

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E ESTIMATIVA DA MASSA SECA DE LODO GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA (ETA 003) NA CIDADE DE PALMAS – TO

Rodrigo Folha Moreira¹, Giulliano Guimarães Silva², Roberto José Duarte Neto³, Sérgio Carlos Bernardo Queiroz⁴, Telma de Matos Guimarães⁵.

¹Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <rodrigofomo@gmail.com>

²Engenheiro Ambiental – Doutor em Tecnologia Ambiental. Professor no IFTO. e-mail: <giullianogsilva@gmail.com>

³Estudante do Curso Superior de Engenharia Civil – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica. e-mail: <robertoduarte.eng@gmail.com>

⁴Engenheiro Ambiental – Doutor em Tecnologia Ambiental. Professor na UFT. e-mail: <sergiocbq@gmail.com>

⁵Farmacêutica – Mestre em Ciências Farmacêutica. E-mail: <telmaheloisaguimaraes2017@gmail.com>

Resumo: As Estações de Tratamento de Água (ETAs) são fundamentais na garantia da boa qualidade da água. Para transformar a água bruta em água potável, as ETAs utilizam produtos químicos em seu processo de coagulação, gerando uma quantidade significativa de resíduos (lodo). O manejo e a disposição adequada desses resíduos são grandes problemas enfrentados pelas ETAs, devido a sua toxicidade, o teor de sólido e quantidade de água presente. O trabalho teve como objetivo estimar a massa seca de lodo gerada pela água bruta de entrada e caracterizar os resíduos gerados nos decantadores e nos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA 003) da cidade de Palmas – TO. A caracterização da água bruta, em termos de turbidez, foi obtida através dos Boletins de Coleta de Dados Operacionais (BCDs), disponibilizados pela BRK Ambiental|Saneatins. As análises de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais (SST) foram realizadas através de ensaios, que serviram para caracterizar os resíduos gerados na descarga do decantador e na água de lavagem dos filtros. De acordo com os BCDs, 72,2% dos valores máximos diários de turbidez da água bruta ficaram abaixo de 30 uT. Na descarga do decantador, a concentração média de SST foi de 2.706 mg/L e na lavagem dos filtros foi de 568 mg/L. As estimativas de geração de lodo a partir da caracterização da água bruta é uma ferramenta bastante eficiente, e pode servir de base para a Companhia de Saneamento projetar o futuro sistema de tratamento dos resíduos da ETA.

Palavras-chave: ETA, lodo, resíduos, massa seca, tratamento

1 INTRODUÇÃO

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) são fundamentais na garantia da boa qualidade da água. Para transformar a água bruta em água potável, as ETAs utilizam produtos químicos em seu processo de coagulação, o que gera uma quantidade significativa de resíduos (lodo). O manejo e a disposição adequada desses resíduos são grandes problemas enfrentados pelas ETAs, devido a sua toxicidade, o teor de sólido e quantidade de água presente. (DI BERNARDO et al 2017).

A caracterização da água bruta, em termos de turbidez, foi obtida através dos Boletins de Coleta de Dados Operacionais (BCDs), disponibilizados pela BRK Ambiental|Saneatins. As análises de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais (SST) foram realizadas através de ensaios, que serviram para caracterizar os resíduos gerados na descarga do decantador e na água de lavagem dos filtros. A principal contribuição científica é otimizar o sistema de tratamento de resíduos sendo que os resultados trarão benefícios econômicos e ambientais ao saneamento do Brasil, com a otimização do

uso desta alternativa de baixo custo de implantação e operacional de desaguamento dos resíduos, com eliminação da disposição inadequada destes resíduos nos mananciais.

O presente trabalho tem como objetivo estimar a massa seca de lodo gerada pela água bruta de entrada e caracterizar os resíduos gerados nos decantadores e nos filtros da Estação de Tratamento de Água de ciclo completo denominada ETA 003 na cidade de Palmas – TO.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área

Esse trabalho de caracterização dos resíduos gerados nos decantadores e filtros foi realizado na Estação de Tratamento de Água de Ciclo Completo denominada ETA 003 na cidade de Palmas - TO, sob administração da BRK Ambiental|Saneatins - Companhia de Saneamento do Tocantins.

A ETA 003 se localiza próximo à rodovia TO-050, na saída para Miracema, mais precisamente nas coordenadas geográficas: 10°08'36,35" S e 48° 17'42,78" W. Segundo informações da Companhia de Saneamento do Estado (BRK Ambiental|Saneatins), a ETA 003 possui uma vazão média de 100 L/s, e período de operação médio diário de 21 horas, atendendo cerca de 35.000 habitantes.

A referida ETA entrou em operação no ano de 1996, sendo composta por unidades de mistura rápida, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção do pH e fluoretação, em seu processo de tratamento. O coagulante utilizado é o sulfato de alumínio.

2.1.1 Caracterização de água bruta de entrada da ETA

A caracterização da água bruta foi obtida através dos Boletins de Coleta de Dados Operacionais (BCDs), onde é registrado o monitoramento da BRK Ambiental|Saneatins, referente aos anos de 2018 e 2019. Foi realizado um levantamento diário dos dados de turbidez da água bruta e dosagens de produtos químicos utilizados na ETA.

2.1.2 Estimativa da massa seca de lodo gerado na ETA a partir da caracterização da água bruta

Segundo metodologia proposta por Di Bernardo e Dantas (2005), foram utilizadas equações empíricas para a determinação da quantidade total de sólidos gerados na ETA, tais equações consideram alguns parâmetros de qualidade de água bruta e dosagens de produtos químicos conforme a equação 1:

$$P_{ss} = Q(4,89 * Dal * 0,07 * 54 / 102 + SST + Dp + Dcap + 0,1 * Dal) * 10^{(-3)}$$

Em que:

Pss = produção de SST (kg/d);

Q = vazão de água bruta a ser tratada (m³/d);

Dal = dosagem de sulfato de alumínio (mg Al/L);

SST = concentração de sólidos suspensos totais na água a ser tratada (mg/L)

Dp = dosagem de polímero seco (mg/L);

Dcarv = dosagem de carvão ativado em pó (mg/L);

Dcal = dosagem de cal hidratada (mg/L);

Para estimar a geração diária crítica de massa seca foi efetuado um levantamento da qualidade da água bruta no período de julho de 2018 a agosto de 2019 para determinar o valor médio diário de turbidez de um dia crítico (dia de chuva intensa).

Para a estimativa de geração anual de massa seca foi utilizado o estudo de frequência de valores máximos de turbidez. Com esses dados e com auxílio da equação 1, foram estimados os valores anuais de massa seca de lodo para as diferentes vazões de tratamento da ETA 003.

Como a concentração de Sólidos Suspensos Totais da água bruta afluyente à ETA 003 não é monitorada foram usados os dados operacionais de turbidez da água bruta para estimar a concentração de SST na água bruta. A concentração de SST foi estimada pela turbidez através da equação 2:

$$SST = a * turbidez$$

Em que:

SST: concentração de sólidos suspensos totais gerados na ETA (mg/L);

a: coeficiente a ser determinado experimentalmente.

O valor do coeficiente *a* utilizado na equação anterior foi adotado com base na experiência da equipe técnica da Hidrosan e em outros trabalhos realizados que mostram que o valor de *a* tende a diminuir com o aumento da turbidez. (HIDROSAN, 2011). O valor utilizado para o coeficiente *a* foi de 0,8 de acordo com a referência.

2.1.3 Caracterização dos resíduos gerados no decantador

A ETA 003 possui 04 decantadores do tipo alta taxa sem raspadores de fundo, sendo que a limpeza é realizada por meio de descarga de fundo. O período de operação dos decantadores é diário, os quais são totalmente descarregados pela abertura do registro de fundo.

Foram realizados os ensaios de duração das descargas dos decantadores para estudos com respeito à limpeza/descarga dos mesmos, onde foi totalizada uma sequência de 8 amostras de 500 ml que foram retiradas com intervalos de aproximadamente 15 segundos entre elas.

Para a determinação da curva de sólidos suspensos totais (SST) e de turbidez na descarga do decantador foi feita uma média de SST e turbidez.

2.1.4 Caracterização dos resíduos gerados nos filtros

Foram coletadas amostras (500 ml cada) durante a execução da lavagem dos filtros, com intervalos de 15s, para realizar os estudos da água de lavagem dos filtros da ETA 003. Posteriormente as amostras foram levadas para Laboratório Físico-químico do IFTO, para realização das análises de Turbidez e Sólidos Suspensos Totais. O procedimento das análises seguiu o recomendado pelo Standard Methods (APHA et al., 1998).

Para a determinação da curva de sólidos suspensos totais (SST) e de turbidez na água de lavagem dos filtros foi feita uma média de SST e turbidez. A metodologia adotada para a caracterização dos resíduos gerados atualmente na ETA, foi baseada no trabalho de Di Bernardo et al. (2011), que descreve os métodos para a realização dos estudos com os resíduos gerados em estações de tratamento de água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização dos resíduos gerados nos filtros

No período de agosto de 2018 a abril de 2019 foram realizados levantamentos diários de turbidez da água bruta e das dosagens de produtos químicos utilizados na ETA, por meio dos BCDs, registrados pelo monitoramento da BRK Ambiental|Saneatins.

A partir dos dados de turbidez, referentes aos dias de chuvas intensas, o máximo valor médio diário foi de 117,45 uT (09/12/19) que corresponde a um valor médio diário de SST de 93,96 mg/L,

considerando o coeficiente a igual a 0,8 e utilizando a equação mostrada anteriormente. O valor de a foi adotado segundo recomendado por Hidrosan (2011).

3.2 Estimativa da geração crítica diária de massa seca de lodo

A análise dos dados operacionais da ETA 003, permitiram verificar as dosagens de produtos químicos para o tratamento de uma água com turbidez em torno de 117,45 uT (valor médio diário do dia crítico de chuvas intensas), onde se utilizou uma dosagem de 50 mg/L de sulfato de alumínio. Desta forma, foram estimados os valores críticos diários de massa seca de lodo para as diferentes condições de funcionamento da ETA 003, considerando tempo médio diário de operação da ETA, 21 horas, conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Estimativa da massa seca crítica de lodo (turbidez em torno de 117,45 uT)

Condição de funcionamento da ETA 003	Vazão (L/s)	Estimativa de massa seca gerada (t/d)
Condição 1	50	0,39
Condição 2	75	0,58
Condição 3	100	0,78

Fonte: Autoria Própria

Analisando a tabela 1 que considerou o dia crítico (09/12/2018) no período de agosto de 2018 a julho de 2019, na condição 1 quando a ETA opera com a vazão de 50 L/s ela produz uma quantidade de 0,39 t/d de lodo. Na condição 2 operando com uma vazão de 75 L/s produz uma quantidade de 0,58 t/d de massa seca de lodo. Na condição 3 operando com uma vazão de 100 L/s produz uma quantidade de 0,78 t/d de massa seca gerada.

3.3 Estimativa da geração anual de massa seca de lodo

Para a estimativa da massa seca total gerada anualmente, também foi utilizada a equação SST = “ a ”. O cálculo para a turbidez foi efetuado utilizando-se a frequência de ocorrência de faixas de turbidez efetuada a partir dos dados operacionais da ETA no período de 2018 a 2019 e considerando o valor de a igual a 0,8, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Estimativa da massa seca total gerada na ETA no período de um ano

Faixa de turbidez (uT)	Turbidez média adotada	SST bruta (mg/L)	Frequência de ocorrência no ano (d)
Até 10	10	8	186
10,01 a 20	15	12	100
20,01 a 50	35	28	74
50,01 a 200	125	100	35

200,01 a 500	350	280	0
--------------	-----	-----	---

Fonte: Autoria Própria

Ainda para a estimativa foi efetuado o levantamento das dosagens de produtos químicos utilizadas para o tratamento de águas com turbidez nas diferentes faixas, conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Dosagem de produtos químicos no tratamento de água de acordo com faixa de turbidez da água bruta

Faixa de turbidez (uT)	Dosagem de sulfato de alumínio (DAL) mg/L	Dosagem de polímero (DP) mg/L	Dosagem de carvão ativado (DCAP) mg/L	Dosagem de cal hidratada (DCAL) mg/L
Até 10	12	0	0	0
10,01 a 20	24	0	0	0
20,01 a 50	38	0	0	0
50,01 a 200	50	0	0	0
200,01 a 500	50	0	0	0

Fonte: Autoria Própria

A partir dos dados operacionais, foram estimados os valores anuais de massa seca de lodo para as diferentes vazões de tratamento da ETA 003, considerando tempo de operação da ETA diário de 21 horas, conforme a tabela 4.

Tabela 4 – Dosagem de produtos químicos no tratamento de água de acordo com faixa de turbidez da água bruta

Faixa de turbidez (uT) Turbidez média adotada	SST bruta (mg/L)	Frequência de ocorrência no ano (d)	Massa seca calculada (kg/dia)			
			Q = 50 L/s	Q = 75 L/s	Q = 100 L/s	
Até 10	10	8	186	38,46	57,69	76,92
10,01 a 20	15	12	100	61,80	92,70	123,60
20,01 a 50	35	28	74	131,87	197,81	263,74
50,01 a 200	125	100	35	412,25	618,38	824,50
200,01 a 500	350	280	0	1.092,65	1.638,98	2.185,30
Total (t/ano)				37,52	56,28	

Fonte: Autoria Própria

Com os resultados, pode-se dizer que quanto maior a faixa de turbidez e a vazão de operação, maior será a quantidade da massa seca gerada.

3.4 Concentração de sólidos suspensos totais e turbidez nas descargas dos decantadores

A concentração de sólidos suspensos totais resultante no ponto de descarga do decantador no tempo de 15 segundos foi de 11.595 mg/L e a concentração no término da lavagem, aos 120 segundos (2 minutos), foi de 924 mg/L. Sendo a concentração do ponto de descarga a maior concentração de SST em todo o processo de descarga. A concentração média de SST da descarga do decantador foi de 2.706 mg/L (2,7 g/L).

A concentração de Turbidez resultante no ponto de descarga do decantador no tempo de 15 segundos contados a partir do início da descarga foi de 8.255 uT e a concentração no término da lavagem, aos 120 segundos (2 minutos), foi de 660,70 uT. Sendo a concentração do ponto de descarga a maior concentração de Turbidez em todo o processo de descarga. A concentração média de Turbidez da descarga do decantador foi de 1.710,78 mg/L (1,7 g/L).

3.5 Concentração de sólidos suspensos totais e turbidez na água de lavagem dos filtros

A maior concentração de SST encontrada, foi de 1.950 mg/L, no tempo de 60 segundos. A menor concentração foi chegando ao fim da lavagem, no tempo de 240 segundos (4 minutos), onde o filtro obteve uma concentração de 22 mg/L. O filtro apresentou resultado satisfatório, alta concentração de sólidos suspensos totais no início, um pico aos 60 segundos e decréscimo com o decorrer do tempo, chegando ao fim da lavagem com as menores concentração de SST.

A maior concentração de turbidez encontrada, como dita anteriormente, foi de 1.094 mg/L no tempo de 60 segundos. A menor concentração foi chegando ao fim da lavagem, no tempo de 240 segundos (4 minutos), onde o filtro obteve uma concentração de 11,43 mg/L. O filtro apresentou resultados satisfatórios, alta concentração de turbidez no início, um pico no tempo de 60 segundos e decréscimo com o decorrer do tempo, chegando ao fim da lavagem com as menores concentrações de turbidez. A concentração média de turbidez na lavagem do filtro foi de 356,74 mg/L (0,35 g/L).

Observa-se que nos primeiros segundos da limpeza dos filtros a água de lavagem dos filtros tem seus valores elevados dos constituintes analisados, diminuindo com o passar do tempo de lavagem. Nota-se que a partir de 3,25 minutos de descarga (195 segundos) os valores chegam a certa estabilidade. Isso demonstra que o tempo de 4,25 minutos, adotado na ETA para lavagem dos filtros, é suficiente para sua limpeza.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos com os dados dos BCDs e nos experimentos realizados com os resíduos (lodo) gerados nos decantadores e na água de lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água (ETA 003) de Palmas – TO, temos que:

A estimativa da massa seca crítica diária de lodo, com a ETA operando com vazão de 100 L/s e tempo de funcionamento de 21 h, foi de 0,78 t/d. A massa seca total gerada na ETA no período de um ano operando com vazão de 130 L/s e tempo de funcionamento de 18 h, foi de 75,04 toneladas.

As estimativas de produção de lodo a partir da caracterização da água bruta é uma ferramenta bastante eficiente, e pode servir de base para a Companhia de Saneamento projetar o futuro sistema de tratamento dos resíduos da ETA. Os valores de sólidos foram altos devido o estudo ter sido realizado no período chuvoso, época em que a água bruta apresenta grande quantidade de sólidos.

Recomenda-se que a Companhia de Saneamento, responsável pelo empreendimento, implante um sistema de tratamento para os resíduos produzidos durante o processo de tratamento da água, que foram caracterizados e quantificados neste estudo. Seria importante também, a caracterização química e microbiológica desses resíduos para um melhor tratamento. Além do tratamento, deve haver uma disposição adequada destes resíduos.

Uma outra recomendação está relacionada com a água utilizada para a lavagem dos filtros, pois são utilizados grandes volumes de água para lavar cada filtro. Essa água pode ser tratada e reaproveitada nas atividades do próprio empreendimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS – ABNT. **NBR 10.004** –Resíduos sólidos - Classificação, Rio de Janeiro, 2004.

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. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol. 13, jan/mar 2008.

APHA (1998). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington.

BRASIL. Crimes Ambientais: **Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998** – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recurso Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento do Recursos Hídrico. Brasília, DF, 1997

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília – DF, set. 2017. Disponível em: <
http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html>. Acesso em: 25 de out de 2018

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. 1. ed. São Carlos: Editora LDiBe, 2005.

DI BERNARDO, L., DANTAS, A. D., VOLTAN, P. E. N. **Métodos e Técnicas de Tratamento e Disposição dos Resíduos Gerados em Estações de Tratamento de Água**. Editora LDiBe, São Carlos – SP, 2012.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P.E.N. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 3. ed. São Carlos: Rima, 2017. 1246 p.

HIDROSAN ENGENHARIA SS LTDA (2011). **Projeto Hidráulico do Sistema de Tratamento de Resíduos Gerados em ETA de Ciclo Completo**. GAFFNEY, D.A.; MARTIN, S.M.; MAHER, M.H.; BENNET, T.A. ;(1999). Dewatering contaminated, fine grained material using geotextiles. In:

GUANAES, E. A. **Análise do Desaguamento do Lodo Residual de Estação de Tratamento de Água por Meio de Geossintéticos**. 129 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – CEFET, Minas Gerais, 2009.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Editora Átomo, 3º ed. Campinas – SP, 2010.

SATYAMURTHY, R.; BHATIA, S. K. **Effect of polymer conditioning on dewatering characteristics of fine sediment slurry using geotextiles**. Geosynthetics International, v. 16, n. 2, 2009.