



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA DE DESAGUAMENTO MECÂNICO DE LAMA INORGÂNICA PROVENIENTE DA ETE INDUSTRIAL

Fernando Coutinho Albuquerque¹, Luciana Luquini² Edna dos Santos Almeida³

RESUMO

O desaguamento de lama é um processo de segregação das partes líquida e sólida dos efluentes industriais favorecendo a possibilidade a reutilização da torta gerada, a qual é disposta em um aterro industrial cujo tempo de vida é limitado. Para obter esta separação podem ser utilizadas tecnologias mecânicas, térmicas e químicas. Foram realizados ensaios (experimentais) de desaguamento mecânico proveniente do tratamento de efluente inorgânico de uma empresa do ramo de produtos químicos, utilizando uma centrífuga, e filtros esteira e prensa. Com base nos resultados dos ensaios e na avaliação da relação custo/benefício, a tecnologia de filtro esteira foi a mais eficiente. Visando a otimização do processo, foi implantada uma unidade piloto na estação de tratamento de efluentes, sendo estudadas as vazões de alimentação da lama, de água para lavagem das telas, a quantidade e tipo de polímero, as concentrações de sólidos na lama e na corrente desaguada, e o teor de umidade da torta. Através destes resultados foi possível determinar a eficácia do processo para a escala industrial e as suas condições operacionais.

Palavras chaves: Desaguamento; Matéria Seca; Filtro Esteira; Polímero; otimização do processo

EVALUATION OF MECHANICAL DEWATERING TECHNOLOGY OF INORGANIC SLURRY FROM WWTP INDUSTRIAL

ABSTRACT

Slurry dewatering is a solid and liquid industrial wastewater segregation process, collaborating with a possible cake reuse, which is disposed on a landfill whose useful life⁴ is getting to its end. Different technologies like mechanical, chemical and also thermal oxidation may be applied to dewater the slurry. A chemical company, having an inorganic slurry, decided to apply a mechanical technology experiment, using centrifuge, filter press and belt filter press to dewater its slurry. Belt filter press presented best results to those experiments based on dewatering and also cost / benefit application. That company seeking for a process optimization had installed a belt filter press pilot plant on its site and began collecting data related to slurry feeding flow, water flow to wash the belt, the type and the amount of polymer addition, solids content on slurry and also on water leaving the equipment, and the solids content on the cake. Those data subsidized information to evaluate process efficiency, operation conditions and equipment design to be used.

Keywords: Dewatering; Solids content; Belt filter press; Polymer; Process Optimization

Trabalho recebido em 18/11/2011 e aceito para publicação em 30/06/2012

¹ Eng. Químico, Gerente Executivo Corporativo de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade da Ultracargo/Tequimar, Especialista em Soluções Ambientais para Pólos Industriais pelo SENAI; e-mail: fernando.coutinho@ultracargo.com.br

² Eng. Ambiental, Engenheira Ambiental da UFC Engenharia, Especialista em Soluções Ambientais para Pólos Industriais pelo SENAI; e-mail: lucianaluquini@gmail.com

³ Química, Mestre em Química Analítica, Doutora em Ciências, Professora na Faculdade de Tecnologia SENAI CETIND; Endereço para correspondência: Av. Luis Tarquínio Pontes, 938, Aracuí, Lauro de Freitas, Bahia, CEP 42700000; email: ednasa@cetind.fieb.org.br ou edna.almeida@pq.cnpq.br

1. INTRODUÇÃO

Na literatura foram encontrados estudos para o desaguamento de lodo em estações de tratamento de água (ETA) e de efluentes (ETE), tais como o de Rak e Kucharski (2009) que estudaram o gerenciamento de lodo em ETA, o de Verreli *et al* (2009) que avaliaram o desempenho de desaguamento de lodo em ETA, o de Satyamurthy e Bathia (2009) que analisaram o resultado do desaguamento da lama utilizando geotêxteis em ETE e o de Stickland *et al* (2008) que estudaram as propriedades de desaguamento do lodo de uma ETE, utilizando testes de sedimentação e filtração.

A redução do volume de lamas geradas em estações de tratamento de efluentes (ETE) para uma posterior disposição é uma necessidade comum encontrada em diversas unidades industriais, sendo inclusive inserido nas técnicas de tratamento de resíduos da Produção mais Limpa, já que contribui na maximização do espaço útil do aterro industrial, resultando em benefícios econômicos e ambientais.

Segundo Andrade (2007), a produção mais limpa visa reduzir a geração de resíduos nos processos produtivos, prioritariamente na fonte geradora, seguida pela técnica de reciclagem interna e

externa, e por último o tratamento de resíduos com a aplicação de tecnologias específicas.

O estudo para definir a tecnologia a ser empregada é fundamental para se obter o sucesso na sua implementação. Segundo Hammer (1979), a tecnologia escolhida para o processamento de lodos e lamas é função da capacidade, do tipo e da localização da estação de tratamento, com suas respectivas operações unitárias e métodos de disposição do resíduo sólido. Já Manahan (2005) considera que a escolha da tecnologia deste tratamento passa por uma análise da natureza do resíduo, onde são avaliadas sua forma física, densidade, composição química, solubilidade e volatilidade dentre outras propriedades que o mesmo possua. No presente estudo fizemos a composição das definições destes dois autores, descritas acima, buscando-se avaliar o ensaio considerando a localização do empreendimento, a tecnologia de desaguamento, a forma física e propriedades do material desaguado e o método de disposição do resíduo obtido.

Dentre algumas das tecnologias existentes podemos citar processos de separação e concentração do tipo: leitos de secagem, membranas, filtros, centrífugas, e também os processos térmicos. As duas tecnologias mais utilizadas são filtro

esteira e centrífuga. (MAMAIS *et al.*, 2009).

A tecnologia de desaguamento de lamas por sistemas naturais - lagoas ou leitos de secagem é utilizada quando a instalação industrial dispõe de área para a sua implementação. Esses sistemas têm a vantagem de requerer um baixo consumo de energia e não necessitam, normalmente, de adição de produtos químicos, sendo viabilizados com um custo de investimento reduzido. Entretanto, dentre as desvantagens estão a susceptibilidade às condições climáticas, o aumento do potencial poluidor das águas subterrâneas e a necessidade de investimento em mão de obra intensiva para a remoção de sólidos. (TCHOBANOGLIOUS, 1991).

Outra tecnologia existente para o desaguamento utiliza geomembranas, também conhecidas como geotêxteis. Martins (2006) relata que o seu método de desaguamento utilizado envolve o bombeamento do material dragado para o interior de tubos geotêxteis, os quais permitem que haja a filtração da parte aquosa pelas aberturas de filtração da geomembrana. Com isto, a parte sólida fica retida no interior da geomembrana para posterior disposição. Os autores deste artigo fizeram uma visita a Unidade da CETREL, no município de Camaçari-BA, para verificar o uso dos geotêxteis quanto a sua funcionalidade no desaguamento. Após

algumas reuniões com o corpo técnico da empresa e visitas em campo realizadas, ficou constatado que, embora a geomembrana seja eficiente quanto ao desaguamento, há a necessidade de disponibilização de uma grande área para a instalação dos tubos geotêxteis, caso os mesmos tenham que ser usados de forma contínua. É importante destacar ainda, que outras desvantagens das geomembranas são: o elevado custo de aquisição e a impossibilidade de reutilização das mesmas após reter o sólido, pois para a remoção destes é necessário danificar a geomembrana rasgando a mesma (informação verbal obtida junto ao técnico da CETREL).

Já os processos térmicos de desaguamento de lama buscam, além da redução do volume, destruir compostos tóxicos e patogênicos, assim como remover compostos voláteis pela conversão parcial ou total destes em um produto oxidado, preferencialmente tendo-se como resultado o gás carbônico e a água (TCHOBANOGLIOUS, 1991; MANAHAN, 2005). A Resolução CONAMA nº 316/2002 (BRASIL, 2002), no seu § 2º art. 2º, inciso III, estabelece que tratamento térmico é todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima de uma temperatura mínima de 800°C. Dentre os processos térmicos de tratamento existentes um dos mais

comumente utilizados é a incineração. Este processo tem como vantagens a redução de peso e volume, destruição de substâncias perigosas, possibilidade de recuperação de calor e energia e a instalação da operação em pequena área construída. Porém, tem como grandes desvantagens, o alto custo de investimento para a sua implementação e a necessidade de dispor as cinzas geradas neste processo térmico.

O método de desaguamento utilizando filtração e centrifugação, também chamado de desaguamento mecânico, possibilita a redução significativa do volume do material além de garantir um maior teor de matéria seca (MS). No processo de centrifugação, a separação sólido-líquido é realizada através de uma força centrípeta. As centrífugas horizontais são as mais conhecidas e utilizadas em processos de desaguamentos. Estas centrífugas apresentam como vantagens a obtenção de um líquido com baixo odor, além de possuírem capacidade de parar e partir rapidamente. Porém, têm como desvantagens: o alto custo de energia e a manutenção (TCHOBANOGLIOUS, 1991). O desaguado possui um teor de sólidos que oscila entre 8 e 12% MS, quando não se faz adição de polímeros, e 20 a 30% MS quando se adiciona o polímero, considerando-se uma concentração de

sólido de 1 a 2% MS na corrente influente da centrífuga (MALINA, 1993).

O processo de filtração utilizando filtro prensa é utilizado quando se requer a obtenção de uma matéria seca (torta) com elevado grau de secagem (geralmente acima de 30% de MS). Para o processo de filtração são empregadas pressões efetivas elevadas, acima de 15 bar (SENAI, 1991). Dentre as vantagens deste processo podemos citar: a obtenção de uma torta com elevado teor de sólidos e um filtrado com baixo teor de sólidos suspensos. Contudo, existem desvantagens tais como: uma operação descontínua (tempos de pressagem variando de 1 a 6 horas), um custo maior de implementação e maior necessidade de área para instalação (TCHOBANOGLIOUS, 1991; CLAAS, 2003).

O processo de filtração utilizando filtro esteira é utilizado quando se requer uma torta com um teor de MS oscilando entre 20 a 30%. Este processo requer a adição prévia de um polímero antes da alimentação do filtro para permitir o desaguamento. Este filtro tem como característica a existência de duas esteiras contínuas que são tensionadas para facilitar o desaguamento. Este inicialmente é feito por ação da força da gravidade sobre a esteira e, em seguida, a lama é encaminhada às zonas de compressão, onde a esteira é comprimida

gradativamente entre rolos, fazendo com que ocorra o desaguamento do material por liberação da água intersticial, produzindo assim, uma torta seca e quebradiça (Wakeman, 2007). Os filtros esteiras têm a vantagem de operar continuamente, com baixo consumo de energia, menor custo de instalação, comparado às tecnologias utilizando centrífugas e filtro prensa, e ainda serem mais fáceis de manter. Dentre as desvantagens, foram identificadas: a sua sensibilidade às características do material a desaguar, além de requerer a troca da esteira num período relativamente curto (inferior a um ano em média). (TCHOBANOGLIOUS, 1991; CLAAS e MAIA, 2003).

Considerando que a empresa avaliada não dispõe de grande área para instalação de uma unidade de desaguamento assim como não desejava despende de um alto desembolso de capital para implantação deste projeto é que se optou pela tecnologia de desaguamento mecânico para ser estudada.

O efluente estudado é constituído principalmente por carbonato de cálcio e sílica, contendo em menor quantidade sais de alumínio, ferro, sódio e magnésio. Devido ao seu elevado teor de sólidos, foi feito um tratamento com ácido clorídrico para solubilizar parte dos sólidos, transformando parte dos carbonatos em cloretos. A lama gerada deste tratamento

seguia para uma bacia de sedimentação, e após dragagem, era encaminhada para um aterro de disposição existente na unidade fabril. A quantidade média destinada para aterro era de 200 m³/h. Devido ao alto nível de preenchimento que se encontrava o aterro, a aplicação da tecnologia de desaguamento foi indicada.

Desta forma, o artigo tem por objetivo avaliar os resultados dos ensaios, laboratoriais e em unidade piloto, do desaguamento da lama inorgânica de uma empresa, com a finalidade de verificar qual a tecnologia de desaguamento mecânico mais apropriado a ser empregada e se os resultados apresentados em laboratório são reproduzidos em unidade piloto para posterior extrapolação à escala industrial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizado teste em escala de laboratório e em unidade piloto. No teste de laboratório foram realizados ensaios comparativos entre as tecnologias por centrifugação e por filtração, esta última utilizando os filtros prensa e esteira. Os resultados subsidiaram informações para a seleção da tecnologia mecânica a ser testada na unidade piloto.

Na análise experimental, foram avaliados o tipo e dosagem de polímero utilizada no teste de jarro, “Jar Test” (DEPARTMENT OF THE ARMY, 2001),

e o resultado do teor de umidade da torta. Já no teste piloto, foram analisadas as vazões de alimentação da lama, da água para lavagem das telas, dos polímeros, concentrações de sólidos na lama que alimenta o equipamento e na corrente desaguada, e o teor de umidade da torta.

As vazões de lama e água para o filtro foram medidas através de medidor ultrassônico, modelo Siemens 1010WP, e transdutores modelo 1011 Universal tamanhos B3 e C3. As vazões de polímero foram medidas através da redução de nível no tanque dosador pelo período de tempo operado. O vaso dosador continha uma régua graduada no interior do mesmo.

As análises de concentração de sólidos, da lama e do desaguado, e o teor

de umidade da torta foram realizadas por métodos padrões (APHA, 2005).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a lama em questão não foram encontrados estudos de desaguamento mecânico que considerem as mesmas características de composição da lama aqui estudada, quais sejam carbonatos, cloreto de cálcio, e silicatos. Assim, o presente trabalho assume caráter científico inédito. A Figura 1 apresenta as porcentagens da composição de sólidos presentes na lama.

A tecnologia de desaguamento por centrifugação foi a que apresentou o desempenho menos satisfatório tanto no consumo de polímeros quanto no teor de sólidos na matéria seca, comparada às tecnologias por filtração.

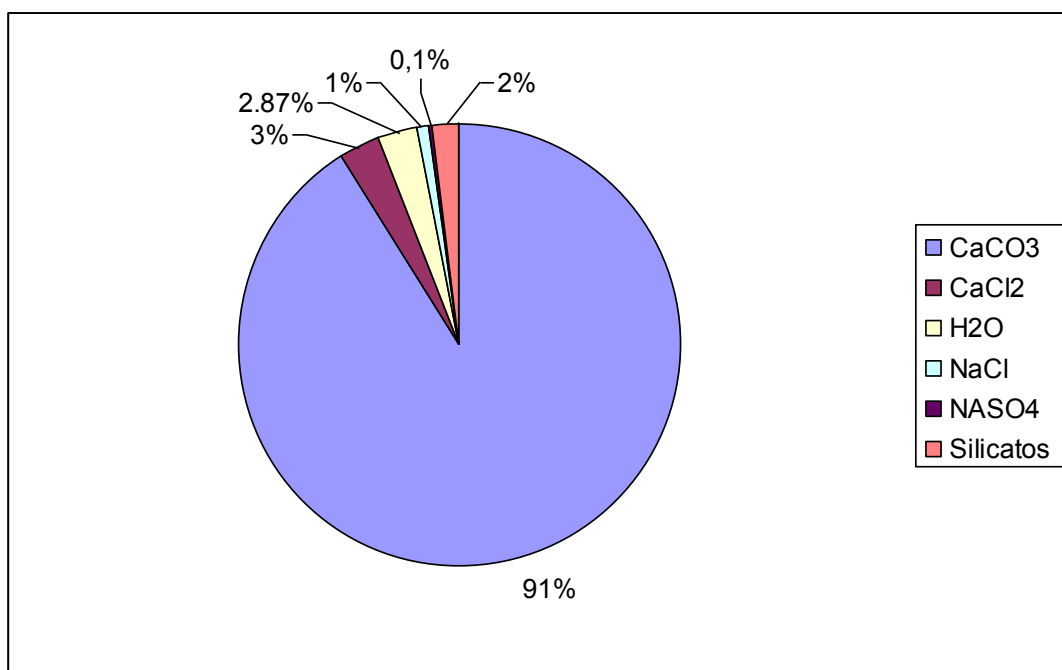


Figura 1: Composição de sólidos na lama a desaguar

Na Figura 2, o ensaio de nº 1 corresponde ao realizado com uso de uma centrífuga, o de nº. 2 com o filtro esteira e o de nº. 3 com o filtro prensa. Ensaios experimentais comprovaram que este tipo de lama pode ser desaguado utilizando a tecnologia de desaguamento mecânico.

Pelos dados apresentados na Figura 2, pode-se observar que a tecnologia por filtração utilizando filtro prensa apresentou o melhor resultado tanto no menor

consumo de polímero quanto no teor de matéria seca. Contudo este processo é de operação em batelada e a geração da lama é contínua. Considerando os custos para instalação de tanques para armazenamento da lama e o custo de instalação desta tecnologia em comparação com a de filtro esteira, esta tecnologia foi considerada inviável para o emprego no processo a qual se destina.

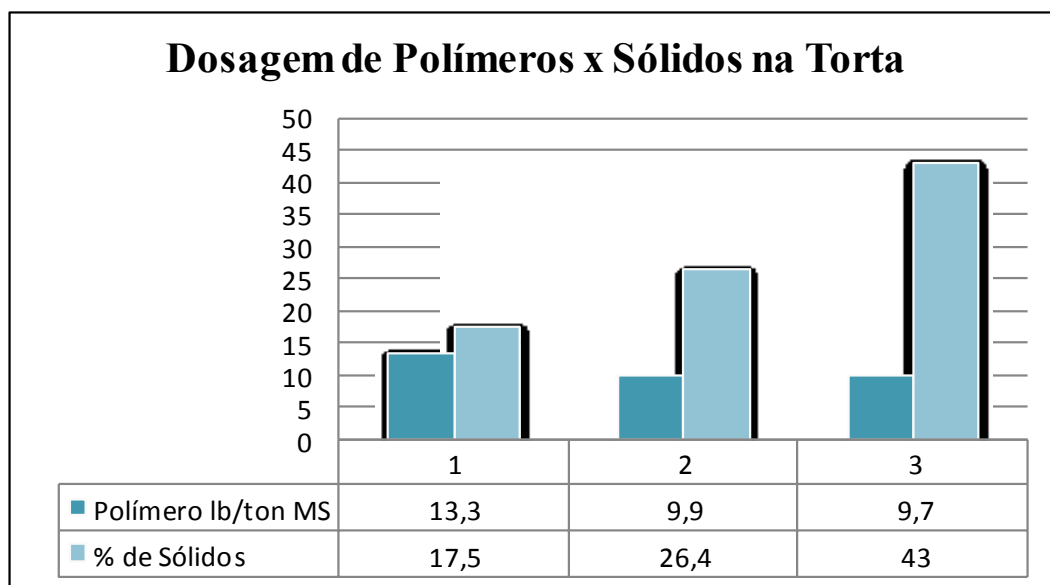


Figura 2: Ensaio experimental de desaguamento mecânico da lama

Com isto os resultados do ensaio experimental subsidiaram informações para a escolha do filtro esteira devido às características do material a desaguar, a necessidade de operação contínua do equipamento, menor custo de implantação, assim como menor custo operacional. Com base nesta escolha para o desaguamento, foi instalada uma unidade piloto na Estação de Tratamento de Efluentes da

empresa visando à validação desta tecnologia. Para a realização do ensaio foi utilizado um filtro esteira de pequeno porte, fabricado pela Filsan, com um sistema auxiliar de preparação e dosagem de polímero. Este sistema piloto foi colocado em operação para coleta de dados e validação do ensaio. A capacidade do filtro utilizado corresponde a 10% da vazão requerida da escala industrial.

Devido à necessidade de se utilizar um polímero para agregar a lama e facilitar o desaguamento, foi realizado um Teste de Jarro (Jar Test) para definir qual o polímero mais adequado ao uso. Como agente floculante foi utilizado um copolímero aquoso de acrilamida e derivado catiônico de ácido acrílico em emulsão de hidrocarbonetos alifáticos. O copolímero foi preparado em soluções com uma concentração de 0,25% p/vol. Para se ter uma maior eficiência na floculação da lama, o copolímero é adicionado na linha de alimentação da zona de gravidade do filtro.

Tendo em vista que o polímero pode impactar significativamente no custo operacional deste sistema, e considerando que existe uma variação de temperatura no tanque de sedimentação da lama que pode chegar até a 30 °C, foi traçado uma curva do custo excedente do polímero para cada grau adicional de temperatura da lama (**Figura 3**). Diante do exposto buscou-se ajustar a temperatura no interior do tanque de sedimentação visando reduzir substancialmente o gradiente de temperatura neste tanque.

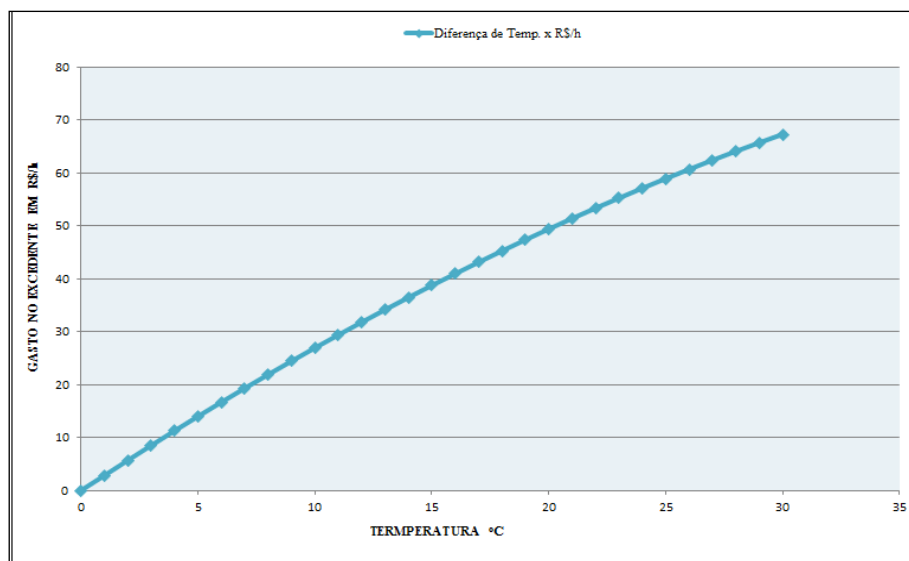


Figura 3: Perdas no consumo de polímeros devido a variação de temperatura da lama

O polímero deverá ser agitado por pelo menos 30 minutos, após sua preparação, visando abrir as suas cadeias e melhorar o seu desempenho de atuação. A este período de tempo chamamos de Maturação (DEPARTMENT OF THE

ARMY, 2001). Para se obter um menor consumo de polímero faz-se necessário dar o devido tempo de maturação ao mesmo, quando de sua preparação. Outro ponto também a ser observado é o aumento de temperatura da lama na bacia de

decantação, o qual deve ser evitado, pois este gradiente de temperatura impacta negativamente no consumo de polímero adicionado para o deságüe.

As amostragens e monitoramento da lama que alimenta o filtro esteira, do desaguado do filtro, do teor de umidade da torta e as medições de vazão do sistema do filtro possibilitaram construir um balanço mássico visando facilitar o acompanhamento do teste de validação (Figura 4 e Tabelas 1 e 2).

Pelo balanço acima se verificou que embora a corrente de lama apresente uma

grande quantidade de água que necessita ser desaguada, ocorre também uma adição significativa de água de processo no sistema para lavagem e limpeza das esteiras do filtro. É importante também observar que a maior corrente de água sai do filtro através da corrente do desaguado.

O balanço de sólidos do filtro mostra que aproximadamente 10% da quantidade de sólidos que alimenta o filtro sai do mesmo através da corrente de água do desaguado.

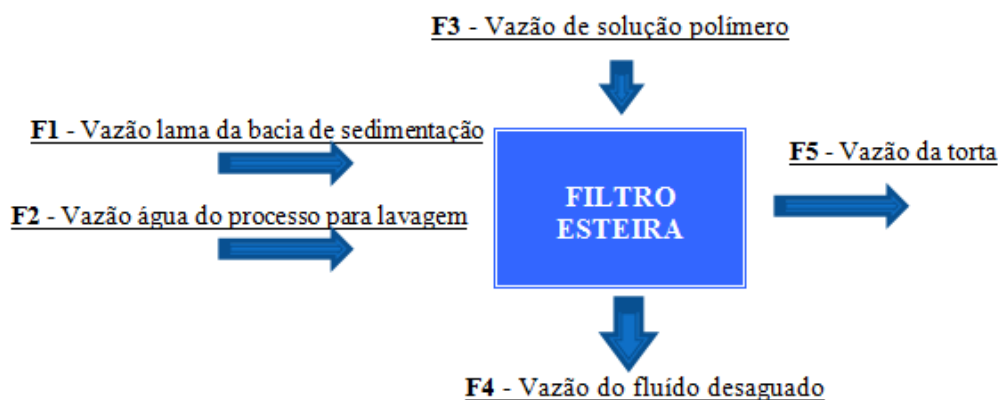


Figura 4 – Balanço mássico do sistema do filtro esteira

Tabela 1 – Balanço de líquido que alimenta e sai do filtro esteira - kg h^{-1}

$L4 + L5 = L1 + L2 + L3$	
L1	5.047,47
L2	2.600,00
L3	375,00
L4	7.380,49
L5	641,98

L1 = Vazão de água contida na lama que alimenta o filtro

L2 = Vazão de água do processo para lavagem das esteiras do filtro

L3= Vazão de água contida na solução de polímero que alimenta o filtro

L4= Vazão de água contida no desaguado que deixa o filtro

L5= Vazão de água contida na torta que deixa o filtro

Tabela 2 – Balanço de sólido que alimenta e sai do filtro esteira – kg h^{-1}

$S1 + S2 + S3 = S4 + S5$	
S1	199,4
S2	0,00
S3	0,00
S4	20,14
S5	179,24

S1 = Vazão de sólidos contidos na lama que alimenta o filtro

S2 = Vazão de sólidos contidos na água do processo para lavagem das esteiras do filtro

S3= Vazão de sólidos contidos na solução de polímero que alimenta o filtro

S4= Vazão de sólidos contidos na água do desaguado que deixa o filtro

S5= Vazão de sólidos contidos na torta que deixa o filtro

O Balanço de Material apresenta resultados de desaguamento com os teores de sólidos na lama de alimentação, no filtrado e na torta (MS) produzida. Pode-se observar que os valores médios

determinados de teor de sólidos nas tortas encontram-se próximos de 28%, o que representa desidratação significativa da lama (**Figura 5**).

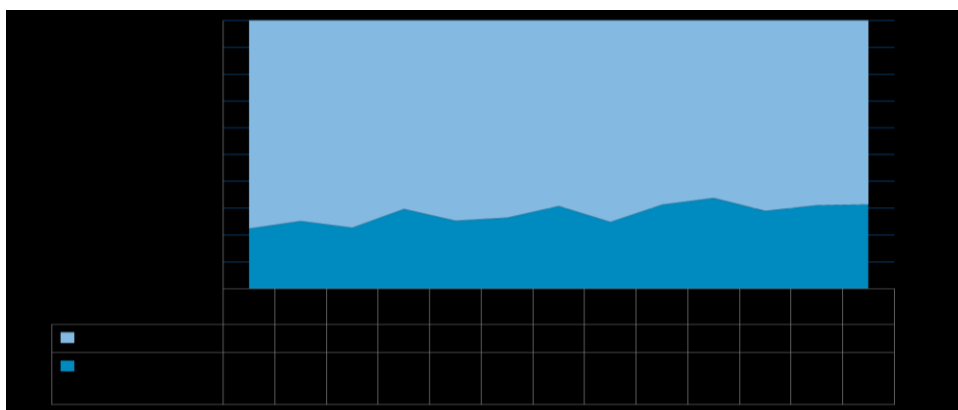


Figura 5. Teor de sólidos.

As condições operacionais e os resultados dos ensaios indicaram que, para que haja um desaguamento eficaz, é necessário que o polímero seja adicionado o mais próximo possível da alimentação de lama no filtro, e que as telas sejam continuamente lavadas para reduzir a sua colmatação. A adição de polímero à lama, antes de desaguar, faz-se necessária para garantir um melhor desempenho no desaguamento além de propiciar um filtrado com baixo teor de sólidos. A quantidade média de polímero gasto, no ensaio piloto, ficou em 10,36 lb/Ton matéria seca, um pouco acima do valor de 9,9 lb/ton MS que foi obtida durante o ensaio experimental. As variações nas condições operacionais, vazão e temperatura, contribuíram para este incremento.

Na maioria dos ensaios, as tortas se apresentaram compactas e secas e com boa soltura das telas da esteira.

Durante o ensaio pode-se obter uma torta com um teor de sólido entre 22% e 34%, e com um teor médio de sólido de 28%. Este teor de sólido valida os dados teóricos apresentados para este tipo de tecnologia. Esta redução no volume de lama e aumento no teor de sólidos no material permitirá estender o tempo de utilização do aterro por pelo menos mais cinco anos.

A validação do ensaio em escala piloto disponibilizou informações para cálculos de balanço de massa bem como favoreceu a obtenção de parâmetros de processo que viabilizassem as informações de engenharia para elaboração da engenharia básica do projeto.

A escolha do equipamento de desaguamento não está apenas atrelada à condição de teor de matéria seca no desaguado, mas também na flexibilidade operacional e seus respectivos custos de instalação e operação. Os ensaios realizados definiram ser a tecnologia de desaguamento mecânico por filtro esteira a mais adequada a ser utilizada.

4. CONCLUSÃO

Considerando que a lama avaliada apresentou características intrínsecas diferente de lamas geradas em outros processos industriais, os resultados obtidos dos estudos experimentais e teste piloto indicaram que a tecnologia de desaguamento mecânico por filtro esteira é a mais apropriada para o caso em estudo, visto a redução entre a fase líquida (úmida) que compõe a torta para fase líquida da lama foi de 87% de extração de água, o que possibilita a extensão da vida do aterro industrial, local onde a lama desaguada é disposta, entre cinco a sete anos.

Para a sucesso deste ensaio foi importante otimizar o processo de operação da bacia de sedimentação da lama através de um melhor ajuste operacional da temperatura desta bacia e também fazer a adição de polímero na corrente de alimentação do filtro.

A tecnologia de desaguamento mecânico por filtro esteira para a lama estudada demonstra ser técnica e operacionalmente viáveis. No prosseguimento desta pesquisa, deverá ser avaliada a reutilização da água do filtrado para a lavagem das telas do filtro, assim como buscar uma simbiose industrial para a torta obtida, considerando que esta apresenta uma composição rica principalmente em cálcio, além de alumínio, ferro e magnésio, sendo que a mesma pode ser utilizada em outro processo industrial. Estes dois requisitos estão alinhados com o Princípio de Produção mais Limpa.

5. REFERÊNCIAS

- APHA/AWWA/WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 19ª edição. Nova Iorque: American Public Health Association, 1268p., 2005.
- ANDRADE, J. C. S., MARINHO, M. M. O., CARDOSO, L. M. F., SANTOS, J. O., Análise dos Balanços Ambientais no Estado da Bahia da Perspectiva da Produção Limpa. *RGSA – Revista*

- de Gestão Social e Ambiental.** V. 1, Nº. 1, pp. 66-81. 2007.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. 2002. **Resolução nº. 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos.** DOU n°. 224, 20/11/2002.
- CLAAS, I. C.; MAIA, R. A. M.. 2003. **Efluentes Líquidos.** Brasília: SENAI/DN. 310 p, 2003.
- DEPARTMENT OF THE ARMY. **Engineering and Design: Precipitation/Coagulation/Flocculation.** Washington, U.S. Manual Nº. 1110-1-4012. 101 p., 2001
- HAMMER, M.J.. **Sistemas de abastecimento de águas e esgotos.** Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, 462p., 1979.
- MALINA, J. F.. **Tratamento e Destino Final do Lodo.** Rio de Janeiro. II Seminário de Transferencia de Tecnologia. 89 p., 1993.
- MAMAI, D., TZIMAS, A., EFTHIMIADOU, A., KISSANDRAKIS, J., ANDREADAKIS, A., Evaluation of Different Sludge Mechanical Dewatering Technologies. Rio de Janeiro. **Journal of Residuals Science & Technology**, volume 6, V. 1. 89 p., 2009.
- MANAHAN, S. E.. **Environmental Chemistry.** Florida. CRC Press, 8 ed, 783 p., 2005.
- MARTINS, P. M.. **Utilização de tubos geotêxteis para o desaguamento de rejeitos de mineração.** São Paulo. 161 f. Tese de mestrado - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José do Campos, 2006.
- RAK, J. R.; KUCHARSKI, B.. Sludge Management in Water Treatment Plants. **Environment Protection**

- Engineering, Volume 35, v. 2,** 15-21 p., 2009.
- SATYAMURTHY, R. & BATHIA, S. K.. Effect of polymer conditioning on dewatering characteristics of fine sediment slurry using geotextiles. **Geosynthetics International**, Volume 16, V. 2, 83-96 p., 2009.
- STICKLAND, A. D., BURGESSA, C., DIXON, D. R., HARBOUR, P. J., PETER J. SCALES, P. J., STUDER, L. J., SHANE P. USHER, S. P.. Dewatering properties of wastewater treatment sludges from filtration and sedimentation testing, **Chemical Engineering Science**, v. 63, 5283-5290 p., 2008.
- SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Introdução ao Tratamento de Efluentes Industriais**. Rio Grande do Sul. Orientações básicas para tratamento de efluentes industriais - Módulo II. 58-60p., 1991.
- TCHOBANOGLIOUS, G. **Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse**. New York: Metcalf & Eddy, 3rd ed., 1334 p., 1991.
- VERRELI, D. I; DIXON, D. R.; SCALES, P. J., Assessing dewatering performance of drinking water treatment sludges. **Journal of the International Water Association**, V. 44 1542–1552, 2009.
- WAKEMAN, R. J.. Separation Technologies for sludge dewatering. **Journal of Hazardous Materials**, v. 144, 614-619, 2007.