



Adensamento por flotação a ar dissolvido (FAD) como alternativa para o tratamento de lodo de ETA

**Keila Fernanda Soares Hedlund¹, Manoel Maraschin², Elvis Carissimi³,
Gustavo Schefelbanis Araujo⁴, Bárbara Panisson Lopes⁵**

¹Doutoranda em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (keilahedlund@gmail.com)

²Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Maria (maraschinmanuel@gmail.com)

³Professor da Universidade Federal de Santa Maria (ecarissimi@gmail.com)

⁴Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (gustavo.esa@hotmail.com)

⁵Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (barbaraplopes@hotmail.com)

Resumo

Os resíduos sólidos de estações de tratamento de água (ETAs) devem ser tratados e dispostos corretamente. O adensamento constitui umas das fases mais importantes do tratamento do lodo visando sua posterior destinação final. Este estudo avaliou o adensamento do lodo de decantadores de uma ETA por flotação a ar dissolvido (FAD), investigando diferentes concentrações de polímero catiônico P-2900, pressões de saturação (5,0; 5,5; 6,0 atm) e teor inicial de sólidos no lodo. O lodo floculado com 4,5 e 5,0 mg pol/g SST e pressão de saturação de 6 atm foram os únicos que adensaram completamente. O aumento da concentração inicial de sólidos no lodo afetou negativamente o processo de adensamento por FAD. Entretanto, evidenciou-se que a FAD é uma alternativa promissora para o adensamento de lodos de ETAs. Contudo, se faz necessário a realização de estudos que promovam o aprimoramento da FAD para adensar lodos com maior concentração de sólidos, mas sem o aumento energético.

Palavras-chave: Resíduos. Polímero. Tratamento de lodo.

Área Temática: Resíduos Sólidos.

Thickening by dissolved air flotation (DAF) as an alternative for the treatment of WTP sludge

Abstract

Solid waste from water treatment plants (WTPs) must be treated and disposed of correctly. The thickening is one of the most important stages of sludge treatment aiming at its later final destination. This study evaluated the thickening of decanters sludge from an WTP by flotation to dissolved air (DAF), investigating different concentrations of cationic polymer P-2900, saturation pressures (5.0, 5.5, 6.0 atm) and content of solids in the sludge. The flocculated sludge with 4.5 and 5.0 mg pol/g SST and saturation pressure of 6 atm were the only ones that completely thickened. The increase of the initial concentration of solids in the sludge negatively affected the DAF. However, it was evidenced that DAF is a promising alternative for the thickening of WTP sludge. However, it is necessary to carry out studies that promote the improvement of DAF to sludge with higher solids concentration, but without increasing energy.

Key words: Waste. Polymer. Sludge treatment.

Theme Area: Solid Waste.



1 Introdução

No abastecimento público de água por meio de mananciais superficiais, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) desempenham papel primordial para atingir os padrões de potabilidade. Desenvolvem a função de indústrias produtoras de água, representadas principalmente pelas ETAs de ciclo completo. O tratamento da água bruta visa a remoção de patógenos, de matéria orgânica e substâncias tóxicas, mantendo a qualidade estética e protegendo da rede de distribuição contra corrosão e contaminação (BONTON et al., 2012). Mas como qualquer indústria, as ETAs também produzem resíduos, resultantes do processo de potabilização, acarretando na geração de uma quantidade elevada de lodo, como subproduto do processo.

A geração de lodo nas ETAs de ciclo completo ocorre de maneira mais representativa nas unidades de decantação (ou flotação) e filtração em operações de retro-lavagem. A principal característica dos lodos de ETAs é serem compostos basicamente de água e sólidos em suspensão, com umidade geralmente maior que 95%. Contudo as características físico-químicas dos lodos variam muito, principalmente por fatores relacionados à qualidade da água bruta, dosagem de produtos químicos e modo de limpeza dos decantadores.

Tradicionalmente as ETAs dão pouca atenção ao tratamento dos resíduos gerados (ZHAO, 2004a). Mesmo com as exigências legais, ainda são realizadas práticas inadequadas de descarte de resíduos em córregos e rios. Todavia, deve-se considerar que a crescente preocupação com a qualidade ambiental é fomento para a mudança deste quadro. É importante salientar que no Brasil estudos referentes a implementação de técnicas de tratamento de Resíduos de Estações de Tratamento de Resíduos (RETAs) datam desde a década de 90 (CORDEIRO, 1999), mas discussões sobre o descarte adequado de lodos vem ganhando maior destaque no presente milênio (FERREIRA & VIANNA, 2013). O tratamento de lodo de ETAs visa a redução de umidade e a destinação adequada do material sólido, diminuindo impactos ambientais.

No tratamento de RETAs um dos maiores problemas é a redução do volume do lodo gerado (ACHON et al., 2008). A remoção da maior parcela de água do lodo ocorre na etapa de adensamento. Posteriormente segue a desidratação que objetiva concentrar os sólidos do lodo e, por fim, a destinação final. O adensamento consiste na concentração dos sólidos do lodo, visando a máxima remoção de água possível, sendo necessário para melhorar o desempenho subsequente dos sistemas de tratamento empregados. Deste modo, o adensamento influencia no desempenho do tratamento como um todo, auxiliando na diminuição de custos de funcionamento das operações de desidratação e eliminação dos resíduos (WATANABE & TANAKA, 1999; AYOL et al., 2005).

O adensamento de lodos das ETAs pode ser efetuado por sedimentação (gravidade) ou por flotação a ar dissolvido (principais métodos), ou ainda por adensadores mecânicos (FERREIRA FILHO, 1997; RICHTER, 2001; DI BERNARDO et al., 2011; METCALF & EDDY, 2016). Diversos fatores podem influenciar no adensamento do lodo, como o tamanho do floco, densidade, velocidade, viscosidade do meio e o efeito parede (ZHAO, 2004b). Na FAD ainda pode-se considerar outros, entre eles: a taxa de arraste de sólidos; razão ar/sólido; profundidade de flotação acima do nível da água; índice do volume de lodo; e tamanho das bolhas (RIJK et al., 1994).

O adensamento por FAD mostra-se eficaz para o aumento da concentração de sólidos (CIZINSKÁ et al., 1992) e diminuição da turbidez da água clarificada, além de poder operar com maiores taxas de aplicação de sólidos, permitindo unidades mais compactas. Deste modo, este estudo teve o objetivo investigar o adensamento de lodo de uma ETA por FAD, utilizando polímero catiônico P-2900.



2 Metodologia

Os estudos foram realizados com o lodo de uma ETA do município de São Gabriel, localizado na Fronteira Oeste do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil. A ETA abastece cerca de 97% da população urbana, representada por aproximadamente 60 mil habitantes. A captação superficial da ETA ocorre no Rio Vacacaí.

A ETA de São Gabriel possui capacidade de operação nominal média de 137 L.s^{-1} , podendo chegar a operar com vazão de 220 L.s^{-1} em períodos de temperaturas elevadas. A coleta do lodo utilizado no estudo ocorreu durante a higienização dos decantadores, com lodo acumulado por um período de 65 dias. O lodo acumulado em um dos decantadores da ETA durante um processo de higienização é apresentado na Figura 1.

Figura 1- Lodo de um decantadores da ETA de São Gabriel antes do processo de higienização.



Para realizar o adensamento do lodo por FAD foi utilizado o polímero catiônico P-2900, com muito baixa densidade da carga, com concentrações de 4,0; 4,5; 5,0 e 5,5 mg pol/g SST. A floculação do lodo ocorreu em teste de jarros, com gradiente de velocidade rápida de 436 rpm (1000 s^{-1}) com duração de 10 segundos, e agitação lenta de 51 rpm (40 s^{-1}) durante 1 minuto, posteriormente foram realizados os ensaios de adensamento.

O adensamento por FAD foi realizado em coluna de flotação por ar dissolvido (flotatestes). Além da concentração do polímero também foi estudada a pressão de saturação (P_{sat}) de 5,0; 5,5 e 6,0 atm. Os parâmetros avaliados foram a turbidez da água clarificada e a concentração de sólidos no lodo adensado.

Neste estudo também foi investigada a concentração de sólidos do lodo durante o processo de adensamento por FAD. A capacidade de flotação do lodo frente a diferentes concentrações de sólidos foi monitorada utilizando lodos com concentrações de sólidos de: 18.953 mg.L^{-1} , 25.190 mg.L^{-1} e 49.550 mg.L^{-1} . Nestes ensaios foram mantidas a taxa de reciclo (40%), pressão de saturação (6 atm) e dosagem do polímero (4,5 mg pol/g SST), sendo avaliada a turbidez remanescente da água clarificada e a capacidade de flotação para o lodo com distintas concentrações de sólidos.

3 Resultados e Discussão

A turbidez remanescente da água clarificada e o teor de sólidos totais (ST) resultante do adensamento por FAD são mostrados na figura 2. A taxa de reciclo (Tr) utilizada foi de 40% e P_{sat} de 6 atm. As concentrações do polímero de 4,5 e 5 mg pol/g SST resultaram em flotação completa do lodo, já para as concentrações de 4 e 5,5 mg pol/g SST foi verificada a

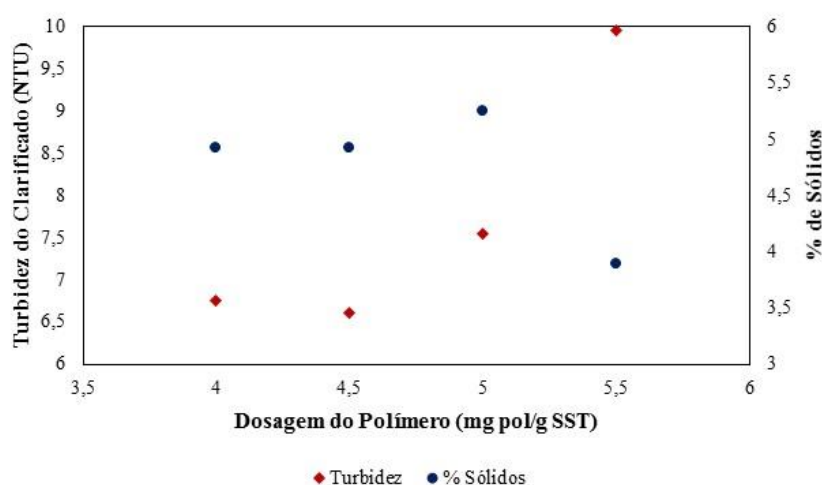


formação de material sedimentado no fundo da célula de flotação após o adensamento.

A menor turbidez remanescente foi de 6,6 NTU com concentração de 4,5 mg pol/g SST, durante a realização do estudo pode-se perceber que a utilização de polímero acarreta na diminuição da turbidez até determinada dosagem, demonstrando que o excesso de polímero resulta em um aumento da turbidez do clarificado. Em estudos realizados por Oyegbile et al., (2016) também ocorreu um aumento da turbidez do clarificado com o excesso da dosagem de polímero, o que pode ser atribuído ao aumento da adsorção ótima do polímero.

O teor de ST do lodo adensado por FAD foram na ordem de 3,72 a 5,25%. O maior teor de sólidos ocorreu utilizando as concentrações de 4,5 e 5 mg pol/g SST, com 4,63% e 5,11%. Pode-se perceber que os tratamentos resultaram em aumento na concentração de sólidos em relação ao teor inicial no lodo bruto, que era de 1,91%.

Figura 2 – Turbidez remanescente da água clarificada e teor de sólidos do lodo relacionado com as dosagens do polímero no adensamento por FAD, Tr de 40% e Psat de 6 atm.

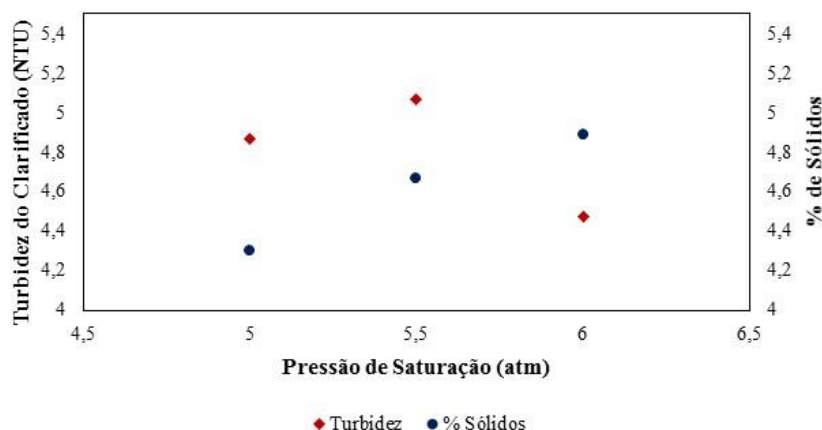


Para os ensaios que avaliaram a Psat a concentração do polímero (4,5 mg pol/g SST) e a Tr (40%) mantiveram-se fixas, utilizando Psat de 5,0; 5,5; e 6,0 atm. Dentre os ensaios, o que apresentou resultado satisfatória para o adensamento por FAD foi o com pressão de 6 atm, pois ao término do ensaio não se verificou a formação de material sedimentado, diferente do que ocorreu para as pressões de 5,0 e 5,5 atm.

Com o aumento da pressão de saturação, além da melhor flotação do lodo, ocorreu diminuição da turbidez remanescente da água clarificada e aumento da concentração de sólidos no lodo adensado. Como mostra a figura 3, com turbidez de 4,47 NTU e concentração de sólidos de 4,89% para o tratamento com 4,5 mg pol/g SST, Tr de 40% e Psat de 6 atm. Em estudo realizado por Han et al., (2007) também houve aumento na eficiência da remoção da turbidez, da água sintética utilizada no estudo, com o aumento da pressão de saturação.

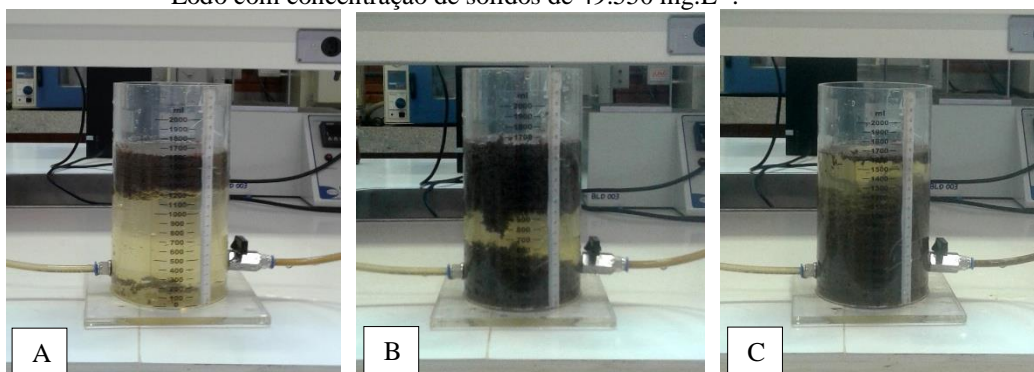


Figura 3 – Turbidez remanescente da água clarificada e teor de sólidos lodo relacionado com as Psat no adensamento por FAD, dosagem de polímero de 4,5 mg pol/g SST e Tr de 40.



A avaliação da concentração de sólidos do lodo durante o adensamento por FAD demonstrou que o processo de flotação é dificultado com o aumento da concentração de sólidos, como mostra a figura 4. Apenas o lodo com menor concentração de sólidos resultou em flotação completa do resíduo, evidenciando que o processo de adensamento do lodo por FAD é limitado pela concentração de sólidos inicial do resíduo.

Figura 4 – Adensamento de lodo por FAD com Tr de 40%, Psat de 6 atm e dosagem de 4,5 mg pol/g SST. A: Lodo com concentração de sólidos de 18.953 mg.L⁻¹. B: Lodo com concentração de sólidos de 25.190 mg.L⁻¹. C: Lodo com concentração de sólidos de 49.550 mg.L⁻¹.



A maior concentração de sólidos no lodo bruto também resultou em água clarificada com maior turbidez remanescente, como observado na tabela 1. Para uma concentração de sólidos de 18.953 mg.L⁻¹ a turbidez média da água clarificada foi de 14,5 NTU, com o aumento da concentração de sólidos para 25.190 mg.L⁻¹ e para 49.550 mg.L⁻¹ a turbidez aumentou para 24,3 e 65 NTU, respectivamente.

Tabela 1 – Turbidez remanescente da água clarificada do adensamento por FAD com Tr de 40%, Psat de 6 atm e dosagem de 4,5 mg pol/g SST, para lodo com diferentes concentrações de sólidos.

| Concentração de sólidos do lodo bruto | Dosagem de polímero (mg pol/g SST) | Turbidez Média (NTU) |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------|
| 18.953 mg.L ⁻¹ | 4,5 | 14,5 |
| 25.190 mg.L ⁻¹ | 4,5 | 24,3 |
| 49.550 mg.L ⁻¹ | 4,5 | 65 |



4 Conclusões

O estudo do adensamento do lodo da ETA de São Gabriel por FAD, utilizando o polímero catiônico P-2900, apresentou-se como uma alternativa viável, com a clarificação da água e aumento no teor de sólidos. Porém deve-se salientar que o aumento da concentração de sólidos no lodo bruto afeta negativamente o processo de adensamento por FAD. O que demonstra a necessidade da realização de estudos que promovam o aprimoramento do processo de FAD para lodos com maior concentração de sólidos, mas sem acarretar o aumento energético, evitando elevadas taxas de reciclo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a São Gabriel Saneamento pela disponibilidade e auxílio nas coletas de lodo e à CAPES pelo apoio financeiro recebido.

Referências

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 13, n.1, p. 54 – 62, 2008.

AYOL, A.; DENTEL, S. K.; FILIBELI, A. Dual Polymer Conditioning of Water Treatment Residuals. **Journal of Environmental Engineering**. v. 131, 8 ed. p. 1132 – 1138, 2005.

BONTON, A; BOUCHARD, C.; BARBEAU, B.; JEDRZEJAK, S. Comparative life cycle assessment of water treatment plants. **Desalination**. v. 284, 2012, p. 42-54.

CIZINSKÁ, S.; MATEJO, V; WASE, C.; KLASSON, Y.; KREJCI, J.; DALHAMMAR, G. Thickening of waste activated sludge by biological flotation. **Water Research**. v. 26, n. 2 p. 139 – 144, 1992.

CORDEIRO, J.S. **Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs**. In: REALI, M.A.P. Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, ABES, 1999. 240 p.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. DI B.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos: LDiBe, 2011. 454 p.

FERREIRA, B.O.; VIANNA, M.R. Eficiência do desaguamento de lodos de decantadores e água de lavagem de filtros de estação de tratamento de água através de filtros geotêxteis: estudo de caso. In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2013, Goiânia, Anais... GO: Goiânia, 2013.

FERREIRA FILHO, S.S. Pré-condicionamento de lodos de estações de tratamento de água visando o seu adensamento por gravidade. In: XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 1997, Foz do Iguaçu, Anais... PR: Foz do Iguaçu, 1997.

HAN, M.; KIM, T.; KIM, J. Effects of floc and bubble size on the efficiency of the dissolved



air flotation (DAF) process. **Water Science and Technology**. v. 56, n. 10, p. 109 – 115, 2007.

OYEGBILEA, B.; AY, P.; NARRAA, S. Optimization of physicochemical process for pre-treatment of fine suspension by flocculation prior to dewatering. **Desalination and Water Treatment**. v. 57, p. 2726 - 2736, 2016.

METCALF L.; EDDY, H.P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5ª ed. New York: McGraw-Hill Companies, 2016. 1980 p.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estação de tratamento de água**. 1 ed., São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 102 p.

RIJK, S.E. de; GRAAF, J.H.M.V.; BLANKEN, J.G.D. Bubble size in flotation thickening. **Water Research**, v. 28, n. 2, 1994, p. 465-473.

ZHAO, Y.Q. Settling behaviour of polymer flocculated water-treatment sludge I: analyses of settling curves. **Separation and Purification Technology**. v. 35, 2004a, p. 71-80.

ZHAO, Y.Q. Settling behaviour of polymer flocculated water-treatment sludge II: effects of floc structure and floc packing. **Separation and Purification Technology**. v. 35, 2004b, p. 175-183.

WATANABE, Y.; TANAKA, K. Innovative sludge handling through pelletization/thickening. **Water Research**. v. 33, p. 3245–3252, 1999.