operações de estações de tratamento de água. CASAN, Florianópolis, 1999.
9. RIBEIRO, F.L.M. Quantificação e caracterização química da ETA Itabirito – MG. Dissertação de mestrado. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. PROÁGUA, Universidade Federal de Ouro Preto. 2007
10. RICHTER, C.A. Tratamento de Lodos de Estações de Tratamento de Água. São Paulo: EditoraEdgardBlücher LTDA, 2001.
11. SILVEIRA,C. Desaguamento de lodo de estações de tratamento de águas por leito de drenagem/secagem com manta geotêxtil. Dissertação de mestrado. Londrina, Paraná, 2011.