

II-075 - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA EM TERMOS DE DBO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO TIPO BIOAERADOR DE CASCATA**Luciana da Silva Canuto⁽¹⁾**

Química Industrial pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (2005). Analista da Qualidade de Esgoto da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

Miriam Patrícia Loureiro

Química Industrial pela Universidade Vale do Rio Doce - UNIVALE/MG (1999). Suporte de Operação da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

Juliane Giacomin Bof

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2004). Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo - UFES (2007). Analista Operacional de Esgoto da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

Antoyr José Marocchio Junior

Técnico de Sistemas de Saneamento da Companhia Espírito Santense de Saneamento - CESAN.

Endereço⁽¹⁾: Av. Gelú Vervloet dos Santos, 35 - Jardim Camburi - Vitória - ES - CEP: 29090-100 - Brasil - Tel: (27) 2127-6800 - e-mail: luciana.canuto@cesan.com.br

RESUMO

Ao projetar um sistema de tratamento de esgoto deve-se considerar sua eficiência na remoção da matéria orgânica, além da disponibilidade de área para sua instalação e os custos operacionais. Um dos fatores que eleva o custo de operação é o uso intensivo de equipamentos, como aeradores e bombas, com o consequente aumento nas despesas de energia elétrica. O custo da energia e sua escassez têm gerado estudos para a elaboração de alternativas com menor demanda energética. Diante deste cenário, este trabalho vem apresentar resultados satisfatórios de procedimentos operacionais adotados na ETE Serra Dourada, objetivando a redução do consumo de energia com a manutenção da eficiência do tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Operação, energia elétrica, DBO.

INTRODUÇÃO

Esgoto é o termo usado para caracterizar os despejos provenientes dos diversos usos da água, como o doméstico, comercial, industrial, agrícola, em estabelecimentos públicos e outros (BRAGA *et al*, 2006). Os esgotos domésticos englobam usualmente os esgotos de domicílios, bem como de atividades comerciais e institucionais. Eles contêm 99,9% de água e o restante de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos (VON SPERLING, 2005).

Apesar de variarem em função dos costumes e condições socioeconômicas das populações, os esgotos domésticos têm características bem definidas. Resultantes do uso da água pelo homem em função dos seus hábitos higiênicos e de suas necessidades fisiológicas, os esgotos domésticos compõem-se, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (BRAGA *et al*, 2006).

A disposição adequada dos esgotos é essencial para proteção da saúde pública. Muitas infecções podem ser transmitidas de uma pessoa doente para outra sadia por diferentes caminhos, envolvendo as excreções humanas. Os esgotos podem contaminar a água, os alimentos, os utensílios domésticos, as mãos, o solo, ou serem transportados por vetores, como moscas e baratas, provocando novas infecções (BRAGA *et al*, 2006).

Segundo von Sperling (2005) o projeto de uma estação de tratamento, normalmente não há interesse em se determinar os diversos compostos dos quais a água resíduária é constituída. Assim, muitas vezes é preferível a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do despejo em questão. Como o parâmetro DBO que mede o potencial de poluição de um determinado despejo pelo consumo de oxigênio que ele traria.

Nas lagoas facultativas a matéria orgânica em suspensão (DBO particulada) tende a sedimentar, vindo a constituir o lodo do fundo. Esse lodo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido em gás carbônico, água, metano e outros. Apenas a fração inerte permanece no fundo (von Sperling, 2005).

A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões (DBO finamente particulada) não sedimenta, permanecendo dispersa na massa líquida. A sua decomposição se dá através de bactérias facultativas, que tem a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio. Essas bactérias utilizam-se da matéria orgânica como fonte de energia, alcançada através da respiração. Na respiração aeróbia, há necessidade da presença de oxigênio, o qual é suprido ao meio pela fotossíntese realizada pelas algas. Há assim, um perfeito equilíbrio entre o consumo e a produção de oxigênio e gás carbônico (VON SPERLING, 2005).

A eficiência no tratamento do esgoto seja qual for sua natureza, depende do método empregado na elaboração e execução do projeto da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). Nas lagoas facultativas a redução de DBO é da ordem de 75 a 85% (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005).

Ao definir um processo deve-se considerar sua eficiência na remoção de DBO e coliformes, a disponibilidade de área para sua instalação, os custos operacionais, especialmente energia elétrica, e a quantidade de lodo gerado. Alguns processos exigem maior escala (maior população atendida) para apresentarem custos per capita compatíveis. Na implantação de um sistema de esgotamento sanitário, compreendendo também a rede coletora, a estação de tratamento representa cerca de 20% do custo total (BORSOI *et al*, 1997).

Um dos fatores que eleva o custo de operação é o uso intensivo de equipamentos, com o consequente aumento nas despesas de energia elétrica. O custo da energia e sua escassez em várias regiões do mundo também têm motivado pesquisas para a criação de soluções com menor demanda energética (BORSOI *et al*, 1997).

A ETE Serra Dourada/ES possui um sistema de bioaeração por cascata nas lagoas facultativas. Segundo Filho (1997), o princípio da aeração por gravidade é a utilização da energia potencial da água para criar interfaces de exposição para uma eficiente transferência de gases. Durante a queda livre da água, uma superfície de exposição é criada e vai estar ligada ao seu tempo médio de exposição, que está relacionado com a altura de queda. Quando os fluxos ou jatos submergem em uma massa d'água pela massa líquida em forma de bolhas, o que gera nessa situação, uma intensa transferência de gases, ou seja, quanto mais profundo o jato penetrar na massa d'água, maior será a área superficial específica e o tempo de contato entre as bolhas e a água.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência, em termos de redução de DBO, da ETE Serra Dourada, operada e monitorada pela Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) em função de manobras operacionais visando à redução do consumo de energia elétrica.

MATERIAIS E MÉTODOS

A estação de tratamento de esgoto denominada ETE Serra Dourada (Figura 1), situa-se na cidade de Serra/ES ($20^{\circ}07'56.79''$ de latitude sul e $40^{\circ}14'34.30''$ de longitude oeste). O esgoto passa pelo tratamento preliminar, depois é encaminhado para a primeira lagoa onde pode ser recirculado para os dois bioareadores de cascata e vai para a segunda lagoa onde também pode ser recirculado nos dois bioareadores de cascata. Por fim, ocorre a disposição final do efluente no corpo receptor. Atualmente a ETE opera com vazão média de 13,0 L/s.

A ETE Serra Dourada possui quatro bioareadores de cascata (BC). Conforme mostrado no detalhe da Figura 1, os BC são uma estrutura com 5,0m de altura cada, apresentando duas unidades com dois compartimentos e 20 degraus cada um, tendo cada degrau 15 cm de altura e 1,45 m de largura.



Figura 1: Vista geral da ETE Serra Dourada, localização dos pontos de coleta e detalhe do bioaerador de cascata. (A) afluente, (E) efluente e (BC) bioaerador de cascata.

As análises do parâmetro DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) do sistema foram realizadas mensalmente de jan/06 a mar/07. As amostras foram coletadas em dois pontos: afluente e efluente da estação (Figura 1). Os métodos analíticos empregados seguiram os padrões preconizados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA *et al*, 2005).

Os dados relativos ao consumo e custo mensal de energia elétrica foram obtidos através do PROGEN (Programa de Gestão de Energia Elétrica), programa adotado pela CESAN. Utilizaram-se dados de consumo de energia elétrica referente ao período de jan/05 a dez/07.

Os custos relativos à operação, zeladoria noturna, serviços de manutenção, retirada e transporte de resíduos da ETE foram fornecidos pelo “Boletim mensal de medição de campo”, que é um documento de controle dos serviços terceirizados. O custo com o monitoramento considerou as análises em três pontos de amostragem (afluente, intermediária e saída das lagoas), dos parâmetros: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, DBO, DQO (Demanda Química de Oxigênio), sólidos suspensos totais, nitrogênio amoniacal, fósforo, Coliformes Termotolerantes.

As manobras operacionais, iniciadas em jul/06, foram realizadas com a finalidade de reduzir os gastos com a energia elétrica desligando uma das bombas que conduzem o esgoto aos bioaeradores de cascata, levando em consideração a garantia de eficiência esperada para o tipo de tratamento. Assim, adotaram-se os seguintes procedimentos para a realização das manobras:

- Durante o período diurno, a primeira lagoa que possui dois bioaeradores normalmente operando com duas bombas de 10 cv cada, passou a operar com uma bomba para cada bioaerador de cascata. No mesmo período a segunda lagoa, que possui dois bioaeradores com uma bomba de 10 cv cada, passou a operar com um bioaerador de cascata;
- Durante o período noturno, a primeira e a segunda lagoa funcionam com um bioareador de cascata operando com uma bomba cada.

O funcionamento das bombas foi realizado de forma alternada, também para prolongar a vida útil das mesmas. As manobras operacionais foram realizadas considerando as condições climáticas, ou seja, em dias chuvosos, nublados ou com ventos foram adotados outros procedimentos operacionais.

RESULTADOS

As principais características físico-químicas do efluente tratado da ETE Serra Dourada estão apresentadas na Tabela 1. A eficiência em termos de DBO da ETE, em 2006 e 2007, foi de 81% e 84%, respectivamente.

Tabela 1: Valores médios da qualidade do efluente.

Parâmetros de Qualidade	Valores
pH	7,6
Temperatura (°C)	26
Fósforo (mg/L)	5
Sólidos Suspensos Totais (SST)	55
DBO (mg/L)	49
DQO (mg/L)	163
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,8
Vazão (L/s)	13

Na Figura 2 observa-se que o consumo de energia elétrica na ETE Serra Dourada variou de 10.947 kWh em dez/06 a 39.319 kWh em mar/06. Já a eficiência em termos de DBO da estação manteve-se entre 77 - 91 %, em out/06 e mai/06, respectivamente. Os valores médios de DBO no esgoto bruto e tratado foram de 320 mg/L e 44 mg/L respectivamente.

O período de jan/06 a jun/06 foi considerado no estudo, com a finalidade de comparação com período em que foram executadas as manobras operacionais.

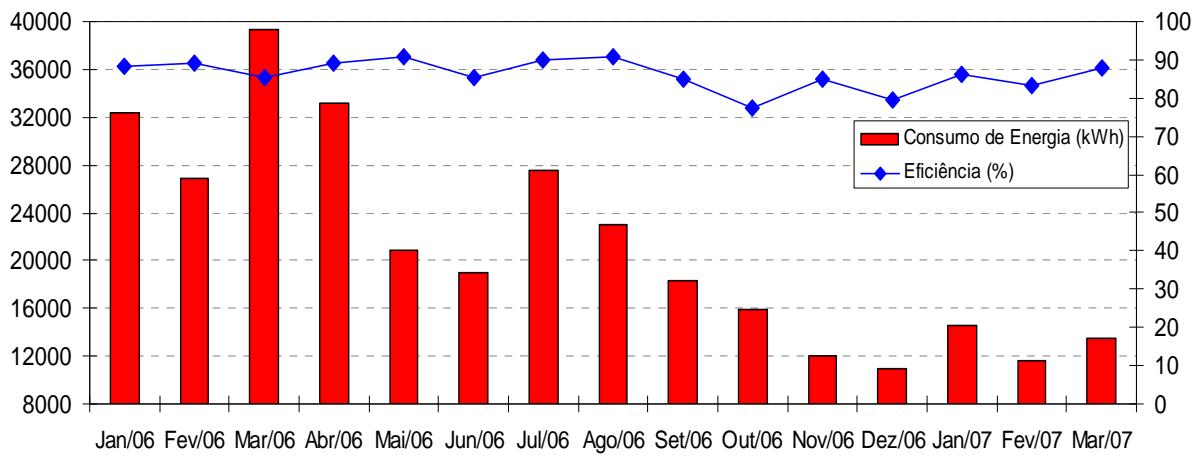


Figura 2: Variação temporal do consumo de energia elétrica (kWh) relacionando com os valores eficiência em termos de DBO.

Na Figura 3, pode-se notar que o percentual da energia consumida (em forma de linha) em relação ao custo geral de operação da ETE também decaiu com a adoção das referidas manobras operacionais. O consumo de energia chegou a corresponder a 55% do custo de operação em mar/06, sendo que após o início das manobras operacionais este custo chegou a ser de 29%, em dez/06.

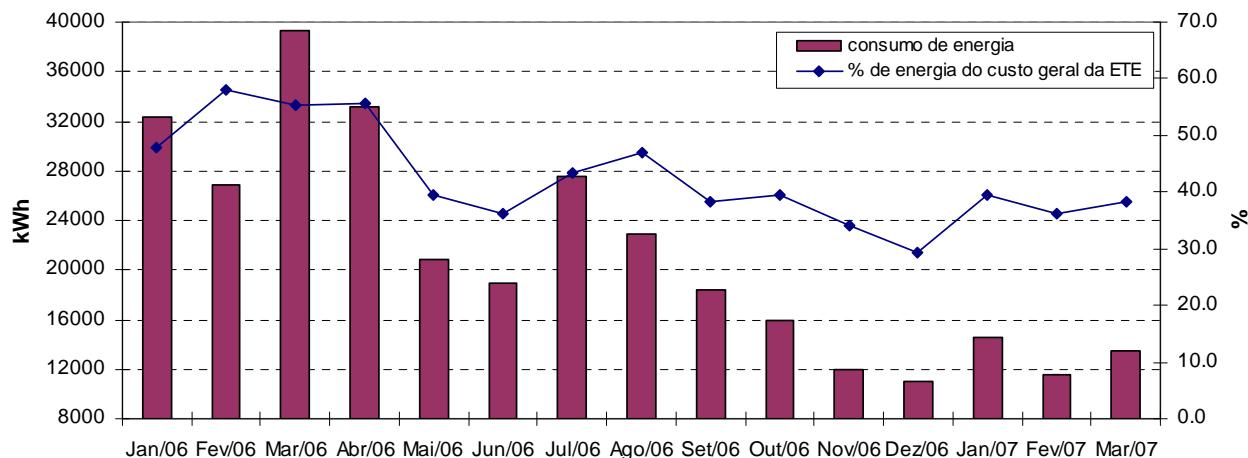


Figura 3: Variação temporal do consumo de energia elétrica (kWh) relacionando com o custo total de operação da ETE.

De acordo com a Figura 4, constata-se que a fase de estabilização, foi a que apresentou a menor variação entre os valores do consumo de energia elétrica, obtendo valores mínimo, médio e máximo de 7.503 kWh, 10.481 kWh e 14.596 kWh, respectivamente. Esta fase foi após os ajustes nas manobras e conhecimento dos fatores que poderiam interferir na eficiência do processo de tratamento.

A fase de ajuste apresentou uma faixa entre os quartis 25% e 75% mais larga, demonstrando uma maior variabilidade dos valores, o que pode ser justificado, por se tratar de um período de experimento das manobras operacionais até se chegar a um resultado dentro do esperado. Já a fase anterior ao ajuste, obteve-se um valor máximo de 39.319 kWh maior que os demais.

Verifica-se que o ponto máximo da fase de estabilização é menor que os pontos mínimos das fases anterior e de ajuste.

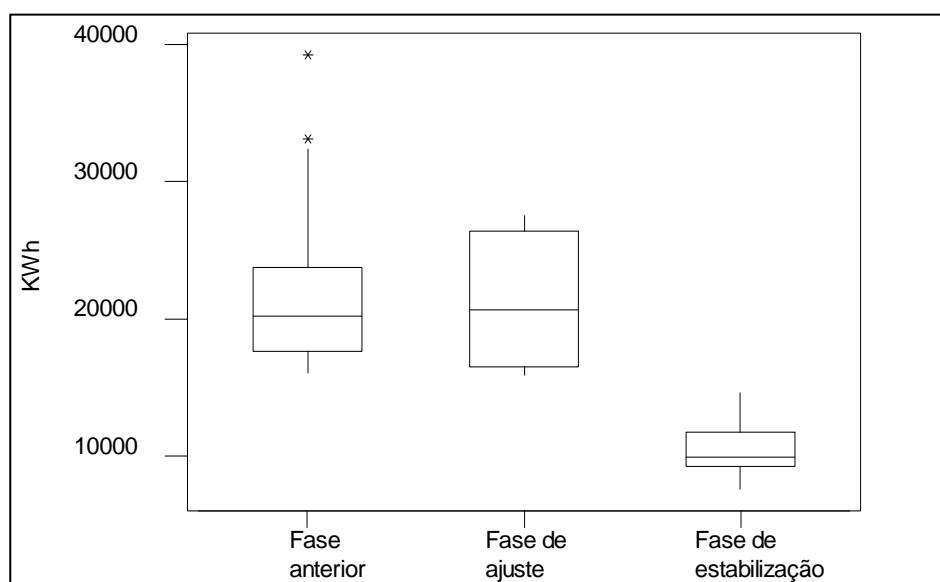


Figura 4: Boxplot dos valores de consumo de energia, das fases anterior, de ajuste e estabilização.

Conforme observado na Figura 5, os principais custos da estação são: operação, monitoramento, zeladoria noturna, disposição dos resíduos gerados e consumo de energia elétrica. Este último corresponde a 47% do custo médio de operação da estação, de jan/06 a mar/07, sendo a redução do consumo a energia elétrica, crucial para a economia da operação, sempre considerando a eficiência do sistema.

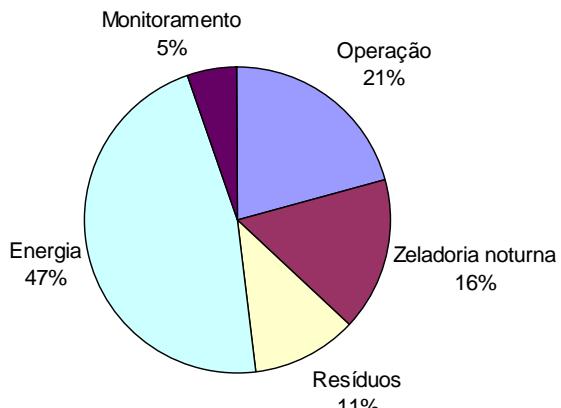


Figura 5: Contribuição dos principais custos de operação em relação ao custo médio de operação (%) .

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, conclui-se que:

As manobras operacionais realizadas na ETE Serra Dourada demonstraram resultados satisfatórios, uma vez que comprovou significativamente a redução do consumo de energia sem comprometer a eficiência do tratamento.

O consumo médio mensal diminuiu 52.6%, da fase anterior para a fase de estabilização, o que significa uma diminuição de aproximadamente 11.500 kWh mensais, que no período de um ano equivale a 138.000 kWh.

Além da economia de energia, estas manobras possibilitaram aumentar a vida útil das bombas dos BC's, uma vez que estas operam alternadamente. Isto significa uma diminuição nos gastos com manutenção dos equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA, AWWA Wef. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 20th edition, Washington, 2005.
2. BRAGA, B. *et al.* Introdução à Engenharia Ambiental. 2 Edição. São Paulo, 2006.
3. BORSOI, Z. *et al.* Informe Infra-estrutura: área de projetos de infra-estrutura, nº16, nov/97<<http://www.bnbes.gov.br/conhecimento/infra/g7416.pdf>
4. FILHO, J.D & SOUZA, A.M. O cascateamento como uma opção para o arejamento de efluentes anaeróbios diluídos. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.
5. OLIVEIRA, S. M. A. C. ; VON SPERLING, M. . Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1 - Análise de desempenho. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 347-357, 2005
6. VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. Vol. 3. Lagoas de Estabilização. 2a.ed.. 2. ed. BELO HORIZONTE: DESA-UFMG, 2002. v. 1. 196 p
7. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1. 452 p