

II-025 - RELAÇÃO ENTRE A CARGA ORGÂNICA AFLUENTE E A MASSA DE LODO DE ESGOTO DESCARTADO EM SISTEMAS CONTENDO REATORES TIPO UASB: UM ESTUDO DE CASO NO ESTADO DO PARANÁ

Simone Bittencourt⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia e Doutora em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professora da Fael.

Endereço⁽¹⁾: Rua José Júlio Biscaia, 211 - sobrado 1, Portão, Curitiba, PR - CEP 80.330-140, Brasil - tel: (41) 3229-5600. E-mail: simone.bittencourt@fael.edu.br

RESUMO

O mecanismo mais importante para a remoção da matéria orgânica (MO) presente no esgoto é o metabolismo bacteriano, que a utiliza como fonte de energia e transforma o carbono em nova biomassa bacteriana. Dessa forma, o dimensionamento das estruturas de tratamento de lodo de esgoto é realizado por meio de cálculos teóricos para estimar a geração do resíduo e consequentemente a quantidade que deve ser descartada dos reatores biológicos. Uma das abordagens utilizadas para o cálculo de geração e descarte de lodo de esgoto tem como base a conversão da carga orgânica afluente a uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). No tratamento de esgoto em reatores biológicos anaeróbios, tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) verifica-se uma grande amplitude nos valores de geração de lodo em função da carga orgânica afluente ao processo de tratamento. O objetivo do presente estudo de caso foi verificar a relação entre a carga orgânica afluente e o lodo descartado em tratamentos anaeróbios de esgoto, realizados em sistemas contendo reatores tipo UASB, em ETEs operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Observou-se que a amplitude de relação entre a massa de lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente é grande (2,6 a 14,6%) em sistemas de tratamento de esgoto contendo reatores tipo UASB, demonstrando que outros fatores, além da carga orgânica de DQO afluente, podem influenciar na geração e, principalmente, na massa de lodo descartado. Fatores esses, que podem estar relacionados a questões construtivas e questões operacionais, que influenciam no adensamento do lodo descartado, nos procedimentos e na frequência de descarte de lodo. Os resultados mostraram que os sistemas com vazões até 20 L s⁻¹ apresentaram relação média entre a massa de lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente de 8%, enquanto para sistemas com vazões superiores a 20 L s⁻¹ essa relação foi em média de 6%.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de Lodo, Biomassa, Demanda Química de Oxigênio, Reator Anaeróbio.

INTRODUÇÃO

O mecanismo mais importante para a remoção da matéria orgânica (MO) presente no esgoto é o metabolismo bacteriano, que a utiliza como fonte de energia e transforma o carbono em nova biomassa bacteriana (VAN HAANDEL; LETTINGA, 1994).

Nos processos de tratamento de esgoto anaeróbios ocorre o catabolismo fermentativo, no qual uma parte da demanda química de oxigênio (DQO), que é um parâmetro que retrata de forma indireta o teor de MO, é convertida em CO₂ e CH₄. Outra parte é convertida (anabolismo) em biomassa, que é a principal componente do lodo de esgoto biológico ou secundário. Logo, no tratamento anaeróbio de esgoto predomina a conversão da DQO em biogás, com uma menor geração de lodo quando comparada com a do tratamento aeróbio, no qual predomina a conversão da DQO em biomassa (CHERNICHARO et al., 2001; ZHANG et al., 2018).

No tratamento de esgoto em reatores biológicos anaeróbios, tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) verifica-se uma grande amplitude nos valores de geração de lodo em função da carga orgânica afluente ao processo de tratamento. São verificadas gerações de sólidos totais de lodo de esgoto em relação a carga de DQO afluente desde 5% (VAN LIER et al., 2008); de 8% (± 5%) (ZHANG et al., 2018); até 12 a 18 % (VON SPERLING E GONÇALVES, 2001), considerando as eficiências de remoção de DQO típicas do processo de tratamento anaeróbio de esgoto.

O descarte do lodo dos reatores biológicos é necessário para garantir a eficiência do tratamento do esgoto e a qualidade do efluente lançado no corpo receptor. A frequência, quantidade e forma de descarte de lodo são variáveis de acordo com as tecnologias de tratamento de esgoto implantadas na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Após o descarte, é necessário que o lodo gerado nos diferentes sistemas de tratamento de esgoto passe por processos de tratamento, que tem por objetivo adequá-lo à destinação final.

O dimensionamento das estruturas de tratamento de lodo de esgoto é realizado por meio de cálculos teóricos para estimar a geração do resíduo e consequentemente a quantidade que deve ser descartada dos reatores biológicos. Uma das abordagens utilizadas para o cálculo de geração e descarte de lodo de esgoto tem como base a conversão da carga orgânica afluenta a uma ETE.

O objetivo do presente estudo de caso foi verificar a relação entre a carga orgânica afluenta e o lodo descartado em tratamentos anaeróbios de esgoto, realizados em sistemas contendo reatores tipo UASB, em ETEs operadas pela Companhia de Saneamento do Paraná.

MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se a coleta de dados do sistema corporativo da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), denominado Sistema de Controle e Vigilância da Qualidade de Água e Esgoto (SQA). Foram obtidos dados mensais, do ano de 2015, de vazão e DQO de esgoto afluenta e de volume e sólidos totais (ST) de lodo de esgoto descartado de cada uma das 159 ETEs objetos do presente estudo. As ETEs estudadas possuíam tratamento biológico em reatores anaeróbios, tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) sem pós-tratamento ou seguidas de pós-tratamento em lagoas de polimento ou filtro anaeróbio. Não foram objeto do estudo, ETEs com pós-tratamento de esgoto em sistemas aeróbios ou em sistemas de flotação por ar dissolvido em operação.

Mensalmente, a vazão, o volume total e o valor médio de ST do lodo bruto líquido descartado de cada ETE é registrado no sistema SQA. A determinação de ST no lodo de esgoto tem por objetivo possibilitar o cálculo da geração de lodo de uma ETE em termos de massa (toneladas), a partir do volume de lodo descartado do processo de tratamento de esgoto, visto que a quantidade de água presente no lodo descartado de reatores de diferentes sistemas de tratamento é variável, podendo estar entre 94 a 99% (VON SPERLING; GONÇALVES, 2001).

A partir dos dados mensais, calculou-se a vazão média anual de cada uma das ETEs. A Figura 1 apresenta a distribuição das ETEs estudadas de acordo com a faixa de vazão operacional.

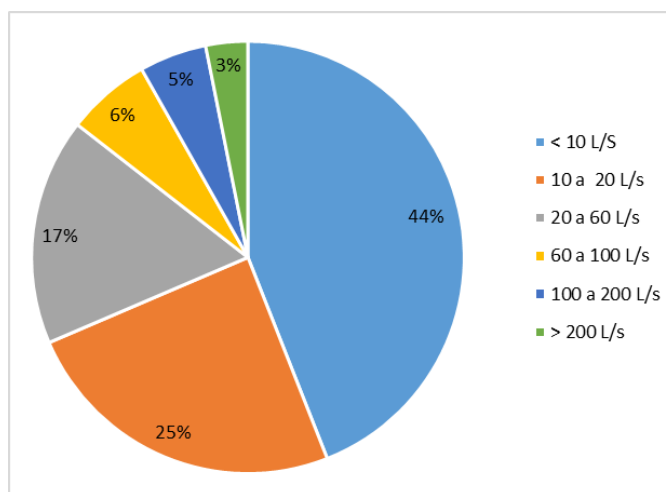


Figura 1: Porcentagens de Estações de Tratamento de Esgoto estudadas, segundo faixa de vazão operacional ($L s^{-1}$).

Calculou-se a média, máximo e mínimo de concentração anual de DQO das ETEs; a massa total de lodo descartado em toneladas de sólidos totais (EQUAÇÃO 1); a carga orgânica de DQO afluente (EQUAÇÃO 2) e a relação entre toneladas de sólidos totais de lodo descartado e toneladas de carga orgânica de DQO afluente (EQUAÇÃO 3).

$$\text{Glodo} = [V * \mu * (\text{ST}/100)] / 1000 \quad \text{EQUAÇÃO (1)}$$

Em que:

Glodo é o descarte anual de lodo em ST (t ano^{-1});

V é o volume total de lodo na entrada do desaguamento ($\text{m}^3 \text{ano}^{-1}$);

μ é a massa específica do lodo na entrada do desaguamento (kg m^{-3}), adotou-se 1.000 kg m^{-3} e

ST é o teor médio de sólidos totais do lodo na entrada do processo de desaguamento (%).

$$\text{Corg} = [(\text{DQO} * Q) * 0,0864 * 365] / 1000 \quad \text{EQUAÇÃO (2)}$$

Em que:

Corg é a carga orgânica de DQO afluente (t ano^{-1});

DQO é concentração de Demanda Química de Oxigênio do esgoto afluente (mg L^{-1}) e

Q é a vazão do esgoto afluente (L s^{-1}).

$$\text{PL} = (\text{Glodo}/\text{Corg}) * 100 \quad \text{EQUAÇÃO (3)}$$

Em que:

PL é a relação em %, entre a massa de lodo descartado (Glodo) e a carga orgânica de DQO afluente (Corg).

Realizou-se a correlação entre os parâmetros de vazão e concentração de DQO afluente e de vazão, concentração de DQO afluente, carga orgânica de DQO afluente e massa de lodo descartado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A concentração média de DQO afluente das ETEs estudadas foi de $748,5 \text{ mg L}^{-1}$, semelhante aos valores considerados típicos para esgotos brutos predominantemente domésticos de 700 mg L^{-1} (400 a 800 mg L^{-1}) (VON SPERLING, 2005). No entanto, inferior a verificada por Oliveira (2006), de 1.113 mg L^{-1} (desvio padrão de 413 mg L^{-1}), em estudo de 153 ETEs com diferentes sistemas de tratamento de esgoto. A autora observou que de modo geral, os sistemas de tratamento que atendem comunidades menores apresentaram valores de DQO superiores aos considerados típicos para despejos predominantemente domésticos. No presente estudo, foi verificada uma baixa correlação negativa ($-0,2$) entre a vazão e a concentração de DQO afluente, demonstrando que não houve relação entre essas variáveis.

A Tabela 1 apresenta os resultados de concentração de DQO afluente, vazão, carga orgânica de DQO afluente, massa de lodo descartado e relação entre a massa de lodo descartado e carga orgânica de DQO afluente.

Tabela 1: Concentração de DQO afluente, vazão, carga orgânica de DQO afluente, massa de lodo descartado e relação entre a massa de lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente de sistemas de tratamento de esgoto contendo reatores tipo UASB, em 2015, no estado do Paraná.

Percentil	DQO (mg L^{-1})	Vazão (L s^{-1})	Corg (t ano^{-1})	Glodo (t ano^{-1} ST)	PL (%)
10	408,8	2,3	61,5	4,1	2,6
50	685,8	12,3	267,0	16,2	6,2
90	1183,4	75,7	1479,4	83,3	14,6

Nota: Corg - carga orgânica de DQO afluente; Glodo - descarte anual de lodo em sólidos totais; PL - relação entre o lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente.

Observa-se (Tabela 1) que a faixa entre o percentil 10 e 90 da relação entre a massa de lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente, de 2,6 a 14,6%, é semelhante ao encontrado por Zhang et al. (2018); de 8% ($\pm 5\%$). No entanto, é uma faixa inferior à citada por Von Sperling e Gonçalves (2001), de 12 a 18 %. A amplitude da faixa de valores demonstra que outros fatores além da carga orgânica de DQO afluente podem influenciar na geração e, principalmente, na massa de lodo descartado. Segundo Oliveira (2006) o desempenho

das tecnologias de tratamento de esgoto é bastante variado, sendo influenciado, inclusive, por condições operacionais, e esse fato também interfere na massa de lodo descartado em uma ETE.

Numa tentativa de encontrar outros parâmetros que possam ser utilizados como auxiliares na definição da melhor relação PL a ser adotada para o dimensionamento de estruturas de tratamento de lodo, foram correlacionados os parâmetros de vazão, concentração de DQO afluente, carga orgânica de DQO afluente e a massa de lodo descartado.

Não foi verificada correlação entre a concentração de DQO afluente e a massa de lodo descartado (-0,1), mas observou-se correlações positivas entre carga orgânica de DQO afluente e a massa de lodo descartado (0,94) e a vazão e a massa de lodo descartado (0,97), e por essa última ter sido a melhor correlação e considerando que a vazão é um parâmetro operacional de fácil obtenção, calcularam-se as médias de relação PL por faixa de vazão (Tabela 2).

Tabela 2: Faixas de vazão e média de massa de lodo descartado em sistemas de tratamento de esgoto contendo reatores tipo UASB, em 2015, no estado do Paraná.

Vazão (L s ⁻¹)	PL (%) média
< 10	8,4
10 a 20	7,5
20 a 60	6,2
> 60	6,3

Nota: PL - relação entre o lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente.

Verificou-se (Tabela 2) que os sistemas com vazões mais baixas apresentaram PLs superiores aos sistemas com vazões mais altas, podendo esse ser um critério auxiliar na definição da relação PL a ser adotada para o dimensionamento de estruturas de tratamento de lodo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo de caso permitiu observar que a amplitude de relação entre a massa de lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente é grande (2,6 a 14,6%) em sistemas de tratamento de esgoto contendo reatores tipo UASB, demonstrando que outros fatores, além da carga orgânica de DQO afluente, podem influenciar na geração e principalmente na massa de lodo descartado. Fatores esses, que podem estar relacionados, principalmente, a questões construtivas e questões operacionais, que influenciam no adensamento do lodo descartado, nos procedimentos e na frequência de descarte de lodo.

Os resultados mostraram que os sistemas com vazões até 20 L s⁻¹ apresentaram relação média entre a massa de lodo descartado e a carga orgânica de DQO afluente de 8%, enquanto para sistemas com vazões superiores a 20 L s⁻¹ essa relação foi em média de 6%.

Para que seja possível adotar parâmetros mais adequados às realidades locais e regionais brasileiras no cálculo de geração de lodo de esgoto em sistemas de tratamento de esgoto contendo reatores tipo UASB e, consequentemente, de dimensionamento de estruturas de tratamento de lodo, recomenda-se que estudos sejam realizados considerando também:

- eficiência do tratamento do esgoto;
- carga orgânica de DQO efluente;
- carga orgânica de DQO removida e
- comparação entres cálculos utilizando de geração de lodo em termos *per capita*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CERNICHARO, C. A. L.; VAN HAANDEL, A. C.; FORESTI, E.; CYBIS, L. F. Introdução. In: CERNICHARO, C. A. L. (coord.). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Belo Horizonte: PROSAB, 2001. p.19-34.

2. OLIVEIRA, S. M. A. C. Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. 2006. 231 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental e Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 2006.
3. VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande: Epgraf, 1994. p. VI-1 – VI- 17.
4. VAN LIER, J. B.; MAHMOUD, N.; ZEEMAN, G. Anaerobic Wastewater Treatment. In: HENZE, M.; VAN LOOSDRECHT, M. C. M.; EKAMA, G. A.; BRDJANOVIC D. (ed.) Biological Wastewater Treatment, Principles, Modelling and Design, Chapter 16, ISBN: 9781843391883, IWA Publishing, London, UK, p. 415-456. 2008.
5. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005, 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).
6. VON SPERLING, M.; GONÇALVES, R. F. Lodo de esgotos: características e produção. In: ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. (Ed.). Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. Belo Horizonte: UFMG-Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Curitiba: Sanepar, 2001. p. 17-67.
7. ZHANG, L.; DE VRIEZE, J.; HENDRICKX, T. L. G.; WEI, W.; TEMMINK, H.; RIJNAARTS, H.; ZEEMAN, G. Anaerobic treatment of raw domestic wastewater in a UASB-digester at 10 °C and microbial community dynamics. Chemical Engineering Journal, v. 334, n. 15, p. 2088 - 2097. feb. 2018.