



I-372 – DESIDRATAÇÃO DO LODO PRODUZIDO NA ETA-BRASÍLIA EM FILTRO PRENSA DE LABORATÓRIO

Marília Bomtempo Pereira⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade de Brasília/UnB.

Gustavo Costa Guimarães

Engenheiro Civil pela Universidade de Brasília/UnB, Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília/UnB. Analista Operacional da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal/CAESB.

Cristina Celia Silveira Brandão

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília-UnB. Phd. Professora Titular da Universidade de Brasília – UnB.

Endereço⁽¹⁾: Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), SAIN, Área Especial Caesb, ETA-Brasília, CEP 70.620-000, Brasília, DF

RESUMO

O manejo e tratamento de resíduos de Estações de Tratamento de Água tem sido cada vez mais estudado. Nesses estudos, observa-se a dificuldade na remoção de água de resíduos predominantemente orgânicos, em especial quando desidratados por centrifugação. Nesse contexto, o presente trabalho se propõe a avaliar, de forma preliminar e em escala de bancada, a alternativa de desidratação por filtração forçada em filtro prensa de laboratório. Como objeto de estudo, foi utilizado o lodo produzido na ETA Brasília (de caráter predominantemente orgânico), coletado diretamente do flotador, no processo de tratamento de água. Nos experimentos de filtração forçada, foram avaliados a influência dos polímeros utilizados no condicionamento do lodo, assim como da manta utilizada, das pressões aplicadas e do tempo de filtração forçada. Os resultados indicaram que condicionamento químico é essencial na filtração forçada, sendo que o tipo de polímero deve ser testado, tendo o polímero aniônico apresentado melhor efeito de desidratação. Quanto ao tipo de manta utilizado, foi verificado que a mesma não influi nos resultados (em relação ao teor de sólidos obtido na torta desidratada), uma vez que a filtração ocorre no próprio meio, e não na manta. Melhores resultados foram obtidos para a pressão de 8 atm, embora o ganho em desidratação em relação a pressão de 6 atm tenha sido pequeno. De uma forma geral, não foi observada uma melhor adequabilidade do processo de filtração forçada para o tratamento de lodos de origem orgânica, uma vez que os resultados obtidos foram semelhantes aos verificados no processo de desidratação por centrifugação.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo, filtro prensa, desidratação, filtração forçada.

INTRODUÇÃO

O tratamento dos resíduos de ETAs é basicamente uma operação de remoção de água, tendo por objetivo viabilizar o transporte desses resíduos até a alternativa de destinação final selecionada, tanto em termos técnicos quanto de custo, além de enquadrá-los às exigências ambientais existentes. Vários fatores influem na desidratabilidade dos lodos, e é necessário aprofundar os estudos relacionados ao tema, de forma a otimizar os processos de adensamento e desidratação no tratamento dos resíduos do tratamento de água.

A ETA-Brasília (vazão média de 1.400 L/s), importante unidade do sistema de abastecimento operado pela Caesb – Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal, está sendo reformada, e em sua nova concepção será uma ETA de tratamento completo, com flotação a ar dissolvido e filtração descendente em filtros de camada dupla de areia e antracito. O lodo produzido será desidratado em *decanters* centrífugos.

Estudos anteriores (Guimarães, 2007; Guimarães e Brandão, 2007; Marwell, 2004) demonstraram a baixa desidratabilidade dos lodos da ETA-Brasília - de caráter predominantemente orgânico, devido à presença de algas no manancial utilizado. Nesses estudos, a desidratação em centrífuga dos lodos da ETA-Brasília foi comparada com os resultados obtidos com lodos produzidos de outra estação (ETA-Descoberto), cujos resíduos apresentam caráter predominantemente inorgânico.



Segundo Guimarães e Brandão (2007), o processo físico de separação sólido líquido não influencia significativamente na desidratabilidade dos resíduos de ETAs, sendo que lodos produzidos tanto por flotação quanto por sedimentação apresentam resultados semelhantes após desidratação em centrífuga. Segundo os autores, a origem do problema estaria, portanto, na natureza orgânica dos lodos, uma vez que a presença de algas pode alterar a estrutura dos flocos dos lodos, reduzindo sua desidratabilidade.

Tendo em vista recomendação de Schofield (1997), de que, especialmente para lodos orgânicos, os únicos equipamentos mecânicos de desidratação capazes de produzir tortas com concentrações de sólidos acima de 25% seriam o filtro prensa de placas e o filtro prensa diafragma, Guimarães e Brandão (2007) realizaram testes com um filtro prensa de laboratório. Como o desempenho na desidratação em centrífuga e no filtro prensa de laboratório foram similares, em termos da concentração de sólidos na torta, não foi verificada uma melhor adequabilidade do processo de filtração forçada para o tratamento de lodos de natureza orgânica, ratificando sua hipótese inicial de que lodos de natureza orgânica têm desidratabilidade inferior aos lodos de natureza inorgânica.

Com a finalidade de aprofundar o conhecimento em relação ao processo de filtração forçada, o presente trabalho aborda a seqüência desses estudos, realizando uma avaliação mais detalhada dos parâmetros de operação do filtro prensa de laboratório, em relação ao condicionamento, a manta utilizada, a pressão aplicada e ao tempo de filtração, tendo por objeto o lodo produzido em flotadores no tratamento da água bruta da ETA-Brasília, de característica predominantemente orgânica, devido a presença de algas.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) e da Universidade de Brasília (UnB).

OBJETIVOS

- Avaliar a desidratação por filtração focada em filtro prensa de laboratório como alternativa de tratamento para lodos de natureza orgânica, tendo como referência os resultados obtidos na desidratação por centrifugação;
- Avaliar a influência da pressão aplicada, do tipo de manta utilizada, do tempo de filtração e do condicionamento com polímeros na filtração forçada em filtro prensa de laboratório

MATERIAIS E MÉTODOS

A ETA-Brasília é responsável pelo tratamento da água de abastecimento de aproximadamente 400 mil habitantes. Quando operada em sua capacidade máxima de projeto, a estação pode tratar uma vazão de 2.800L/s. A ETA-Brasília abastece as localidades Asa Sul, Asa Norte, Setor Sudoeste, Lago Sul, Lago Norte, Cruzeiro, além de complementar o abastecimento do Paranoá (Guimarães, 2007).

Os mananciais utilizados para captação de água são o Torto e Santa Maria, ambos situados dentro do Parque Nacional de Brasília. A água bruta afluenta a ETA-Brasília tem como característica a baixa turbidez e valores de clorofila-*a* significativos, quando comparados aos outros mananciais de abastecimento do Distrito Federal.

O desenvolvimento deste trabalho foi dividido em quatro etapas experimentais. A primeira abordou a definição do melhor polímero para condicionamento do lodo, a segunda consistiu na definição da pressão ótima de filtração. Na terceira e na quarta etapa foi avaliado, respectivamente o efeito do tipo de manta filtração e do tempo de filtração sobre a eficiência da desidratação com filtro prensa. Foi realizado também um estudo comparativo complementar entre a desidratação por meio da centrífuga e do filtro prensa.

As amostras de lodo da ETA-Brasília (de caráter orgânico) foram coletadas nos próprios flotadores da ETA-Brasília, em escala real. O esquema operacional da ETA é apresentado na Figura 1, sendo normalmente utilizados os seguintes parâmetros de operação do sistema de flotação: taxa de aplicação de 300 m/d, taxa de recirculação de 8%, e pressão de saturação de 5 atm. O trabalho experimental foi executado em escala de bancada nas dependências do Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Brasília.

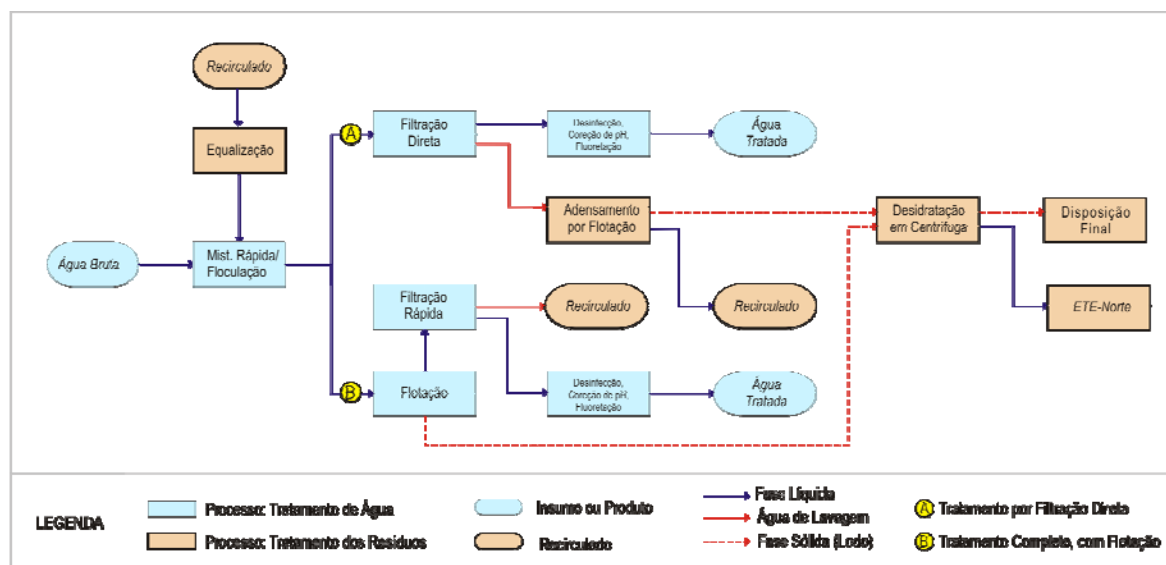


Figura 1 – Representação esquemática da ETA-Brasília

Tendo em vista as recomendações da literatura quanto a aplicabilidade do processo de filtração forçada para desidratação de lodos gerados no tratamento de águas com presença de algas (Schofield, 1997), foram realizados experimentos preliminares de desidratação utilizando-se um filtro prensa de laboratório, baseado em estudo desenvolvidos por Cordeiro (1993). A Figura 2 representa o esquema do filtro prensa de laboratório utilizado, que é constituído por:

- Câmara superior, confeccionada a partir de tarugo de PVC, onde foram instalados manômetro, adaptador para ligação ao compressor, e válvula de alívio;
- Tubo intermediário, de diâmetro interno de 50 mm, confeccionado em PEAD, onde são colocados a amostra (500 mL), a manta de filtração, e um suporte perfurado de alumínio;
- Câmara inferior, também confeccionada a partir de tarugo de PVC, onde se recolhe o clarificado diretamente para uma proveta graduada.

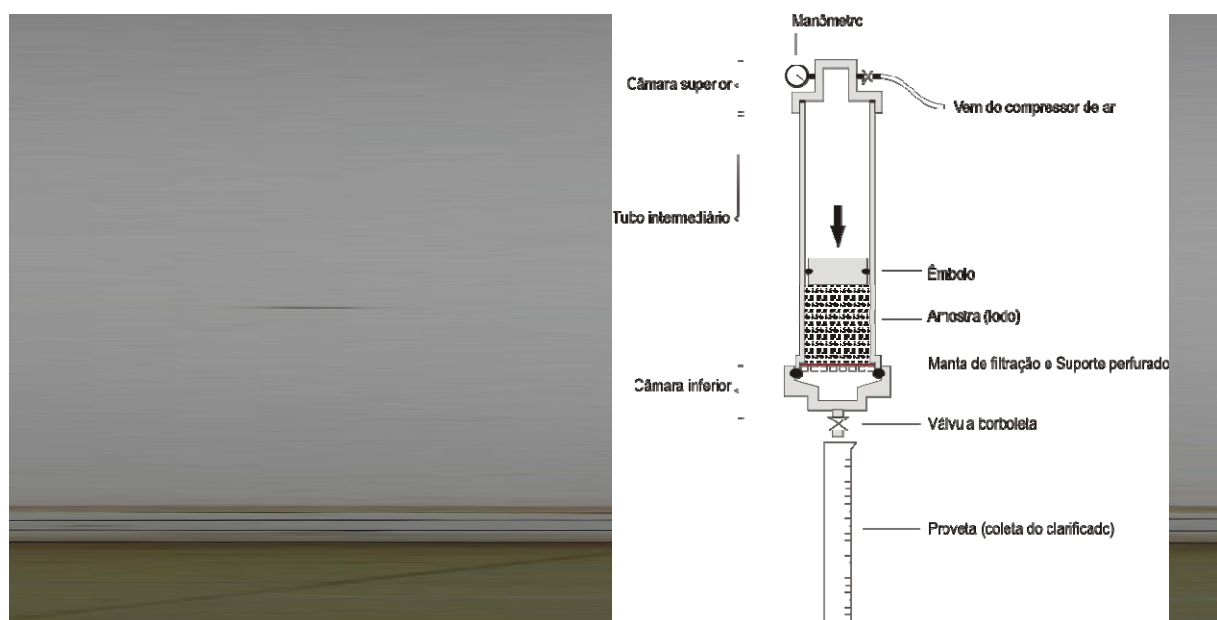


Figura 2: Filtro prensa de laboratório

A realização dos experimentos compreendeu as seguintes operações:

- Coleta do lodo;
- Ensaios de resistência específica para determinação da dosagem ótima, de serragem e de polímero;



- Condicionamento da amostra de lodo (300 mL);
- Colocação da manta de filtração e do suporte perfurado;
- Preenchimento do tubo intermediário com a amostra;
- Fechamento e pressurização do equipamento, a 6 atm;
- Registro da porção de água clarificada removida, a cada 20 minutos;
- Determinação da concentração de sólidos da torta;

Para a filtração forçada, o condicionamento tende a ser decisivo na obtenção de melhores resultados na remoção de água do lodo. O objetivo principal do condicionamento, nesses casos, é evitar que haja uma colmatação excessiva da torta próxima à superfície de filtração, garantindo assim a passagem de água através do lodo, ou seja, sua filtrabilidade. O condicionamento deve emprestar ao lodo características diferentes daquelas desejadas na desidratação por centrifugação, já que deve ser formada uma estrutura no lodo que aumente sua porosidade sem, contudo, aumentar sua compressibilidade. Diferentes materiais têm sido testados com esse objetivo, obtendo-se resultados promissores, tais como o condicionamento com serragem (Cordeiro, 1993) e com gesso (Zhao, 2002). Não só o condicionamento físico permite formar lodos com essas características, já que a aplicação de polímeros também permite condicionar os lodos para filtração forçada.

Conforme mencionado, como referência para comparação dos resultados obtidos na filtração forçada, amostras também foram desidratadas por centrifugação. Nesse caso, as amostras foram condicionadas com polímero, sendo desidratadas em centrífuga de laboratório, a uma energia G^* 1.600 vezes superior a aceleração da gravidade, por um tempo de centrifugação de 80 minutos.

Para permitir uma avaliação do comportamento médio de cada análise, os experimentos foram repetidos por 3 vezes, utilizando lodos coletados em diferentes dias. Para a caracterização das amostras de lodo produzidas, foram realizadas análises de sólidos totais e sólidos voláteis, baseados nas metodologias preconizadas no *Standard Methods* (APHA, AWWA, WEF, 1999).

Nas Tabelas 1 e 2 são relacionadas as características dos polímeros e mantas utilizadas nos experimentos.

Tabela 1 – Características dos Polímeros estudados

Polímero	Caráter Iônico	Peso Molecular
Magnafloc LT20	Não Iônico	Alto
Magnafloc LT22S	Médio/Baixo Catiónico	Muito Alto
Magnafloc LT27	Médio/Baixo Aniônico	Muito Alto
Utilizado na ETA Brasília	Aniônico	-

Tabela 2 – Permeabilidade das mantas estudadas

Manta	Material	Permeabilidade ($\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$)
4400-T	Polipropileno Multifilar	0,6 a 0,8
1097 – TE	Poliéster Multifilar	1,5 a 3,5
4520 - T	Polipropileno Multifilar	2,0 a 4,0

RESULTADOS

Avaliação da influência do tipo de polímero utilizado

Definida as dosagens dos polímeros através de ensaio de resistência específica, foram realizados os experimentos utilizando o filtro prensa de laboratório utilizando a manta 4400-T com permeabilidade 0,6 a 0,8 $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$. Na Tabela 3 estão relacionados os teores de sólidos medidos ao final de cada ensaio no filtro prensa de laboratório para cada polímero testado. Os diagramas obtidos nessa etapa dos experimentos são apresentados na Figura 3.



Tabela 3 – Teor de sólidos após desidratação no filtro prensa de laboratório para cada polímero

	Lodo Natural (não centrifugado)	Catiônico	Aniônico	Não-Iônico	ETA-Brasília
Amostra 1	3,00	5,40	7,16	4,28	4,05
Amostra 2	1,95	5,46	7,18	4,35	4,23
Amostra 3	3,26	5,67	7,15	4,76	4,86

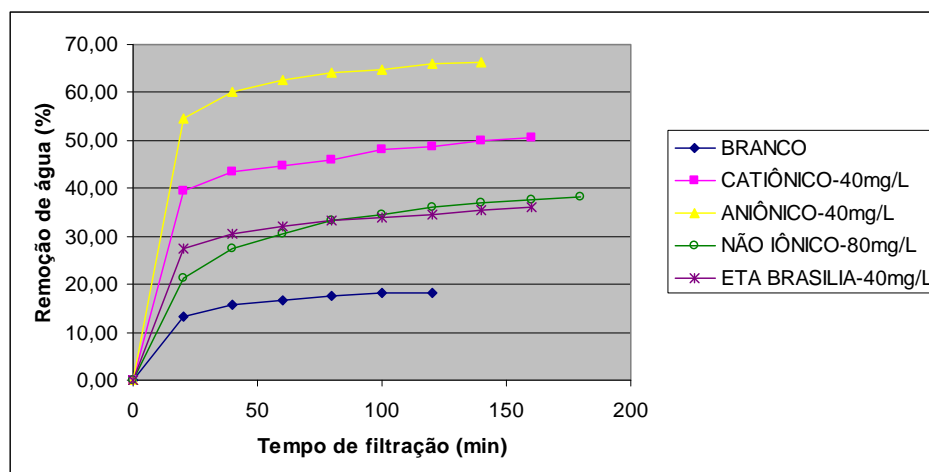


Figura 3 – Porcentagem de remoção de água para cada polímero em sua dosagem ótima em função do tempo de filtração, para a amostra de lodo 1

Dos resultados obtidos, pode ser observado que para as amostras sem condicionamento os resultados da desidratação usando filtro prensa de laboratório são desprezíveis. Segundo Zhao e Bache (2002), o lodo sem condicionamento possui uma compressibilidade bastante elevada, formando uma camada quase impermeável próximo ao meio filtrante, impedindo a drenagem homogênea da amostra.

O polímero aniônico foi o que promoveu um melhor resultado, com um teor de sólidos de 7,2% (Tabela 3).

Avaliação da influência da pressão aplicada

Nessa etapa dos experimentos foram avaliados as pressões de 4, 6 e 8 kgf/cm² utilizando as amostras de lodo 4, 5 e 6 para cada pressão estudada. Foi utilizado o polímero aniônico em sua dosagem ideal, a manta 4400-T de permeabilidade de 0,6 a 0,8 m³/m².min e um tempo de ensaio de 120 minutos. Na Figura 4 são apresentados os gráficos resultantes dessa etapa para uma das mantas e na Tabela 4 são mostrados os teores de sólidos presentes na torta obtidos ao final de cada experimento.

Tabela 4 – Teor de sólidos na torta após desidratação no filtro prensa para cada pressão avaliada

	Pressões Aplicadas		
	4 kgf/cm ²	6 kgf/cm ²	8 kgf/cm ²
Amostra 4	6,90	7,72	8,08
Amostra 5	6,48	7,45	8,02
Amostra 6	5,42	6,78	7,39

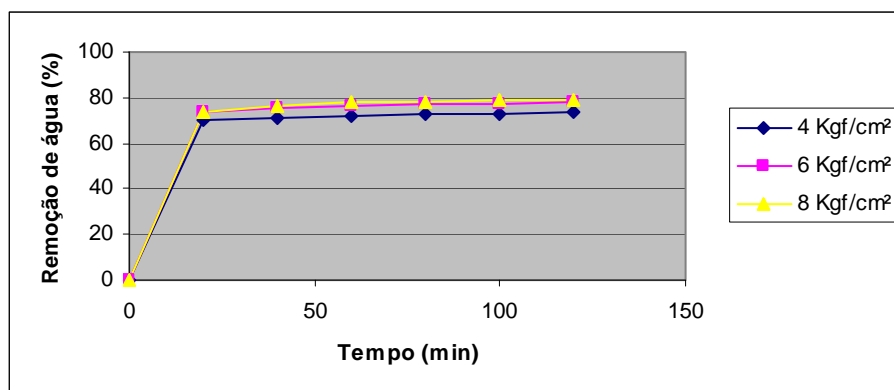


Figura 4 – Porcentagem de Remoção de água do lodo flotado em função do tempo de filtração para a aplicação de diferentes pressões para a amostra 4

Wolfe *et al.* (1996) observaram que com o aumento da pressão na operação a torta formada atinge maior teor de sólidos e Zhao *et al.* (2002) mostraram que esse aumento de pressão atinge um patamar onde a partir do qual torna-se antieconômico o aumento da pressão. Os resultados obtidos nessa etapa confirmam as análises dos autores visto que o aumento da pressão promoveu uma maior desidratação. Dessa forma, foi observado que em termos absolutos a melhor pressão para a filtração dentre as estudadas foi a de 8 kgf/cm², embora seja possível se avaliar que o ganho marginal ao se passar de 6 para 8 kgf/cm², em termos aumento no teor de sólidos não justifique o maior gasto de energia, podendo ser considerado como melhor pressão de trabalho o valor de 6 kgf/cm².

Avaliação da influência da manta de filtração utilizada

Para a avaliação das mantas filtrantes foram utilizadas as amostras 6 e 7 do lodo coletado no flotador. Na Tabela 5 é apresentado o teor de sólidos na torta resultante dessa etapa experimental e na Figura 5 os gráficos de remoção de água obtidos em uma das mantas.

Tabela 5 – Teor de sólidos no lodo após desidratação no filtro prensa de laboratório para cada manta em estudo

	Lodo Natural	4400-T 0,6 a 0,8 m³/m²min	1097 – TE 1,5 a 3,5 m³/m² min	4520 – T 2,0 a 4,0 m³/m²min
Amostra 6	1,70	8,39	7,81	8,46
Amostra 7	2,44	8,61	8,43	8,65

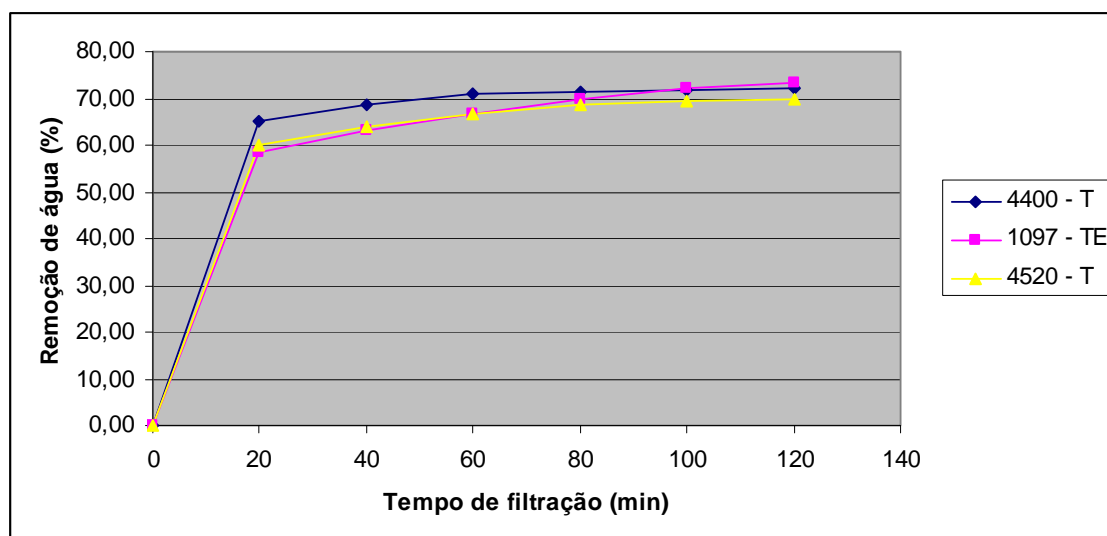


Figura 5 – Porcentagem de remoção de água em função do tempo, em diferentes mantas para a amostra 6

Dos dados obtidos, observa-se que o comportamento e os teores de sólidos atingidos pelas mantas foram similares. Esse comportamento foi observado também nos estudos de Cordeiro (1993) que na ocasião relatou que a filtração do lodo não ocorre na manta, e sim na torta gerada próxima ao meio filtrante.

Avaliação da influência do tempo de filtração

Para a análise da influência do tempo de filtração foram realizados experimentos no filtro prensa de laboratório utilizando os parâmetros definidos nas etapas anteriores. A amostra foi condicionada com polímero aniônico submetida a uma pressão de 6 kgf/cm², com a manta de permeabilidade de 0,6 a 0,8 m³/m² min, até que a produção de filtrado cessasse.

Analisando a Tabela 6 observa-se que para o volume de 300 mL o ensaio durou cerca de 4 horas, obtendo-se um teor de sólidos na torta máximo de 11,73 % e por mais que se estendesse o tempo de ensaio o teor de sólidos não se alteraria. Esses resultados sugerem que o lodo da ETA-Brasília possui uma maior fração de água na estrutura interna dos flocos, conforme discutido por Guimarães (2007) e por Guimarães e Brandão (2008).

Tabela 6 – Teor de sólidos na torta após desidratação no filtro prensa utilizando o tempo máximo de ensaio

	Tempo (min)	Teor de sólidos (%)
Ensaio 1	240	11,73
Ensaio 2	260	11,68
Ensaio 3	240	11,64

Dessa forma, os resultados obtidos direcionam a discussão a respeito da desidratabilidade dos lodos para a abordagem apresentada por Wolfe *et al.* (1996). Esses autores verificaram que a facilidade ou não de remoção de água do lodo é determinada no momento da formação do floco, isso é, por fatores referentes às características da água bruta, ao coagulante utilizado, e ao processo de coagulação e floculação.

Comparação entre centrifugação e filtração forçada em filtro prensa de laboratório

Os resultados obtidos indicam que os dois métodos de desidratação são pouco eficientes no tratamento do lodo dos flotadores da ETA-Brasília. A Tabela 7 apresenta uma comparação dos teores de sólidos presentes nas tortas geradas por cada método de desidratação.



Tabela 7 – Teor de sólidos obtidos nos experimentos com a Centrífuga e Filtro Prensa

	Lodo natural	Catiônico		Aniônico		Não iônico		ETA-Brasília	
		C	FP	C	FP	C	FP	C	FP
Amostra1	3,00	6,25	5,90	7,50	7,16	6,17	5,71	6,15	5,02
Amostra2	1,95	6,24	6,47	7,31	7,18	6,26	5,85	5,36	5,07
Amostra3	3,26	6,25	6,14	7,72	7,15	5,96	6,12	5,36	5,32

Legenda: (C)- Centrífuga; (FP)-Filtro Prensa

Foi observado que com maior tempo de filtração foi possível atingir um teor de sólidos na torta de aproximadamente 11%, que ainda é considerado baixo frente aos valores recomendados para destinação final das tortas. Há que se verificar se alterações no tempo de centrifugação podem promover melhorias consideráveis desses valores.

Finalmente, cabe comentar que o teor de sólidos no lodo do flotador na faixa estudada (1,7 a 3,3 %) parece não influenciar significativamente a quantidade final de sólidos na torta.

CONCLUSÕES

Para analisar a eficiência da desidratação do lodo da ETA-Brasília, utilizando filtro prensa de laboratório, foram estudadas a influência do tipo de polímero e suas dosagens, da pressão aplicada, da manta utilizada e do tempo de filtração.

Para as amostras de lodo analisadas, foi verificado que a desidratação sem adição de polímeros possui eficiência bastante reduzida. Dessa forma, o condicionamento do lodo é fundamental para a melhora do resultado de desidratação. Na filtração forçada é indispensável que o lodo tenha uma baixa compressibilidade e alta filtrabilidade, características alcançadas com a adição de polímeros. Para o lodo da ETA-Brasília, o polímero aniônico de alto peso molecular foi o que apresentou o melhor resultado tanto para o filtro prensa quanto para a centrífuga.

Na utilização do filtro prensa, foi verificado que o aumento da pressão aplicada no equipamento acarreta em um ganho crescente no teor de sólidos da torta. Porém, conforme os ensaios feitos nesse trabalho, existe um patamar onde o acréscimo de pressão não produz um aumento significativo do teor de sólidos.

Os ensaios produzidos mostraram que a permeabilidade da manta empregada no processo de desidratação não interfere em sua eficiência, visto que a filtração ocorre no próprio lodo, e não na manta.

A pouca desidratabilidade do lodo do flotador da ETA-Brasília (de caráter orgânico) mesmo com a aplicação de polímeros, foi mais uma vez verificada no presente trabalho. Como os polímeros interferem apenas na superfície dos flocos, não há liberação da água contida na estrutura interna dos flocos. Portanto, a eficiência do processo de desidratação mecânico fica comprometida, visto que ela remove apenas a água livre. Dessa forma, por mais que se aumente o tempo de ciclo do filtro prensa o teor de sólidos na torta será inferior ao obtidos em lodos de caráter inorgânico.

Apesar de a literatura recomendar a utilização do filtro prensa para a desidratação de resíduos de caráter orgânico, os ensaios realizados mostraram resultados similares aos da centrífuga em termos do teor de sólidos na torta.

Recomenda-se estudos futuros sobre métodos alternativos de condicionamento para o lodo da ETA-Brasília, que permitam retirar a água interna dos flocos, o que promoveria uma maior desidratabilidade. Com relação ao filtro prensa, sugere-se que seja avaliada a sua eficiência com o uso de outro condicionante físico como a serragem ou o gesso.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CORDEIRO, J.S. (1993). *O Problema dos Lodos Gerados nos Decantadores em Estações de Tratamento de Água*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil, 341p.
2. GUIMARÃES, G.C. (2007) *Estudo do Adensamento e Desidratação dos Resíduos Gerados na ETA-Brasília*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, Brasil, 118p.
3. GUIMARÃES, G.C. e BRANDÃO (2007) Influence of micro-bubbles and algae on centrifuge dewatering of sludge thickened by dissolved air flotation. *Dissolved Air Flotation - International Conference*. CIWEM, Londres, Reino Unido, 8p.
4. GUIMARÃES, G.C. e BRANDÃO (2008) Alternativas para desidratação de lodos de ETAs predominantemente orgânicos: avaliação preliminar em escala de bancada. *XXXI Congresso Interamericano AIDIS*. Santiago, Chile, 8p.
5. MARWELL, D.T.B. (2004). Estudo da Desidratação por Centrifugação do Lodo Produzido do Flotador da ETA Piloto Brasília. Monografia de Projeto Final, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, Brasil, 62p.
6. SCHOFIELD, T. (1997). "Sludge removal and dewatering process for dissolved air flotation systems." *Dissolved Air Flotation - International Conference*. April 1997. CIWEM, 309-322, Londres, Inglaterra.
7. ZHAO, Y.O., BACHE, D.H. (2002). *Polymer impact on filter building during alum sludge filtration*. Water Research 36, 3691-3698.
8. ZHAO, Y.Q. (2002). "Enhancement of alum sludge dewatering capacity by using gypsum as skeleton builder." *Colloids and Surfaces*, **212**, 205-212.
9. ZHAO, Y.Q., Papavasiliopoulos, E.N., Bache, D.H., Mackinnon, P.A. (2002). "Polymer conditioning of alum sludge and discrepancies between estimates of the optimum dosage." *Water Science and Technology*, 46 (10), 115-121.