



XI SILUBESA

Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

II-140 – AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE DUAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS ENVOLVENDO REATORES ANAERÓBIOS E PÓS-TRATAMENTO EM LAGOA FACULTATIVA, EM ESCALA REAL

Frieda Keifer Cardoso(1)

Engenheira Civil pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Consultora Técnica da Divisão de Saneamento da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM.

Marcos von Sperling

Engenheiro Civil e Sanitarista. Doutor em Engenharia Ambiental pelo Imperial College, Universidade de Londres. Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Maurício Messias Barbosa

Engenheiro Civil pela Universidade de Uberaba. Pós-graduação em Engenharia de Segurança, Planejamento Ambiental e Hidrologia Ambiental pela Universidade Federal de Uberlândia. Secretário Municipal de Obras, Serviços Urbanos e Meio Ambiente da Prefeitura de Nova Ponte.

Heloísa Cristina Notini Greco

Engenheira Civil pela UFMG. Consultora Técnica da Divisão de Saneamento da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM.

Endereço (1): Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM; Av. Prudente de Moraes, nº 1671 - DISAN – Bairro Santa Lúcia - CEP 30.380-000 - Belo Horizonte - MG - Tel: (31) 3298-6452



friedakc@bol.com.br

RESUMO

A implantação de uma ETE envolve aspectos ambientais, econômicos e sociais, podendo gerar incômodos para a população vizinha, caso não exista um planejamento social e sanitário, o qual deve considerar as fases de projeto, construção, operação e manutenção.

O desenvolvimento, a pesquisa e o conhecimento do projeto são ferramentas importantíssimas para o planejamento do controle do processo, que tem como objetivo o conhecimento do funcionamento da ETE, a identificação de melhorias e modificações para o seu melhor desempenho e a elaboração de um plano de ação para as correções necessárias.

O presente trabalho busca avaliar o sistema operacional da ETE 1 (tratamento preliminar, reator UASB, tanques Imhoff, filtro anaeróbio e lagoa facultativa) e da ETE 3 (lagoa anaeróbia e lagoa facultativa), localizadas em Nova Ponte/MG, com base nos monitoramentos realizados no período de fevereiro/1998 a junho/2002, e ainda, nas vistorias "in loco" mensais, de maio a setembro/2002. Foi também abordado o custo envolvido na operação das referidas ETEs.

Após avaliação dos resultados, pode-se concluir que a troca de informações ocorridas ao longo das visitas às ETEs permitiu consolidar um ambiente de confiança e respeito, importante para o andamento dos trabalhos. Verificou-se que o número de funcionários da operação e manutenção das ETEs - um operador e um responsável técnico - atende à demanda exigida. Outro fato bastante relevante é o reconhecimento do trabalho dos operadores pela população e visitantes, o qual afeta positivamente a qualidade das atividades diárias realizadas nas ETEs.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação Operacional, Reatores Anaeróbios, Pós-Tratamento em Lagoa Facultativa, Escala Real.

INTRODUÇÃO

A implantação de Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs envolve aspectos ambientais, sociais e econômicos, tendo como objetivos principais, manter o equilíbrio dos ecossistemas dos corpos d'água, garantir os diversos usos previstos para o mesmo, beneficiar a saúde pública e otimizar os investimentos. Na fase de planejamento é crucial que sejam contempladas as etapas de projeto, execução, operação e de manutenção. Tudo isto, para assegurar, quando da implantação, o cumprimento às metas estabelecidas.

Uma ETE ideal é aquela que consegue conjugar eficiência, baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional, índices mínimos de mecanização e sustentabilidade do sistema. O tratamento biológico de esgotos, por ser um processo natural, faz parte da realidade de muitos municípios brasileiros, principalmente de pequeno porte, os quais não têm acesso a mão-de-obra especializada ou sequer verba para investimento em processos mais sofisticados de tratamento.

O município de Nova Ponte - MG possui três estações: ETE 1, ETE 2 e ETE 3. As ETEs 1 e 3 são licenciadas pelo Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM e objeto do presente trabalho. Foi analisado o monitoramento das referidas Estações, realizado de fevereiro/1998 a junho/2002 pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE/Prefeitura de Nova Ponte. Para acompanhamento da operação das ETEs foram realizadas vistorias técnicas ao local e avaliação dos resultados de monitoramentos mensais enviados trimestralmente à Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, órgão responsável pelo licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais.

A importância deste trabalho está associada à análise operacional de duas estações de tratamento de esgotos, em escala real, integrando os sistemas anaeróbios e aeróbios.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização do município

Nova Ponte situa-se no Triângulo Mineiro, a 476 km de Belo Horizonte. O município foi relocado pela CEMIG e inaugurado em março/1994 devido à criação do reservatório da Usina Hidrelétrica - UHE de Nova Ponte. Possui população total de 9.492 habitantes segundo o censo IBGE/2000, sendo 7.541 na área urbana. A temperatura média anual é de 25 °C e o índice pluviométrico médio anual de 1.250 mm.

ETE 1

Em 1994 foram implantados quatro tanques Imhoff, em paralelo, e uma lagoa de estabilização do tipo facultativa. Tendo em vista que a ETE 1 apresentava apenas 14% de eficiência em termos de remoção de DBO, o DMAE, com o apoio da CEMIG, construiu em 1997, a montante das unidades existentes, um reator UASB e um filtro anaeróbio (leito de bambu), precedidos de gradeamento e caixa de areia, de limpeza manual, conforme fluxograma apresentado na Figura 1. As novas unidades são constituídas de aço USISAC-41 (Usiminas). A vazão média atual afluyente à ETE 1 (10 L/s) encontra-se abaixo da vazão de projeto de fim de plano (17,5 L/s), ano 2007.

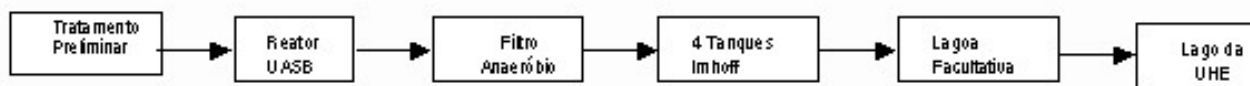


Figura 1 - Fluxograma da ETE 1.

O novo arranjo obtido para a ETE 1 não é usual para sistemas de tratamento de esgotos. A permanência dos tanques Imhoff após o filtro anaeróbio pode ocasionar o arraste de sólidos para a lagoa facultativa.

ETE 3

A ETE 3 foi implantada em 1988 para atender à Vila Residencial da CEMIG (antigo acampamento), cuja população foi

estimada em 6.000 habitantes. A população contribuinte atual é de aproximadamente 1.000 habitantes. A previsão de atendimento da ETE 3 para fim de plano (ano de 2007) é de 1.600 habitantes. A estação é composta de duas lagoas anaeróbias em paralelo seguidas por uma lagoa facultativa (Figura 2). As lagoas anaeróbias funcionam alternadamente devido à baixa carga atual. A vazão média atual afluente à ETE 3 (1,1 L/s) encontra-se abaixo da vazão de projeto de fim de plano (3,2 L/s), ano 2007.

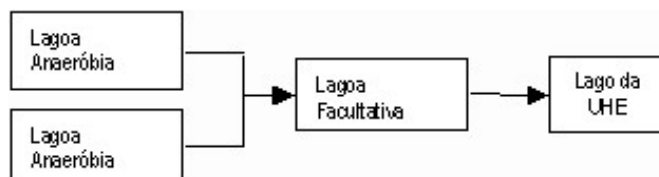


Figura 2 - Fluxograma da ETE 3.

Corpo Receptor: Lago da UHE de Nova Ponte

O Lago da UHE de Nova Ponte é o corpo receptor dos efluentes tratados das ETEs do município. Possui aproximadamente 443 km² de área. O lançamento dos esgotos tratados é efetuado em pontos distintos, a 80 metros de profundidade, contribuindo assim para a diluição e autodepuração da carga poluente remanescente.

Programa de monitoramento

O programa de monitoramento das ETEs e do Lago da UHE de Nova Ponte, avaliado neste trabalho, apresenta análises mensais realizadas de fevereiro/1998 a junho/2002, totalizando 53 meses. Além da avaliação do monitoramento mensal das ETEs, enviado à FEAM trimestralmente, foram realizadas visitas "in loco", mensais, no período de Maio a Setembro/2002, para avaliação da operação e manutenção das estações.

Avaliação do Desempenho das ETEs

O desempenho de uma ETE depende do gerenciamento de todo o sistema, devendo este considerar os seguintes tópicos: controle de processo, operação e manutenção, monitoramento, administração, mão-de-obra e custos. Para a avaliação da ETE 1 e da ETE 3, tais tópicos foram analisados por meio dos dados mensais do monitoramento enviados à FEAM trimestralmente e com as visitas "in loco", mensais, no período de maio a setembro de 2002.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Estado de Minas Gerais, por meio da Deliberação Normativa DN COPAM 010/1986, estabelece que o sistema de tratamento de esgotos tenha, no mínimo, 85% de eficiência em relação à remoção de DBO e DQO. Em 2001 houve uma modificação neste limite, segundo a Deliberação Normativa DN COPAM 046/2001, passando para 60% o valor mínimo de eficiência do sistema, assegurando as características do corpo receptor e mantendo-o na classe de enquadramento.

As eficiências das ETEs são apresentadas na Tabela 1. Após análise dos dados de monitoramento do corpo receptor e das eficiências das estações, conclui-se que as mesmas atendem ao padrão de lançamento preconizado na Deliberação Normativa DN COPAM 046/2001.

Tabela 1 - Eficiências médias em termos de remoção de DBO e DQO (%).

ETE 1						ETE 3			
Unidade	R UASB	FA	Tq I	LF	Sistema	Unidade	LA	LF	Sistema
DBO	63	26	-	42	82	DBO	31	73	81
DQO	60	33	-	40	82	DQO	37	69	80

Controle do processo das ETEs

O conhecimento das composições qualitativa e quantitativa dos esgotos, a caracterização do efluente e o

monitoramento das estações é crucial para melhorias da eficiência de todo o sistema.

Tal afirmação pode ser confirmada com o ocorrido na ETE 1, onde, após a avaliação dos dados de monitoramento, observou-se que a mesma apresentava uma eficiência de apenas 14% em termos de remoção de DBO. Dessa maneira, a estação sofreu modificações, adequando as eficiências do sistema à legislação vigente.

Após avaliação dos dados da ETE 3, foi detectado uma descarga de água na rede coletora de esgotos, proveniente da lavagem das unidades do sistema de tratamento de água do município, justificando assim os baixos valores de concentrações de DBO e DQO e os picos de vazão afluente. Com a diluição dos esgotos e a baixa vazão de operação, as lagoas anaeróbias funcionam alternadamente.

Operação e Manutenção

Para uma avaliação adequada da operação de uma ETE, é necessário que as informações e dados de projeto estejam definidas de forma clara e que todos os formulários (registro de vazão e ocorrência, condições do tempo, anomalias, etc.) sejam preenchidos corretamente.

O manual de operação e manutenção das ETEs apresenta as atividades do operador, as planilhas de registros de vazão e de ocorrência e os principais problemas operacionais, suas possíveis causas e as medidas de prevenção e controle.

De acordo com a planilha de registro, a medição de vazão é realizada duas vezes ao dia (dias úteis), na entrada e saída de cada ETE. Entretanto, as vazões estão sendo medidas apenas no dia da coleta das amostras para análises (mensal) e somente no ponto de saída das ETEs.

Para a descrição da ocorrência e as medidas adotadas para solucioná-la, existe uma planilha de registro, como informado anteriormente. Entretanto, até então não foram preenchidas. Cabe ressaltar a importância das informações referentes às ocorrências e paralisações das unidades, conforme solicitado no relatório da FEAM.

A instalação de apoio existente em cada ETE é constituída de banheiro (pia, vaso sanitário e chuveiro), um cômodo para guardar equipamentos, materiais e ferramentas, um tanque e um filtro de água potável. Em breve será disponibilizada energia elétrica nas ETEs.

Em relação aos EPI's, o DMAE fornece para os operadores uniformes, capa de chuva, luva, bota, avental e máscara. Entretanto, nem sempre tais equipamentos são utilizados pelos operadores. A vacinação dos mesmos encontra-se em dia. Ressalta-se a importância dos exames médicos, periodicamente.

Monitoramento

O monitoramento das ETEs de Nova Ponte, realizado pelo DMAE, encontra-se em destaque no órgão ambiental, considerando esgotamento sanitário doméstico. Entre as ETEs licenciadas pela FEAM, o município de Nova Ponte apresenta um maior número de parâmetros avaliados.

Os resultados das análises das ETEs e do corpo receptor são enviados à FEAM criteriosamente no prazo estabelecido. O monitoramento contempla os parâmetros descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros monitorados nas ETEs e no corpo receptor.

Local	Parâmetro	Frequência
ETE 1 e ETE 3	Vazão, pH, temperatura, OD, DBO, DBO _{filtrado} , DQO, DQO _{filtrado} , sólidos sedimentáveis, sólidos totais, óleos e graxas e coliformes fecais	Mensal
Lago da UHE de Nova Ponte	OD, pH, turbidez, dureza total, cloreto, fósforo total, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal, nitrogênio NTK, DBO, óleos e graxas, coliformes totais e coliformes fecais	Mensal

Para o monitoramento do reator UASB da ETE 1 foram propostas pelo DMAE, além das análises citadas na Tabela 1, análises de ácidos voláteis, alcalinidade e série de sólidos. Entretanto, tais análises ainda não foram apresentadas e a descarga de lodo do reator UASB foi efetuada apenas duas vezes, até junho/2002. As análises propostas servem de subsídio para uma avaliação da época de se efetuar a próxima descarga de lodo do reator, contribuindo para a eficiência do sistema e também para a qualidade do efluente final.

De acordo com a CETESB (1989), o controle adequado do sistema de tratamento de águas residuárias envolve, como ponto de partida, o conhecimento das composições qualitativa e quantitativa dos esgotos e a caracterização do efluente. Com isso, percebe-se a importância da medição de vazão e da realização de análises para o monitoramento.

Buscando uma melhor avaliação do desempenho das ETEs, é recomendável que sejam registrados diariamente, a vazão afluente e efluente, as condições do tempo, temperatura do ar, temperatura da água e pH do efluente de cada unidade.

Em atendimento às condicionantes do licenciamento ambiental das ETEs de Nova Ponte, o DMAE instalou no reator UASB, medidor e queimador de biogás, dispositivo corta-chamas e selo hídrico, os quais encontram-se em fase de adaptação.

Administração e Mão-de-obra

A Prefeitura de Nova Ponte apresenta uma administração bem estruturada, com profissionais específicos para cada área. O DMAE possui uma equipe interdisciplinar para manutenção de redes de água de abastecimento e sistema de tratamento de esgotos.

Em relação à mão-de-obra necessária para a administração, operação e manutenção de ETEs constituídas de lagoas de estabilização, YANEZ (1993) recomenda, para um índice de atendimento de até 10.000 habitantes, uma equipe composta por, no mínimo, um engenheiro, um operador (8h às 16h) e dois trabalhadores braçais.

As ETEs de Nova Ponte contam com um engenheiro (responsável técnico pela operação e manutenção das ETEs) e um operador (em cada estação) para as atividades diárias (7h às 17h). O DMAE disponibiliza mão-de-obra extra para atividades esporádicas, como, por exemplo, manutenção da vegetação, manutenção e operação das ETEs em épocas de chuva, férias dos operadores, dentre outras.

Custos

Os custos de operação e manutenção devem ser incluídos no gerenciamento de uma ETE. Segundo estudos de SAMPAIO & GONÇALVES (2000), um relatório mensal, detalhado, com os itens e quantidades gastas nas atividades das ETEs, torna-se fundamental para a avaliação do custo de operação e manutenção. Este relatório irá subsidiar informações para a otimização das estações. Os custos de cada estação de Nova Ponte são apresentados, em reais (R\$), na Tabela 3.

Tabela 3 – Custos médios mensais das ETEs de Nova Ponte.

Descrição	Custos – ETE 1	Custos – ETE 3
Mão-de-obra	375,00	375,00
Equipamentos	100,00	70,00
Material de limpeza	60,00	40,00
Produto químico	120,00	60,00
EPIs	50,00	50,00
Água	25,00	18,00
Transporte de resíduos	2.115,00	240,00
Análises laboratoriais	1.100,00	850,00
Total	3.946,00	1.706,00

Nota-se que a ETE 1 possui elevado gasto com transporte de resíduos gerados no tratamento preliminar, podendo ser otimizado, como por exemplo, com programas de educação ambiental para a população.

Segundo o monitoramento apresentado pelo DMAE, existe uma possibilidade de redução nos custos das análises laboratoriais das ETEs. O DMAE, com a aquisição de alguns equipamentos e reciclagem do treinamento dos operadores das ETEs, poderia realizar algumas análises, otimizando assim os custos apresentados.

Acompanhamento "in loco"

Com o acompanhamento "*in loco*" houve consideráveis mudanças referentes à operação e ao procedimento de coleta das amostras, tais como:

- A medição de vazão, que até junho/2002 era realizada uma única vez ao dia, passou a ser feita nos cinco horários de coleta, sendo informado o valor da vazão média do dia.
- A partir de julho/2002, as amostras que eram formadas por alíquotas de um litro, coletadas nos cinco horários distintos, passaram a ser constituídas de acordo com a medição de vazão de cada horário.
- Visto que as atividades diárias dos operadores estavam sendo prejudicadas com o procedimento da coleta das amostras, mesmo com o devido treinamento recebido pelo DMAE e pela Universidade Federal de Uberlândia, tal atividade passou a ser efetuada pelo laboratório contratado pelo DMAE.

Cabe ressaltar que na presente pesquisa foram avaliados os dados do monitoramento até o mês de junho/2002, fazendo com que as mudanças não interferissem nos resultados apresentados.

O Processo COPAM (1996) informa que os procedimentos quanto à coleta das amostras seguem os padrões estabelecidos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (AWWA/APHA/WEF, 1998). Entretanto, no acompanhamento "*in loco*", verificou-se que as amostras compostas de 12 horas, coletadas nas ETES, não eram resfriadas ao longo do dia, ficando expostas ao tempo das 7h às 19h. Verificou-se ainda presença de escumas próximo às caixas de saída das lagoas facultativas.

Durante a realização do acompanhamento "*in loco*", foi enfatizada a importância do atendimento às normas básicas de segurança, ressaltando a saúde do operador e valorizando o seu trabalho.

CONCLUSÕES

- Os sistemas de tratamento de esgotos combinados - reatores anaeróbios seguidos por lagoa facultativa - avaliados nas ETES 1 e 3 apresentaram desempenho satisfatório em relação à eficiência de remoção de DBO e DQO, atendendo à Deliberação Normativa DN COPAM 046/2001.
- A caracterização dos esgotos brutos e a avaliação do efluente tratado foram aspectos decisivos para a adequação das estações, tanto da ETE 1, com a inclusão de novas unidades no sistema existente, como da ETE 3, com o funcionamento alternado das lagoas anaeróbias.
- Recomenda-se a instalação de defletores nas caixas de saída das lagoas facultativas, contribuindo para a qualidade do efluente final.
- Um aspecto relevante foi a troca de informações ocorridas ao longo das visitas às ETES, que permitiu consolidar um ambiente de confiança e respeito, importante para o andamento dos trabalhos.
- O número de funcionários da operação e manutenção das ETES - um operador e um responsável técnico - atende à demanda exigida.
- O reconhecimento do trabalho dos operadores pela população e visitantes afeta positivamente a qualidade das atividades diárias realizadas nas ETES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AWWA/APHA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington, 1998.
2. CARDOSO, Frieda Keifer. *Avaliação do desempenho de duas estações de tratamento de esgotos em escala real envolvendo reatores anaeróbios e pós-tratamento em lagoa facultativa*. 2003. 140 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
3. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Série manuais: operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas*. 18 ed. São Paulo: CETESB, 1989. 91 p.
4. CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM Nº 010/1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências. Minas Gerais, 16 dez. 1986.
5. CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM Nº 046/2001. Estabelece alteração no limite de eficiência de remoção em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio para os sistemas de tratamento de esgotos domésticos e de percolado de aterros sanitários municipais e dá outras providências. Minas Gerais, 9 ago. 2001.
6. CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL DE MINAS GERAIS. Processo de Licenciamento COPAM Nº 030/1996/003/1996. Prefeitura Municipal de Nova Ponte – Estações de Tratamento de Esgotos. Minas Gerais,

- 1996.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro/RJ). Censo 2000.
 8. SAMPAIO, A. O.; GONÇALVES, M. *Custos operacionais de estações de tratamento de esgoto por lodos ativados*: considerações sobre a ETE Barueri. São Paulo: Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2000. Available from Internet: <<http://www.ambiental-lab.com.br/contribuicoes/custbar.pdf>>
 9. YANEZ, Fabián Cossio. *Lagunas de estabilización*: teoría, diseño, evaluación y mantenimiento. Cuenca: Imprenta Monsalve, 1993. 433 p.