

II-153 – ÁGUAS PLUVIAIS NA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO – INFLUÊNCIA NA VAZÃO TRATADA E NO DESEMPENHO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE

André Pereira Rosa ⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre e doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Matheus Boechat

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

MBA em Gestão Estratégia de Projetos na UNA (2010), pós graduando em Gestão de Custos no IETEC (2011). Engenheiro da Orteng desde 2009, com experiências nas áreas de Execução, Orçamentos e Custos.

Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira

Engenheira; mestre e doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia da UFMG, professora adjunta do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Endereço ⁽¹⁾: Av. Antônio Carlos, 6627 - UFMG/EE/DESA Bloco 2, sala 4541 - Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 3409-1025 - e-mail: andrerosa@ufmg.br

RESUMO

Este trabalho teve como principal objetivo avaliar e discutir a influência que os sistemas de tratamento classificados como separadores absolutos recebem das vazões afluentes para os períodos seco e chuvoso. As três estações tratamento de esgoto estudadas localizam-se na região metropolitana de Belo Horizonte e apresentam características distintas. A ETE 1 opera por lodos ativados convencional (2.250 L/s), a ETE 2 por lagoa facultativa (6,6 L/s) e a ETE 3 foi concebida por lodos ativados aeração prolongada (23,5 L/s). Para o estudo foram avaliados dados de vazão, concentrações afluentes de DBO, DQO e SST e suas eficiências, os dados foram analisados buscando-se identificar eventuais diferenças significativas para estes parâmetros entre os períodos seco (Abril a Setembro) e chuvoso (Outubro a Março), com este objetivo aplicou-se o teste de Mann-Whitney, utilizando o pacote estatístico Statistica® 7.0, ao nível de significância (α) de 5 %. Para a ETE 1 observou-se uma variação significativa na vazão de esgoto sanitário afluente à estação, considerando os períodos seco e chuvoso, o que contribuiu para uma variação correspondente na concentração dos parâmetros constituintes do esgoto, principalmente DBO e DQO afluentes, o que não foi observado para este parâmetros na saída do tratamento, representando uma capacidade do sistema de lodos ativados convencional em amortecer as variações de concentração na entrada do tratamento. Para a ETE 2 foi avaliada diferença estatística significativa entre os dois períodos (seco e chuvoso) somente para DBO efluente e na eficiência do tratamento nos dois períodos do ano para este parâmetro. Com as condições da ETE 3, verificou-se uma variação significativa na vazão de esgotos sanitários coletados e transportados nos períodos seco e chuvoso. Apesar deste fato, não se verificou diferença significativa entre as concentrações dos parâmetros avaliados. Avaliando-se todos os dados de vazão, foi observado que o período chuvoso contribuiu com um acréscimo de vazão da ordem de 19 %, 2 % e 7 % para as ETEs 1, 2 e 3, respectivamente. Como conclusão observa-se que os sistemas coletores de esgoto sanitário que atendem à ETE 1 (lodos ativados convencional, de grande porte) e ETE 3 (lodos ativados aeração prolongada, pequeno porte) não operam exatamente como separador absoluto, devido às alterações sazonais significativas de vazão, o que classificaria o sistema coletor como separador parcial.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema de esgoto, sistema separador absoluto, águas pluviais.

INTRODUÇÃO

O primeiro sistema de esgoto que se tem notícia data do século 6 A.C. na Roma antiga. Conhecido como cloaca máxima, o canal recebia a contribuição de parcela de esgoto sanitário, águas pluviais e resíduos sólidos. O período de construção foi de 700 anos e seu comprimento inicial era de 100 m (HOPKINS, 2007). O desenvolvimento das cidades e a necessidade de coleta dos efluentes gerados pela atividade humana, aliados à busca de melhores condições sanitárias, permitiram o desenvolvimento de configurações distintas para a coleta

de esgoto sanitário e águas pluviais. Essas configurações são influenciadas, em primeira instância, pelas condições climáticas das regiões onde são instalados esses sistemas.

O sistema de coleta predominante era, no início, o sistema unitário, onde a coleta de esgoto sanitário, águas pluviais e de infiltração era efetuado em um mesmo canal. Segundo Sobrinho e Tsutiya (2000), no final do século XIX, nos Estados Unidos, o dimensionamento do sistema de esgoto passou a priorizar e efetivar a coleta separada das águas residuárias urbanas e da contribuição pluvial devido aos elevados custos de implantação para as condições locais. Essa configuração é denominada de separador absoluto e tal sistema passou a vigorar em muitos países tropicais, com especial destaque para o Brasil.

Esse sistema apresenta vantagens como um menor custo, pelo fato de empregar tubos de diâmetros reduzidos, maior flexibilidade para a execução das obras por etapas, redução considerável do custo do afastamento das águas pluviais, lançamento no curso de água mais próximo sem a necessidade de tratamento, dentre outras (SOBRINHO e TSUTIYA, 2000).

No Brasil, desde 1912, os projetos de redes de coleta priorizam os sistemas separadores, embora se saiba que muitos sistemas operam como separadores parciais. Isto causa uma perda de eficiência nas estações de tratamento de esgoto (ETE), devido ao recebimento de uma parcela de água pluvial, influenciando a vazão e a operação das unidades de tratamento. Em contrapartida, as contribuições clandestinas de esgoto sanitário no sistema de drenagem pluvial acarretam na degradação da qualidade da água de coleções hídricas.

Este trabalho objetiva avaliar a contribuição de águas pluviais na rede coletora de esgoto, considerando a influência na vazão tratada e no desempenho de ETEs na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), em três unidades de tratamento. Para tanto, faz-se uso de uma avaliação do desempenho das estações, comparando-se dois períodos distintos do ano, seco e chuvoso.

MATERIAIS E MÉTODOS

Características das ETE monitoradas

As três de estações tratamento de esgotos avaliadas estão localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) e apresentam características distintas, considerando o tipo de processo de tratamento, o porte e a qualidade do monitoramento. O nome das ETEs não será revelado devido a um acordo com a concessionária dos serviços de esgotamento sanitário.

Na Tabela 1 são apresentadas as vazões tratadas em cada ETE, as frequências de monitoramento praticadas, os processos de tratamento adotados e os períodos de dados analisados.

Tabela 1: Características das estações de tratamento de esgotos monitoradas na RMBH

Unidade	Vazão tratada (L/s)	Frequência de monitoramento	Processo de tratamento	Período (anos)
ETE 1	2.250,0	Semanal	Lodos ativados convencional	2003, 2004 e 2006
ETE 2	6,6	Quinzenal	Lagoa facultativa	1995, 1996, 1997, 1998 e 2000
ETE 3	23,5	Quinzenal	Lodos ativados aeração prolongada	1995 a 2002

Análise dos dados

Os dados de concentração afluente e efluente de sólidos em suspensão totais (SST), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), eficiência de remoção e vazão disponibilizados pelas ETEs foram analisados, buscando identificar eventuais diferenças significativas entre os períodos seco (Abril a Setembro) e chuvoso (Outubro a Março).

Considerando os estudos efetuados por Oliveira (2006), que analisaram 206 ETEs, incluindo as três avaliadas no presente trabalho, optou-se pela utilização de testes estatísticos não paramétricos para a análise dos dados. No citado estudo foi verificado que os dados referentes aos parâmetros afluentes e efluentes das ETEs não seguem uma distribuição normal, o que inviabiliza a utilização de testes paramétricos mais usuais. Desta forma, foi aplicado o teste de Mann-Whitney, utilizando o pacote estatístico Statistica® 7.0, ao nível de significância (α) de 5 %.

Na Tabela 2 são apresentadas as estações e o número de dados utilizados para as análises estatísticas, considerando cada estação do ano.

Tabela 2: Número de dados referentes à vazão e concentração de DBO, DQO e SST para as três ETEs

Estação	Número de dados			
	Vazão*		Concentração**	
	Seco	Chuvoso	Seco	Chuvoso
ETE 1	17	17	51	51
ETE 2	30	30	90	90
ETE 3	36	36	123	123

*Vazões afluentes à ETE

**Concentrações afluentes e efluentes de SST, DBO, DQO

RESULTADOS

Como já mencionado na metodologia, foram realizadas comparações a fim de se avaliar diferenças significativas de operação (medida pelas concentrações efluentes e eficiência) e características do esgoto afluente às ETEs (vazão, concentrações afluentes de DBO, DQO e SST).

A Tabela 3 apresenta os resultados do teste estatístico de Mann-Whitney, aplicado aos dados de vazão, concentração afluente e efluente e eficiência de remoção de DBO, DQO e SST nos períodos seco e chuvoso, para as três ETEs avaliadas. A Figura 1 apresenta os gráficos Box-Whisker das vazões afluentes às estações de tratamento de esgoto e permitem uma melhor visualização das diferenças observadas.

Quando a diferença entre o período seco e chuvoso se mostrou estatisticamente significativa, a um nível de significância de 5 %, o valor de p (p -value) foi menor do que 0,05 (valores em negrito na Tabela).

Tabela 3: Resultados do teste de Mann Whitney ($\alpha = 5$ %) para DBO, DQO e SST (afluente e efluente), eficiência e vazão nas três ETEs avaliadas.

Unidade	Parâmetro avaliado									
	DBO afl.	DBO efl.	Efi. (%)	DQO afl.	DQO efl.	Efi. (%)	SST afl.	SST efl.	Efi. (%)	Vazão
ETE 1	0,02653	0,63958	0,91384	0,01294	0,26413	0,03067	0,97127	0,02325	0,01169	0,00282
ETE 2	0,39839	0,04676	0,02608	0,20095	0,46880	0,07128	0,32918	0,70069	0,67350	0,19579
ETE 3	0,11614	0,64881	0,86009	0,05182	0,29911	0,95642	0,38439	0,53868	0,66197	0,03289

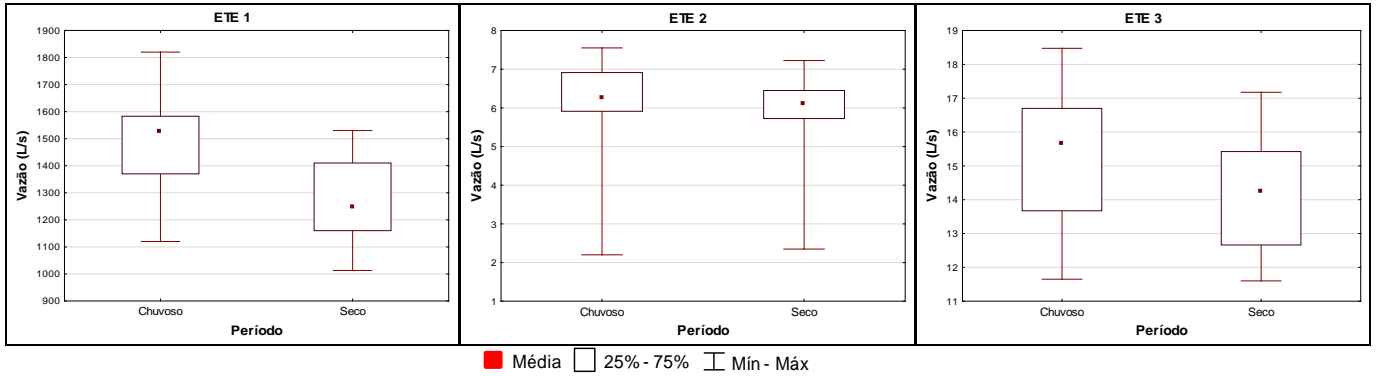


Figura 1: Gráficos Box-Whisker das vazões afluentes às três ETEs avaliadas

As figuras 2 e 3 representam os gráficos Box-Whisker das concentrações afluentes e efluentes de DBO e DQO para as estações de tratamento de esgotos.

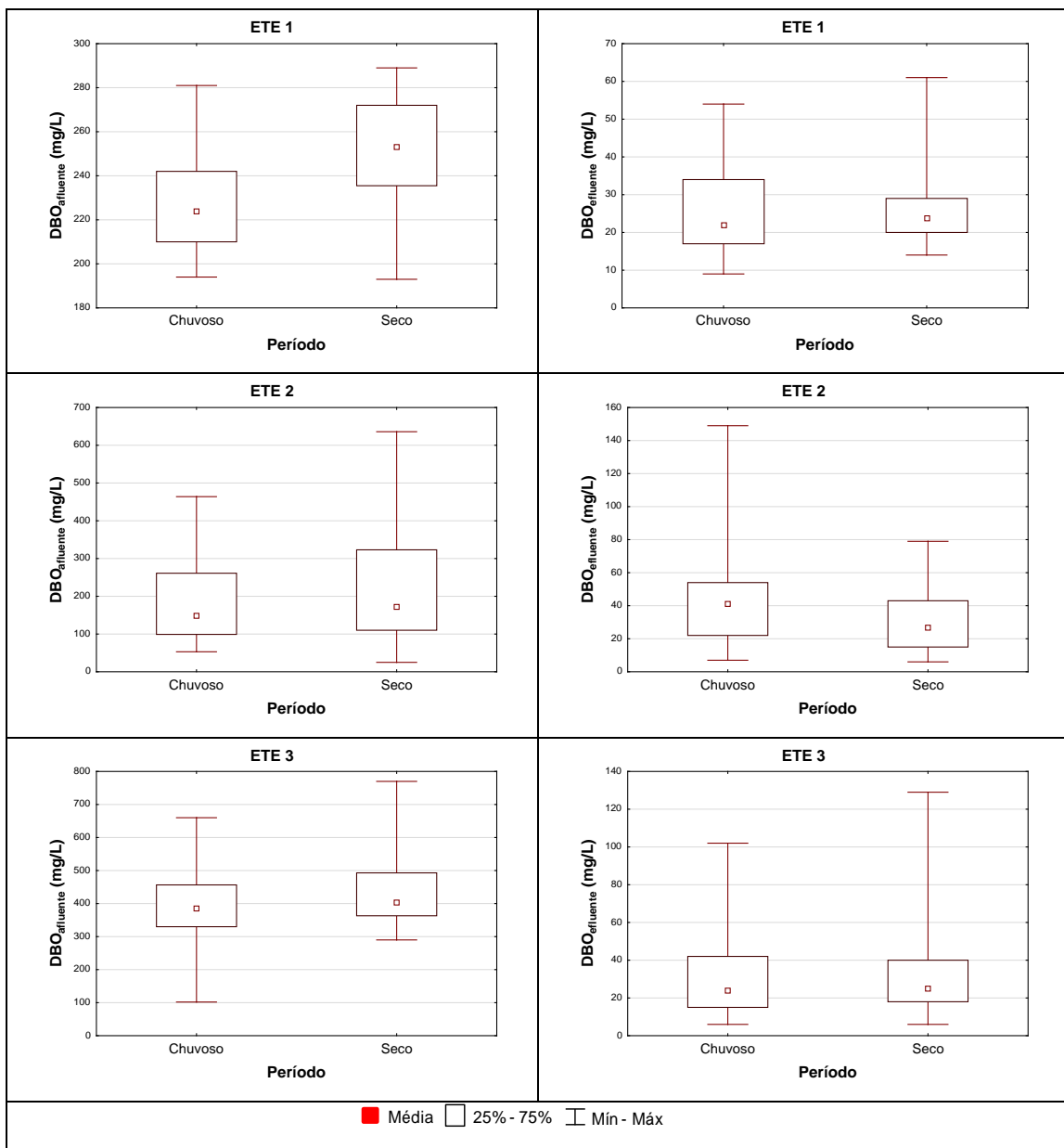


Figura 2: Gráficos Box-Whisker da concentração afluente e efluente de DBO para as três ETEs avaliadas

Conforme observado na Tabela 3 e na Figura 1, houve uma variação significativa na vazão de esgoto sanitário coletado e transportado até a ETE 1, considerando os períodos seco e chuvoso. Em virtude da significativa variação de vazão, pode-se observar variação correspondente na concentração dos parâmetros constituintes do esgoto, principalmente DBO e DQO afluentes (Tabela 3). Para este cenário, observa-se não existir diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso para os parâmetros indicadores de matéria orgânica (DBO, DQO) no efluente da ETE 1, o que representou uma capacidade do sistema de lodos ativados convencional em amortecer as variações de concentração na entrada do tratamento. No que se refere à eficiência na remoção de DBO e DQO, avaliou-se que somente a DQO apresentou uma diferença significativa dentro dos dois períodos considerados.

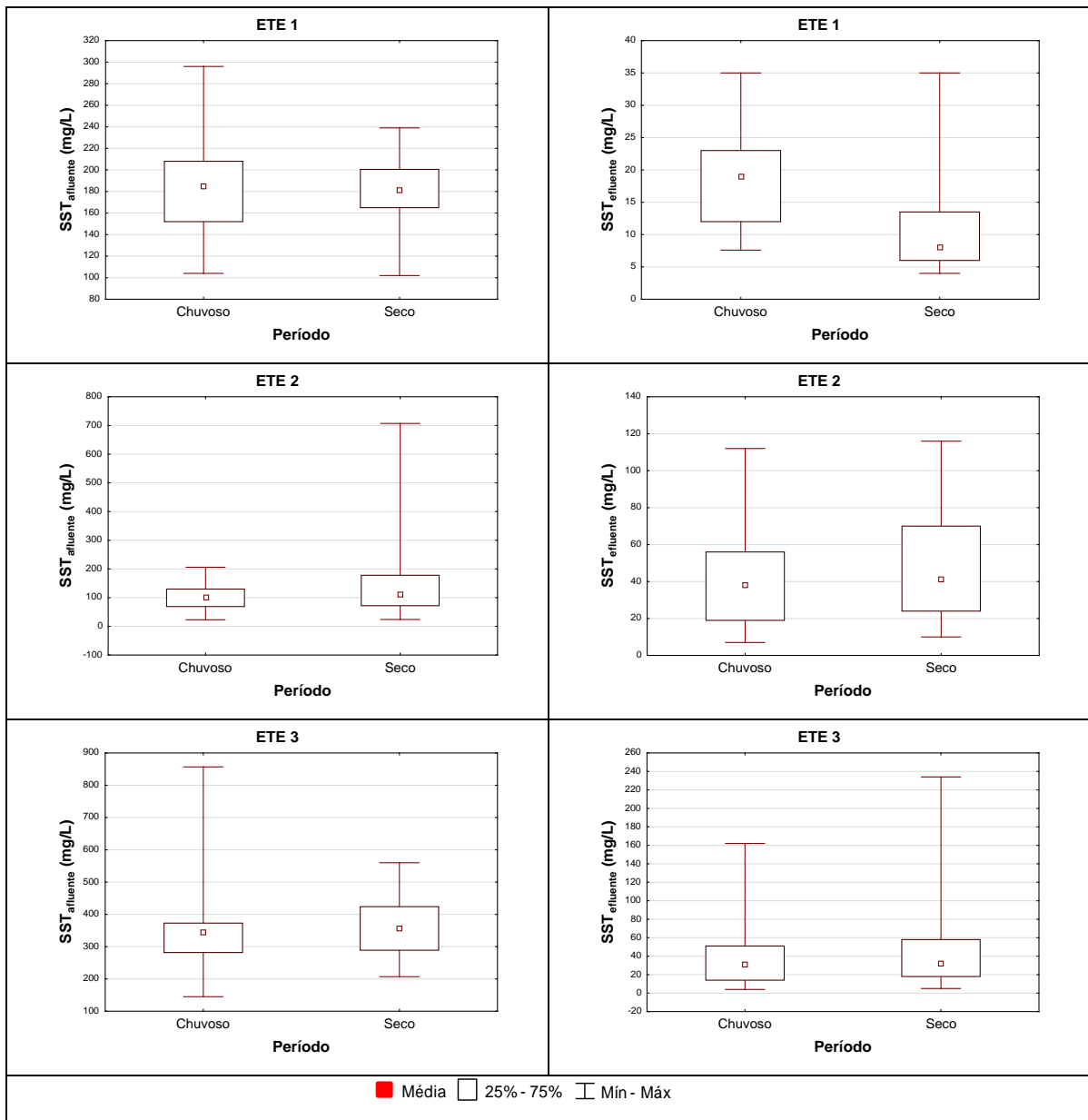


Figura 3: Gráficos Box-Whisker da concentração afluente e efluente de SST para as três ETEs avaliadas

Ainda de acordo com a Tabela 3, pode-se verificar que não há uma variação significativa na vazão de esgoto sanitário coletado e transportado até a ETE 2 para os períodos seco e chuvoso. Adicionalmente, observa-se uma variação significativa nas concentrações de DBO efluente e na eficiência do tratamento nos dois períodos do ano para este parâmetro. Ainda que não tenham sido detectadas diferenças significativas entre a vazão afluente à lagoa facultativa no período seco e no chuvoso, as diferenças observadas na eficiência de remoção e na concentração de DBO efluente podem ser atribuídas a uma maior diluição do esgoto presente na ETE, já que

este tipo de sistema de tratamento fica mais sujeito às intempéries. Para a ETE 3, verifica-se uma variação significativa na vazão de esgoto sanitário coletados e transportados nos períodos seco e chuvoso. Apesar deste fato, não se verificou diferença significativa entre as concentrações dos parâmetros avaliados.

Avaliando-se todos os dados de vazão, foi observado que o período chuvoso contribuiu com um acréscimo de vazão da ordem de 19 %, 2 % e 7 % para as ETEs 1, 2 e 3, respectivamente. Estes resultados, apesar de indicar influência de vazão de águas pluviais na unidade de tratamento, encontram-se abaixo do valor médio reportado pelo clássico artigo de Azevedo Neto (1979) para as ETE de Jesus Neto (SP), que foi de 30 %. A Figura 4 mostra a evolução temporal da vazão e da DBO afluente às estações de tratamento avaliadas. Considerando, principalmente a ETE 1, que trata os esgotos de um milhão de habitantes, fica bastante evidente a menor concentração de DBO em virtude da contribuição das águas pluviais. No período seco, representado no gráfico pelos meses de abril a setembro, as concentrações foram sistematicamente mais elevadas. Para a ETE 2 este comportamento foi menos evidente, talvez por se tratar de uma lagoa facultativa.

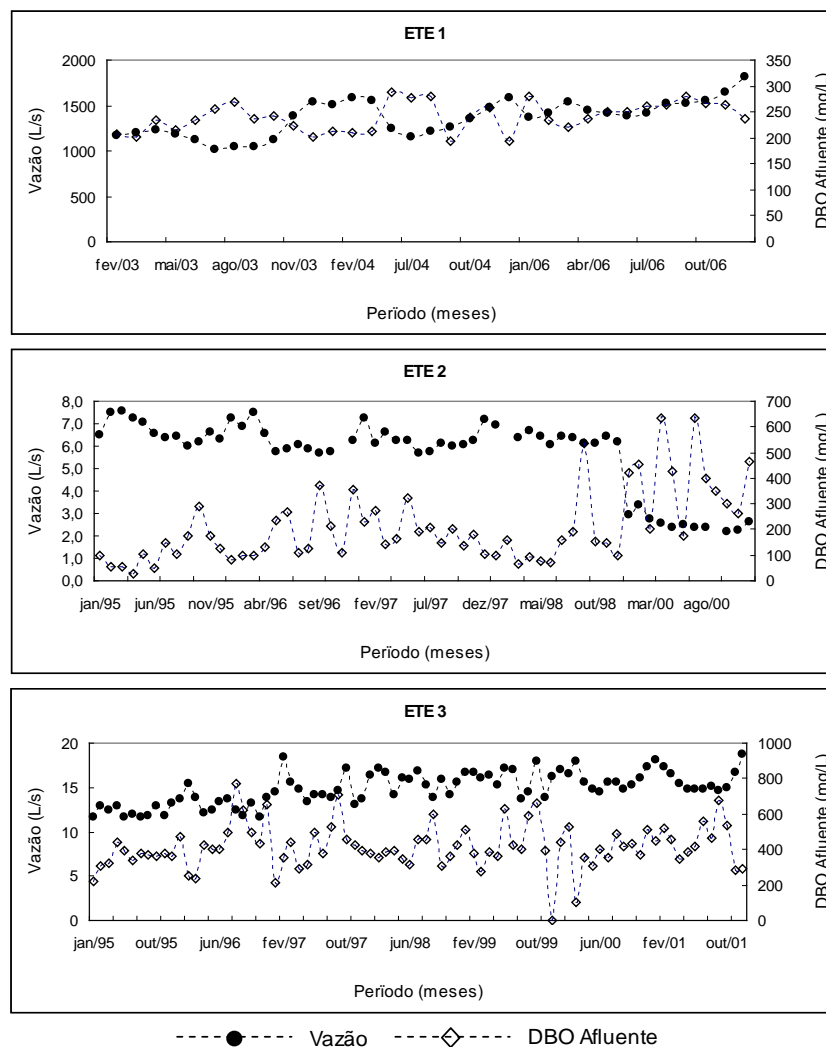


Figura 4: Evolução temporal da vazão e da DBO afluente às estações de tratamento

Tal comportamento também foi relatado Reda (2006) e Reda e Ferreira (2007), quando investigaram o impacto das águas de chuva na vazão afluente à ETE de Riacho Grande, localizada em São Bernardo do Campo/SP. Os autores concluíram que o sistema coletor de esgoto da região não está funcionando, na prática, no modo separador absoluto, o que corrobora as conclusões obtidas neste trabalho. Em geral, nos projetos de dimensionamento de estações de tratamento de esgoto considera-se uma contribuição insignificante de águas pluviais, que é acrescida à vazão de projeto de ETE. A própria Norma 9649/86 recomenda que se acresça apenas de 2 a 6 L/s por quilômetro de rede, o que contempla apenas a possibilidade de contribuições de águas

subterrâneas na rede de esgoto em período seco, mas não as das ligações clandestinas na rede pública. No caso da RMBH, diversas intervenções da companhia de saneamento responsável pelo sistema de esgoto têm sido efetuadas, como o combate a ligações clandestinas e manutenção da qualidade de tubulações. No entanto, seriam necessárias outras ações, como realização de campanhas públicas de conscientização dos usuários, inspeção das redes prediais e suas conexões à rede pública, associadas a medidas administrativas punitivas ou penalidades de ordem fiscal.

CONCLUSÕES

- Os sistemas coletores de esgoto sanitário que atendem à ETE 1 (lodos ativados convencional, de grande porte) e ETE 3 (lodos ativados aeração prolongada, pequeno porte) não operam exatamente como separador absoluto, pois existem alterações sazonais significativas de vazão, o que classificaria o sistema coletor como separador parcial.
- A ETE 2, representada por uma lagoa facultativa, não mostra variações significativas na vazão tratada nas diferentes estações do ano, sendo menos impactada por contribuições de águas pluviais.
- A concentração dos parâmetros avaliados, DBO, DQO e SST apresentaram alterações significativas nas épocas secas e chuvosas para a ETE 1 e ETE 2.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig), por terem apoiado e viabilizado essa pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J.M. Contribuições Indevidas para a Rede de Esgotos. *Revista DAE*, n. 120, 1979.
2. HOPKINS, J. The cloaca maxima and the monumental manipulation of water in archaic Rome john n. *The waters of Rome*. n. 4, march 2007.
3. OLIVEIRA, S. C. Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos. 2006. 231 f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
4. SOBRINHO, PEDRO ALEM. TSUTIYA, MILTON TOMOYUKI. *Coleta e transporte de esgoto sanitário*. 2ª Edição. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da universidade de São Paulo, 2000.