

I-117 - AVALIAÇÃO DA SECAGEM DA TORTA DE LODO DE ETAS APÓS DRENAGEM EM MANTA GEOTÊXTIL

Cristiane Silveira

Tecnóloga em Gerenciamento Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Mestre em Engenharia de Edificações e Saneamento na Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Camila Hiromi Abe

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Londrina – UEL.

Leonardo Yoshiaki Abe

Aluno do curso de Engenharia Civil na Universidade Estadual de Londrina – UEL.

Rodrigo Vaz Coelho

Engenheira Civil pela Universidade Estadual de Londrina – UEL.

Josemarque Lima da Rosa

Graduando em Engenharia Ambiental da UTFPR – campus Francisco Beltrão. Em mobilidade acadêmica na UTFPR – campus Londrina e Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Emília Kiyomi Kuroda⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo – EESC-USP. Mestre e doutora em Hidráulica e Saneamento pela mesma instituição. Pós-doutora pela Meijo University, Japão. Professora do Departamento de Construção Civil do Centro de Tecnologia e Urbanismo da UEL.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Estadual de Londrina – UEL. Centro de Tecnologia e Urbanismo – CTU. Departamento de Construção Civil – DCCi. Rod. Celso Garcia Cid PR 445 Km 380 Campus Universitário. Cx Postal 10011 CEP 86057-970. Fone: +55 (43) 3371 4455 e +55 (43) 3371 5826 (lab), Email: ekkuroda@uel.br

RESUMO

O tratamento de lodos de decantadores de ETAs consiste basicamente em uma separação sólido-líquido, que tem como objetivo aumentar a concentração de sólidos no material sedimentado através do desaguamento e desidratação, possibilitando o descarte da água drenada e disposição adequada do material sólido. Em relação a disposição final do material sólido esta depende principalmente da concentração de sólidos final. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a secagem do lodo de decantador de duas ETAs, após drenagem em manta geotêxtil, e verificar a influência das condições climáticas durante a secagem das tortas de lodo. A avaliação do teor de sólidos ou da umidade da torta de lodo retido foi realizada em diferentes condições climáticas de exposição – condição controlada de verão e inverno e condição natural de verão e inverno. Os resultados obtidos na fase de secagem das tortas de lodo em condições naturais de exposição mostraram que além da temperatura e umidade relativa do ar, outros fatores físicos e climáticos, como a incidência de radiação solar e exposição à ventilação, favorecem significativamente a secagem do lodo. Pode-se concluir que a secagem nas condições de estudo apresentou resultados promissores por possibilitar a redução do volume ou aumento da concentração de sólidos da torta de lodo retido com valores de concentrações de sólidos da mesma ordem de grandeza que os obtidos por desaguamentos mecânicos, possibilitando assim, a finalização do desaguamento do lodo em 7 dias.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem, manta geotêxtil, secagem, variações climáticas.

INTRODUÇÃO

Os lodos de decantadores e filtros caracterizam-se por possuir grande teor de umidade, geralmente maior que 95%. No entanto, a NBR 10.004 / 04 classifica-os como resíduos sólidos, não sendo permitido seu lançamento in natura no meio deterioração da qualidade da água pela adição de sólidos e microrganismos removidos previamente no tratamento de água, alterações da biota ambiente. Dentre os impactos que o descarte de lodo de ETA pode causar num corpo de água, estão a aquática, redução do volume útil do rio, além de possíveis efeitos tóxicos aos seres humanos e animais.

As tecnologias utilizadas para tratamento de resíduos de ETAs consistem basicamente na separação sólido-líquido, aumentando a concentração de sólidos no material sedimentado por clarificação, adensamento e desidratação, de maneira que seja possível reutilizar o sobrenadante e dispor adequadamente o material sólido sedimentado (DI

BERNARDO, et. al., 2002; RICHTER, 2001). Dentre os sistemas naturais podem-se citar as lagoas de lodo, leitos de secagem, leitos de drenagem e bag de geotêxtil, e os sistemas mecânicos comumente utilizados são as centrífugas, filtros prensa de esteira e filtro prensa de placas.

Após a drenagem, existem várias alternativas de disposição final do lodo de ETA desidratado, as quais dependem da viabilidade técnica, econômica e ambiental. Dentre as alternativas usualmente utilizadas, pode-se citar: aplicação ao solo, aterros sanitários, tratamento junto com esgotos sanitário na Estação do Tratamento de Esgoto – ETE, incineração, fabricação de cimento e tijolos. Segundo Di Bernardo et. al., (2002) e Cordeiro (1999) o principal inconveniente no uso de aterros, por exemplo, é a concentração de sólidos, que deve ser acima de 20%. Por isso, nesse processo de drenagem / secagem de lodo é preciso obter um teor de sólidos que possibilite a disposição final adequada.

Uma comparação entre os desempenhos dos processos de desidratação dos lodos em termos do teor de sólidos totais - ST obtido é mostrada na Tabela 1.

Tabela1: Comparação entre os processos de desidratação de lodos de ETA

Técnica de desaguamento	Teor de ST (%)
Centrífuga	20 -30
Filtro prensa de esterias	20 -25
Filtro prensa de placas	35 -45
Leitos de secagem	20 -25
Lagoas de lodo	7 - 15

Fonte: Ribeiro (2007) apud Cornwell (1987)

O objetivo desse estudo foi avaliar a fase de secagem do lodo de decantador de duas ETAs, após drenagem em manta geotêxtil, além de verificar a influência das condições climáticas durante a secagem das tortas de lodo.

MATERIAL E MÉTODOS

Ensaio de desaguamento

Foram utilizados lodos de decantadores provenientes de duas ETAs localizadas na cidade de Londrina – PR. Lodo tipo A, coletado na ETA Cafezal e tipo B, proveniente da ETA Tibagi.

O desaguamento foi realizado em protótipos de escala reduzida, compostos por um recipiente plástico com capacidade total de 30 L, manta geotêxtil, grelha plástica MacNet para suporte da manta e dispositivo de fundo cônico para coleta do drenado. O esquema da unidade de desaguamento em escala reduzida é apresentado na Figura 1.



Figura 1: Esquema da unidade de desaguamento em escala reduzida

A Tabela 2 mostra os parâmetros de projeto utilizados neste estudo, os quais são resultantes do cálculo realizado em função dos teores de sólidos totais - ST dos lodos e taxa de aplicação de sólidos TAS pré-estabelecida.

Tabela 2: Parâmetros de projeto aplicados nos ensaios de desaguamento

	Gramatura da manta (g.m⁻²)	Densidade da manta (g.m⁻²)	Teor de ST (%)	Taxa de aplicação de sólidos - TAS (kg.m⁻²)	Taxa de aplicação volumétrica - TAV (m³.m⁻².d⁻¹)	Volume de lodo aplicado (L)	Vazão de aplicação (mL.min⁻¹)
Lodo tipo A	600	600	1,5	7,5	15	26,5	5.000
Lodo tipo B	600	600	1,6	7,5	15	24,8	3.500

Cada ensaio de desaguamento foi dividido em duas fases distintas e consecutivas: fase de drenagem (até a extinção da lâmina líquida) e fase de secagem, com duração total entre 7 e 15 dias, visando atender uma condição específica de demanda operacional crítica, passível de aplicação em ETAs de pequeno porte.

Na fase de secagem, a avaliação do teor de sólidos ou da umidade da torta de lodo retido foi realizada em diferentes condições climáticas de exposição – condição controlada de verão e inverno e condição natural de verão e inverno.

Os valores médios de temperatura e umidade do ar na condição controlada foram fixados de acordo com as características climáticas da região de Londrina – PR:

- Condição controlada de verão - com temperatura e umidade relativa de 30° C e 80%, respectivamente;
- Condição controlada de inverno - com temperatura e umidade relativa de 15° C e 60%, respectivamente.

Para as simulações das condições de exposição controladas utilizou-se uma câmara climática com controle de temperatura e umidade. E para avaliar as limitações dos ensaios da fase de secagem das tortas de lodo sob condições controladas, estes foram também reproduzidos para as condições naturais de verão e inverno, não protegida da ação de intempéries e com exposição à radiação solar, ventilação e precipitações.

Para monitoramento do teor de sólidos ou perda de umidade da torta de lodo retido na unidade de drenagem / secagem, as amostras do lodo foram coletadas diariamente e preferencialmente no mesmo horário. O teor de sólidos foi calculado considerando as massas das amostras com umidade, no momento da coleta, e sem umidade, após aquecimento em estufa a 105°C durante 24 h, seguindo procedimentos da APHA, AWWA e WEF (2005) com adaptações.

Para monitorar as temperaturas e umidades diárias durante a fase de secagem, utilizou-se um sensor (Data Logger) programado para registrar a temperatura e a umidade real do ambiente a cada hora.

RESULTADOS

O método operacional do sistema proposto pressupõe que a duração total das fases de drenagem e secagem varie entre 7 e 15 dias, visando atender uma condição de demanda operacional específica crítica, passível de aplicação em ETAs de pequeno porte. Portanto, como a fase de drenagem dos lodos tipos A e B tiveram duração de aproximadamente 2 dias (41 e 43 h), a duração da fase de secagem foi limitada entre 5 e 13 dias.

Na Tabela 3 são apresentados de forma resumida os teores de sólidos totais - ST logo após a drenagem, as temperaturas e umidades relativas médias após 5 e 13 dias de secagem para as condições controladas e naturais de verão e inverno, com respectivos teores de sólidos obtidos, para os lodos tipos A e B.

Tabela 3: Resultados da fase de secagem nas condições controladas e naturais de verão e inverno dos lodos tipos A e B

Condições	Lodo Tipo A						
	ST (%) após a drenagem	5º dia			13º dia		
		T _{média} (°C)	UR _{média} (%)	ST (%)	T _{média} (°C)	UR _{média} (%)	ST (%)
Controlada Verão	15,3	26,5 ± 5,6	79,4 ± 2,6	35,6	28 ± 3,6	79,8 ± 1,6	86,1
Natural Verão	15,7	27,3 ± 2,1	73,7 ± 15,4	62,9	25,9 ± 3,6	75,9 ± 12,8	75,4
Controlada Inverno	14,8	14,1 ± 0,2	60 ± 0,05	32,6	14,3 ± 0,2	61,3 ± 7,3	36,2
Natural Inverno	12,9	18,2 ± 0,9	72 ± 7,3	15,9	19,8 ± 3,6	79,5 ± 13,0	60,2
Condições	Lodo Tipo B						
	ST (%) após a drenagem	5º dia			13º dia		
		T _{média} (°C)	UR _{média} (%)	ST (%)	T _{média} (°C)	UR _{média} (%)	ST (%)
Controlada Verão	14,1	26,47 ± 5,6	79,4 ± 2,6	23,5	28 ± 3,6	79,8 ± 1,6	86,8
Natural Verão	13,9	27,3 ± 2,0	73,7 ± 15,4	43,2	25,9 ± 3,6	75,9 ± 12,8	82,5
Controlada Inverno	14,1	14,1 ± 0,2	60 ± 0,05	20,6	14,3 ± 0,2	61,3 ± 7,3	33,4
Natural Inverno	11,2	22,3 ± 4,4	69,1 ± 9,1	20,3	24,8 ± 5	69,4 ± 13,4	60,8

Assim, na condição controlada de verão, pôde-se observar que:

- Após 5 dias de exposição, com temperatura média - T 26,5 °C ± 5,6 e umidade relativa média - UR 79,4% ± 2,59, o teor de sólidos totais - ST final foi de 35,6% e 23,5% para os lodos tipos A e B, respectivamente;
- Após 13 dias de exposição com temperatura média - T 28 °C ± 3,56 e umidade relativa média - UR 79,8% ± 1,57, o teor de sólidos totais - ST final foi de 86,1% e 86,8% para os lodos tipos A e B, respectivamente.

Em relação a condição natural de verão, pôde-se observar que:

- Após 5 dias de exposição com temperatura média - T 27,3°C ± 2,06 e umidade relativa média – UR 73,2% ± 15,41, o teor de ST foi de 62,9% e 43,2% para os lodos tipos A e B, respectivamente;
- Após 13 dias de exposição com temperatura média - T 25,9°C ± 3,6 e umidade relativa média – UR 75,9% ± 12,9, o teor de ST foi de 75,4% e 82,5% para os lodos tipos A e B, respectivamente.

Dessa forma, pôde-se constatar que para a condição de verão após 5 dias, independentemente do tipo de exposição, controlada ou natural, o lodo retido apresentou teores mínimos de ST da ordem de 25 a 30%, com características compatíveis para seu manejo e disposição final, uma vez que este, pôde ser retirado da manta com relativa facilidade, possibilitando assim, a finalização do desaguamento do lodo em 7 dias. As Figuras 2 e 3 mostram os aspectos das tortas de lodo tipos A e B durante a fase de secagem na condição natural de verão.

Figura 2 :Fotos da torta de lodo tipo A retida na manta logo após a fase de drenagem e após 3, 5 e 13 dias de secagem em condição natural de verão



Figura 3: Fotos da torta de lodo tipo B retida na manta logo após a fase de drenagem e após 3, 5 e 13 dias de secagem em condição natural de verão



Os resultados apresentados na Tabela 2 mostram que na condição controlada de inverno:

- Após 5 dias de exposição, com temperatura média - $T 14,1^{\circ}\text{C} \pm 0,17$ e umidade relativa média - UR 60% $\pm 0,05$, o teor de sólidos totais - ST final foi de 32,6% e 20,6% para os lodos tipos A e B, respectivamente;
- Após 13 dias de exposição com temperatura média - $T 14,3^{\circ}\text{C} \pm 0,23$ e umidade relativa média - UR 61,3% $\pm 7,32$, o teor de sólidos totais - ST final foi de 36,7% e 33,4% para os lodos tipos A e B, respectivamente.

Na condição natural de inverno, pôde-se observar que:

- Após 5 dias de exposição, o lodo tipo A exposto a temperatura média - $T 18,2^{\circ}\text{C} \pm 0,87$ e umidade relativa média - UR 72% $\pm 7,3$ apresentou teor de sólidos totais - ST final de 15,9% e no lodo tipo B exposto a temperatura média - $T 22,3^{\circ}\text{C} \pm 4,42$ e umidade relativa média - UR 69,1% $\pm 9,05$, o teor de sólidos totais - ST final foi 20,3%;
- Após 13 dias de exposição, o teor de sólidos totais - ST final no lodo tipo A exposto a temperatura média - $T 19,8^{\circ}\text{C} \pm 3,57$ e umidade relativa média - UR 74,9% $\pm 13,05$ foi de 60,2% e no lodo tipo B exposto a temperatura média - $T 24,83^{\circ}\text{C} \pm 5$ e umidade relativa média - UR 69,46% $\pm 13,38$, o teor de sólidos totais - ST foi 60,8%.

Como pôde-se observar, na condição de inverno após 5 dias, independentemente do tipo de exposição, controlada ou natural, o lodo retido apresentou teores mínimos de ST da ordem de 15,9 a 20,3%, inferiores aos obtidos nas condições de verão, mesmo para as tortas submetidas à exposição natural, indicando que nessa estação, os efeitos de fatores climáticos e físicos prejudicam a secagem da torta de lodo, podendo em algumas situações, requerer um tempo superior a 5 dias para secagem adequada. Por outro lado, os valores de ST obtidos podem ser considerados relativamente satisfatórios, uma vez que Mendes (2001) ao final do desaguamento mecânico em filtro prensa obteve valores de teor de ST que variaram de 21% a 32%.

Entre o 6º e 8º dia de exposição da torta de lodo tipo A na condição natural houve precipitação de aproximadamente 30 mm, o que desfavoreceu a secagem nesse período. Fontana (2004) relata que a ocorrência de precipitação antes da “abertura” da massa de lodo é potencialmente prejudicial na secagem do lodo. No entanto, foi observado que após o 10º dia, com aumento da temperatura do ar e ausência de precipitação a secagem do lodo foi acelerada, de forma que no 14º dia o teor de sólidos foi de 60%.

Com esses resultados, pôde-se constatar que além da temperatura e umidade do ar, outros fatores climáticos e físicos contribuíram de forma significativa para a secagem do lodo na condição natural, especialmente de verão, uma vez que apesar das variações de temperatura e principalmente de umidade serem menores ao longo de 24h do dia na condição controlada – condição que favorece a secagem, a ausência de vento e radiação solar por exemplo, contribuíram para que os teores de sólidos totais resultassem menores que os obtidos na condição natural.

Os resultados comprovaram a eficiência do sistema de desaguamento composto por leitos de drenagem / secagem com manta geotêxtil, mesmo para condições naturais críticas de exposição de inverno e sujeito à radiação solar, ventilação e precipitações durante a fase de secagem.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos na fase de secagem das tortas de lodo em condições naturais de exposição mostraram que além da temperatura e umidade relativa do ar, outros fatores físicos e climáticos, como a incidência de radiação solar e exposição à ventilação, favorecem significativamente a secagem do lodo.

De maneira geral, pode-se concluir que a secagem nas condições de estudo apresentou resultados promissores por possibilitar a redução do volume ou aumento da concentração de sólidos da torta de lodo retido sob condições críticas de secagem – condição natural de inverno sem proteção à intempéries, em 5 dias, com valores de concentrações de sólidos da mesma ordem de grandeza que os obtidos por desaguamentos mecânicos, possibilitando assim, a finalização do desaguamento do lodo em 7 dias.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação Araucária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. NBR 10.004 – Resíduos sólidos - Classificação, Rio de Janeiro, 2009.
2. DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaios de Tratabilidade de Água e dos Resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água. Editora Rima, São Carlos – SP, 2002.
3. MENDES, R. L. Adensamento e desaguamento mecânicos de lodos gerados em estações de tratamento de água. Dissertação de Mestrado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.
4. RICHTER, C. A. Tratamento de lodos de estações de tratamento de água. Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 2001.
5. RIBEIRO, F. L. M. Quantificação e caracterização química dos resíduos da ETA Itabirito – MG. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2007.