

Comparativo do desempenho do tratamento de esgoto na ETE Guarapari em períodos de alta e baixa temporada

Érika de Araújo Coelho
Faculdade MULTIVIX Vitória - Brasil
erika.arjr@gmail.com

Aline Rocha Dias Sarcinelli
Faculdade MULTIVIX Vitória - Brasil
alinesarcinelli@hotmail.com

Mirella Gonçalves da Fonseca
Faculdade MULTIVIX Vitória - Brasil
mirella_gfonseca@yahoo.com.br

ABSTRACT

Basic sanitation exerts on the human beings mental, social and biological effects, promoting the control of the environment. In Brazil, the sanitation sector presents great difficulties, whether in relation to the Legislation or to the provision of water supply services, mainly in the collection and treatment of sewage. In view of these difficulties, the objective of this work was to analyze the effluent treatment efficiency of a Sewage Treatment Plant in Guarapari (Airport's ETE), in the state of Espírito Santo, in relation to periods of high and low season, where variation occurs of the number of people in the city, considering the tourist nature of the same. In order to do so, station performance reports, granted by the concessionaire responsible for the treatment of effluents of the city, were used as well as data such as demographic census, in order to analyze the population versus treatment efficiency ratio. The analyzed data present variations in periods of population increase, such as effluent flow, concentration of chemical oxygen demand (BOD) and nutrients such as Nitrogen and Phosphorus. Despite the increase in the concentration of some important parameters for the treatment, it is observed that the Airport's ETE reaches the limits established in the legislation, being able to maintain the efficiency of the treatment in the face of the influence of the seasonality, although certain variables need to be changed to maintain the good performance.

Keywords: Basic sanitation; seasonality; treatment efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social.

No setor de Saneamento, as normas regulamentadoras são embasadas pela Lei Federal 11.445/2007, e a mesma propõe diretrizes nacionais para o saneamento básico, de acordo com Leoneti, Prado e Oliveira (2011). A legislação apresenta uma abordagem preventiva e visões contraditórias dentro de

um mesmo conjunto de leis. Arelado a isso, a funcionalidade da legislação federal ainda esbarra na indefinição dos papéis de cada esfera governamental: União, Distrito Federal, estados e municípios, que sem uma visão específica comprometem o planejamento e a eficácia dos recursos aplicados.

Os dados também mostram que o setor de saneamento básico no Brasil apresenta um quadro deficitário no que concerne ao fornecimento dos serviços de abastecimento de água e principalmente de esgotamento sanitário (OLIVEIRA; FERNANDEZ, 2017). Segundo Brasil (2014), cerca de 64,3% dos domicílios brasileiros dispõe de rede de abastecimento de água e coleta de esgoto. A taxa apresentada ainda se encontra abaixo do esperado, uma vez que, a ausência destes serviços ocasiona efeitos nocivos e degradantes tais como aumento do aparecimento de doenças de veiculação hídrica, acarretando um problema de saúde pública, seja pela elevação dos índices de mortalidade infantil ou pelos gastos incrementados no setor.

Um dos segmentos do Saneamento Básico é o tratamento de esgotos. A Companhia de Saneamento Espírito-Santense (CESAN) define o esgoto como uma mistura de água e matéria orgânica (fezes, urina e água do serviço doméstico), sendo a água 99% do volume do esgoto, e 1% ou mais pode ser de matéria orgânica; o objetivo principal do tratamento de esgoto é a remoção de sólidos, matéria orgânica, organismos patogênicos e nutrientes (CESAN, 2013). O esgoto tratado é o poluente que o corpo hídrico pode receber, sem comprometer a qualidade da água e seus usos determinados pela classe de enquadramento (CONAMA, 2005).

Para o tratamento de esgotos, os processos envolvidos são essencialmente biológicos, associados às operações físicas de concentração e separação de sólidos. O tratamento biológico pode ser subdividido em dois grandes grupos, processos aeróbios e anaeróbios. Os procedimentos do tratamento de esgoto, bem como a eficiência do mesmo estão previstos na Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que determina as condições e padrões de lançamento de efluentes, podendo somente ser lançados diretamente no corpo hídrico os que obedeçam às condições e padrões previstos na norma.

Além da Resolução nº 430 do CONAMA, o estado do Espírito Santo tem o setor de saneamento regido pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), o qual estabelece metas de qualidade para lançamento de efluentes em cursos d'água, através da Instrução Normativa 011/2007 (IN 011/2007). Os demais parâmetros e seus limites são abrangidos pela legislação federal vigente (ESPÍRITO SANTO, 2007).

Para atender as exigências destas legislações, o estado do Espírito Santo conta com cinco principais ETEs, dentre as quais a ETE Aeroporto, localizada na cidade de Guarapari. O município recebe muitos turistas em períodos de alta temporada, enfrentando graves problemas no abastecimento de energia e água, de acordo com Guarapari (2017). Para Colares e Sandri (2017) o aumento do consumo de água nos centros urbanos gera um maior volume de esgotos. Assim, acredita-se que a ETE Aeroporto também sofra impactos em sua capacidade de tratamento, pois em termos de vazão, pode-se afirmar que os esgotos estão sujeitos às mesmas variações relativas ao consumo de água (PIVELI, 2005).

Desta forma, o presente estudo teve como objetivo realizar um comparativo da eficiência do tratamento de efluentes na ETE Aeroporto em períodos de alta e baixa temporada, justificando-se pela variação de vazão e outros parâmetros, sendo avaliado os meses em que a cidade recebe mais visitantes, devido a seu atrativo turístico.

METODOLOGIA

Considerações iniciais

Foram utilizadas como fontes para a pesquisa a concessão de dados de órgãos públicos, tais como o último censo demográfico da cidade de Guarapari disponível no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A respeito da CESAN, solicitaram-se documentos referentes à ETE que apresentam valores de concentração de alguns parâmetros resultantes do tratamento de efluentes. Um deles é a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que representa o potencial ou a capacidade de uma massa orgânica absorver o oxigênio dissolvido nas águas, sendo o resultado da atividade de microrganismos que se alimentam da matéria orgânica (MULLER, 2002).

Piveli (2005) afirma que os esgotos sanitários possuem excesso de nitrogênio e fósforo. Esta é uma importante preocupação em termos de tratamento de esgotos, exigindo tratamento avançado quando se tem lançamento em situações mais restritivas, sobretudo em represas utilizadas para o abastecimento público de água potável, tornando-se relevante o monitoramento destes parâmetros.

Acerca da ETE de Guarapari, foram analisados parâmetros de desempenho, tais como a vazão de projeto, que poderia ser denominada de “predeterminação de vazões máximas”(ALMEIDA, 2015); outro dado analisado foi tempo de detenção hidráulica (TDH), tempo de passagem do esgoto pelo sistema equivalente ao tempo médio de residência celular, também conhecido por idade do lodo, que representa o tempo de permanência dos microrganismos no sistema (PIVELI, 2005).

Ainda para a CESAN, foram solicitados documentos referentes ao consumo de água, a fim de se comprovar a variação populacional ao longo do período analisado, além de relatórios de recebimento de resíduos sólidos concedidos pelo Central de Tratamento de Resíduos Vila Velha (CTRVV), com o objetivo de determinar a variação da população em função da geração de resíduos *per capita*.

Definição da área e objeto de estudo

O objeto de estudo foi a Estação de Tratamento de Esgoto da cidade de Guarapari, também chamada de ETE Aeroporto, localizada na Rua Alan João V. Simões, Muquiçaba, na cidade de Guarapari, localizada ao Sul do Estado do Espírito Santo, a cerca de 51 km da capital Vitória, fazendo parte da Região Metropolitana da Grande Vitória.

A ETE Aeroporto possui processo de tratamento biológico do tipo UNITANK, reator biológico aerado com remoção de nitrogênio, compartimentado com cinco câmaras. Este tratamento é uma variação do processo por lodos ativados com aeração prolongada, onde o reator biológico é compartimentado em câmaras de funções distintas. Difere em relação ao processo por lodos ativados, pois elimina a necessidade de decantadores secundários implantados em unidades separadas, proporcionando um *layout* compacto que permite reduzir a área de implantação do tratamento (CESAN, 2014).

Determinação dos dados operacionais da Estação de Tratamento de Esgoto

Os índices de eficiência de remoção das diversas variáveis de controle operacional, como DBO, SS, Nutrientes, etc., normalmente são utilizados para avaliar a eficiência de uma estação. De acordo com Brostel, Neder e Souza (2009), algumas técnicas mais amplas de análise de desempenho, específicas para ETE's, têm surgido nas últimas décadas.

Neste trabalho, foram analisadas variáveis como vazão de projeto, tempo de detenção hidráulica, capacidade de tratamento da ETE e índice de eficiência em Parâmetros resultantes do tratamento de efluentes, como: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), nitrogênio amoniacal (NH₃) e nutrientes (especificamente o fósforo) na saída da estação.

Os parâmetros e dados de desempenho da estação foram obtidos por meio de concessão de laudos oficiais da CESAN, nos períodos abrangentes a janeiro de 2015 à dezembro de 2016. O ano de 2017 não foi utilizado como objeto de estudo devido ao fato de não ter apresentado variações expressivas dos parâmetros analisados e por não se tratar de um ano completo, comprometendo os resultados.

Os dados foram submetidos à análise, sendo dispostos através de gráficos comparativos entre os períodos de alta e baixa temporada.

Avaliação do aumento populacional em períodos de alta temporada

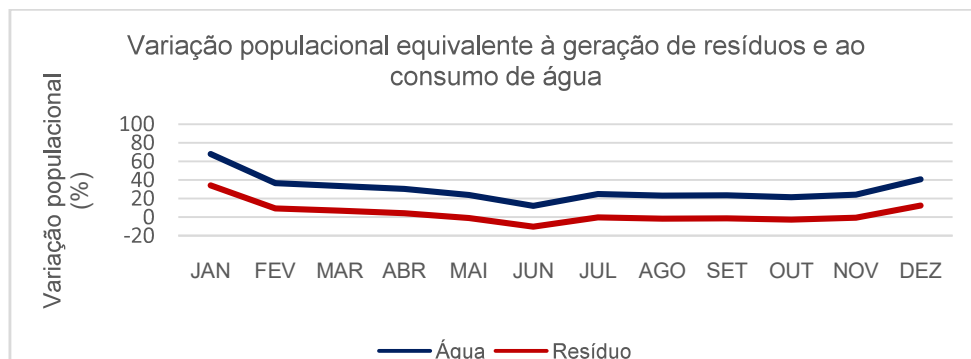
Para justificar o aumento populacional na cidade de Guarapari, o trabalho recorreu à relação indivíduo *versus* quantidade de lixo, através dos relatórios de recebimento de resíduos do CTRVV. Adotou-se, de acordo com dados da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a geração *per capita* de resíduos no Brasil de 700 gramas para os municípios com população inferior a 200 mil habitantes, considerando a população de Guarapari de 105.286 pessoas, de acordo com o censo de 2010 do IBGE. Também foram considerados os dados de consumo de água obtidos por meio de análise estatística dos relatórios da CESAN. Adotou-se o valor de consumo *per capita* de água de 250 L/hab.dia para população acima de 100.000 habitantes, de acordo com Guimarães, Carvalho e Silva (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos dados fornecidos pela CESAN, constata-se que a ETE Aeroporto atende aos seguintes bairros: Adalberto Simão Nader; Aeroporto; Balneário Jacunem; Boa Vista; Camurugi; Itapebussu; parte do Jardim Europa; Jardim Santa Rosa; Lagoa Funda; Muquiçaba; grande parte do Nossa Senhora da Conceição; Praia do Morro; Prainha; Santa Rosa e Sol Nascente.

Foi realizado o tratamento estatístico dos dados de geração de resíduos e de consumo de água, e então pôde-se estimar a variação da população em diferentes meses do ano em relação ao valor estimado pelo IBGE em 2017, conforme Figura 1.

Figura 1– Variação populacional equivalente em relação aos resíduos sólidos urbanos e ao consumo de água, na cidade de Guarapari.



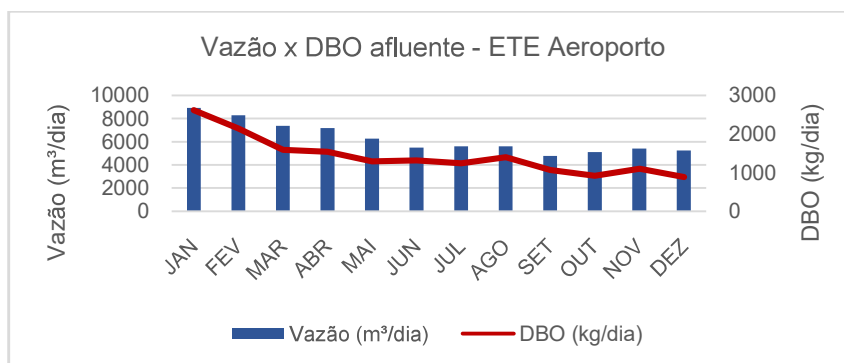
Fonte: Autores, 2017.

De acordo com a Figura 1, foi possível observar que nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro do período analisado a cidade apresentou um aumento populacional entre 40 e 60%, devido ao período de alta temporada. Sobre o conceito de alta e baixa temporada, pôde-se observar que o mesmo é relativo, pois depende da época em que há mais viajantes, geralmente por conta da estação climática, de férias e feriados. Em Guarapari, considerou-se que a alta temporada corresponde à época de verão e férias escolares, ou seja, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro.

Para um conceito menos genérico, adotou-se o valor estimado da população em 123.166 habitantes no ano de 2017, de acordo com o IBGE. Os meses que tiveram variação acima do valor estimado foram considerados “alta temporada” e os que apresentaram variação abaixo do estimado foram considerados como “baixa temporada”.

Ao analisar a vazão de entrada do efluente na ETE, conforme Figura 2, observa-se o aumento da entrada de esgoto na estação nos períodos previamente considerados como alta temporada, excetuando o mês de dezembro. Pode-se justificar tal situação pelo fato do fluxo de turistas durante este mês se intensificar em seu final, com o início das festividades de fim de ano. Assim, a média mensal da vazão não tem uma elevada variação devido à maior parte do mês a cidade apresentar poucos visitantes, comparado a janeiro, por exemplo, que apresenta turistas durante todo o mês.

Figura 2 – Vazão e concentração de DBO do afluente na ETE Aeroporto.

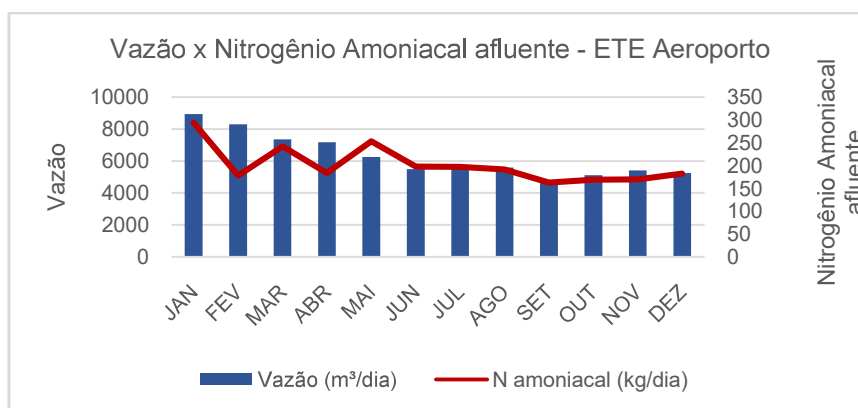


Fonte: Autores, 2017.

A Concessionária concedeu valores de concentrações de parâmetros como DBO, DQO (Demanda Química de Oxigênio), SST (Sólidos Suspensos Totais), Fósforo, Série Nitrogenada e Oxigênio Dissolvido, entretanto, foram empregados nesta pesquisa os parâmetros mais importantes para o tratamento de efluentes, por possuírem limites fixados na Resolução nº430 do CONAMA, como Nitrogênio Amoniacal, Fósforo e DBO. O Nitrogênio e o Fósforo se encontram em excesso nos esgotos sanitários; isso faz com que, ao serem submetidos a tratamento biológico, ocorra incorporação desses macronutrientes nas células que tomam parte do sistema. Esta é uma importante preocupação em relação ao tratamento de esgotos, onde o problema da eutrofização gera sérias consequências para as empresas de saneamento básico, resultando em elevados custos operacionais, tanto para a adequação da água de abastecimento como para a resolução de problemas operacionais, decorrentes das florações das algas (PIVELI, 2005).

Ainda em relação à Figura 2, observa-se também o aumento da carga orgânica através da concentração de DBO afluente nos meses de alta temporada. Para se conhecer a concentração da carga orgânica existente no efluente, a DBO é o parâmetro mais usado, pois envolve a quantidade de oxigênio dissolvido usado pelos microrganismos para oxidação bioquímica da matéria orgânica (BENVENUTI, 2013). Assim, quanto maior a concentração de carga orgânica, é necessário um maior período de aeração e de detenção hidráulica. Os parâmetros Nitrogênio Amoniacal e Fósforo estão expressos nas Figuras 3 e 4, analisados em relação à vazão.

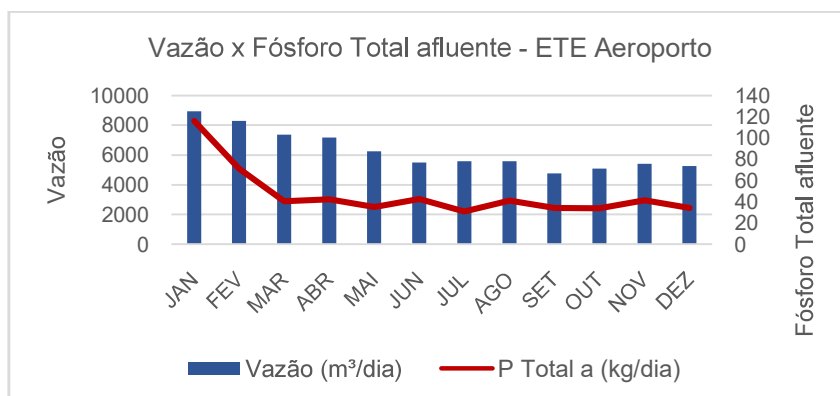
Figura 3 – Nitrogênio Amoniacal afluente em relação à vazão.



Fonte: Autores, 2017.

A análise dos parâmetros operacionais da ETE permite constatar que em relação ao Nitrogênio Amoniacal, houve aumento na concentração no mês de janeiro do período analisado, devido ao aumento da população. Entretanto, os meses de fevereiro e dezembro apresentaram concentração semelhante aos meses de baixa temporada. Além disso, no mês de maio verifica-se uma maior taxa de concentração de Nitrogênio Amoniacal; de acordo com Schneider et al. (2012) as principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: chuva, material orgânico e inorgânico. Sendo assim o aumento da concentração de Nitrogênio Amoniacal pode ser explicado pela ocorrência de chuvas no mês de maio de 2015 na cidade de Guarapari, segundo dados de Precipitação Observada mensal do INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural).

Figura 4 – Fósforo Total afluente em relação à vazão.

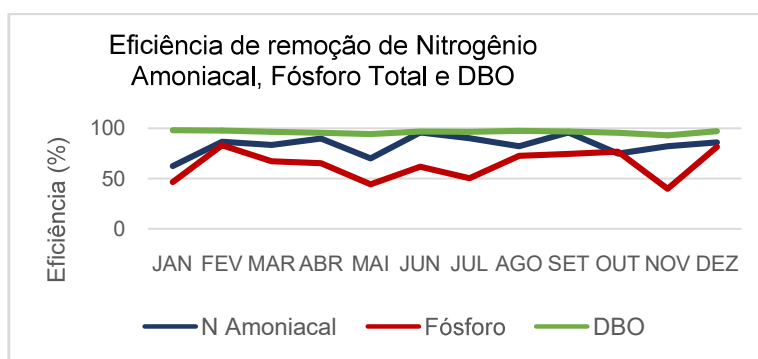


Fonte: Autores, 2017.

Em relação ao Fósforo Total, observa-se que o mesmo apresentou comportamento semelhante ao verificado nos outros parâmetros. Como já justificado na análise da vazão, o fluxo de turistas durante dezembro intensifica em seu final, com o início das festividades de fim de ano, portanto o valor médio da população não reflete a realidade. Assim, observa-se que a concentração de Nitrogênio e Fósforo não tem uma elevada variação devido à maior parte do mês a cidade apresentar poucos visitantes, comparado a janeiro, por exemplo, que apresenta turistas durante todo o mês.

Foi analisado também o índice de eficiência de remoção dos parâmetros de acordo com a sazonalidade, conforme exemplificado na Figura 5.

Figura 5 – Eficiência de remoção da ETE Aeroporto.



Fonte: Autores, 2017.

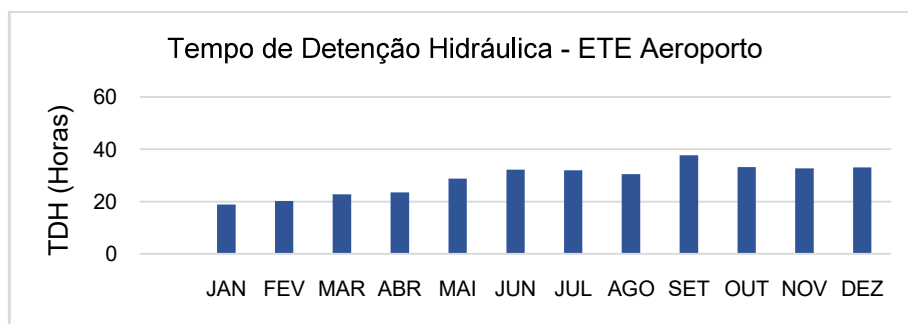
Observa-se que para os nutrientes Nitrogênio Amoniacal e Fósforo o índice de eficiência da estação sofre queda nos períodos definidos como alta temporada; a mesma se comprova ao se correlacionar a Figura 5 com as Figuras 3 e 4, as quais expressam aumento de concentração destes parâmetros.

Para o parâmetro DBO, observa-se que o mesmo permanece com índice de eficiência constante ao longo do período analisado, independentemente do fator sazonal. Tal fato justifica-se pelos valores encontrados na literatura; o sistema de tratamento por Lodos Ativos com aeração prolongada possui uma faixa de remoção mínima de DBO entre 85 e 95% (SABESP; AESBE, 2009). Além disso, de acordo com o Termo de Referência concedido pela concessionária, o sistema de tratamento empregado

proporciona eficiência de no mínimo, 90% de remoção, atendendo com folga o limite da Resolução CONAMA nº 357, que define como desejável uma taxa mínima de 60%.

Para justificar a estabilidade deste parâmetro mesmo em períodos de comprovado aumento populacional e, conseqüente aumento de carga orgânica, é necessário que a estação adapte suas variáveis de tratamento a fim de garantir a constância da eficiência, como por exemplo o tempo de detenção hidráulica. Conforme o relatório fornecido pela concessionária, o TDH mínimo de projeto é 12,7 horas. Entretanto, ao realizar-se o tratamento estatístico dos dados, verifica-se que este valor é superado e chega à medida de 47 horas em alguns meses, conforme Figura 6. O TDH da estação é calculado tomando-se como base o volume total dos tanques e a vazão do esgoto na ETE.

Figura 6 – Tempo de detenção hidráulica observado na ETE Aeroporto.



Fonte: Autores, 2017.

Nos meses de alta temporada, o tempo de detenção hidráulica foi menor em relação aos meses de baixa temporada, devido à vazão ser maior. Assim, apesar da estabilidade de remoção do parâmetro DBO durante todo o ano, de acordo com Aquino (2005), o desempenho do sistema de tratamento pode ser afetado, já que o TDH sofre diminuição. Outro fator que pode justificar a estabilidade no tratamento de forma geral é a influência da temperatura nos meses de verão, pois possui um papel muito importante no meio aquático, uma vez que controla e influencia uma série de parâmetros físico-químicos. Logo, associando-se o fato ao conceito de DBO, é possível apontar este parâmetro como alternativa nas possíveis causas para a estabilidade na remoção.

COMENTÁRIOS FINAIS

Sobre a ETE Aeroporto, verificou-se que a mesma apresentou sobrecarga de afluentes nos períodos de alta temporada, decorrente do aumento populacional na cidade de Guarapari nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro, configurando um aumento da vazão. De uma maneira geral, o sistema de tratamento da Estação apresentou eficiência satisfatória nos parâmetros avaliados. Entretanto, o evidente aumento de vazão em períodos de alta temporada exige mudanças operacionais na Estação para que o desempenho do tratamento não seja demasiadamente afetado.

Foi observado que os parâmetros Nitrogênio Amoniacal e Fósforo, nutrientes indicadores de matéria orgânica, sofreram impactos em sua remoção nos meses de alta temporada, podendo contribuir para o fenômeno de eutrofização ao lançar o efluente nos corpos hídricos.

A respeito do Nitrogênio Amoniaco observou-se que o mesmo variou em sua concentração de forma proporcional aos efeitos do aumento populacional, excetuando o mês de maio que teve média modificada devido à fortes chuvas nesse período de 2015, apresentando uma maior taxa neste parâmetro em relação ao esperado.

Em relação ao parâmetro DBO, concluiu-se que o mesmo não apresentou variação em sua eficiência de remoção de acordo com a sazonalidade, apesar de a concentração ter aumentado nos períodos de alta temporada. A estabilidade foi alcançada devido ao sistema UNITANK de lodos ativados garantir faixa de remoção mínima entre 85 e 95%.

Outro fator preponderante para a estabilidade no tratamento foi a temperatura; o aumento da mesma nos meses de alta temporada faz com que a solubilidade dos gases (oxigênio) diminua e haja aumentada a atividade dos microrganismos, fator que acelera o processo de tratamento de esgotos.

Uma das formas que a concessionária encontrou para que a Estação não sofresse com o aumento da vazão, carga orgânica e DBO foi através do aumento do TDH em relação ao tempo de projeto, de 12,7 horas. Entretanto, nos meses de alta temporada, o sistema opera com uma diminuição no TDH em relação aos demais meses do ano, o que demonstra a influência da sazonalidade no desempenho da ETE Aeroporto, impossibilitando que a mesma opere sem mudanças nas variáveis de projeto para atender o desempenho exigido.

Assim, conclui-se que o aumento populacional sazonal na cidade de Guarapari causa interferências no desempenho do sistema operacional da ETE, ainda que a mesma atinja os limites definidos na legislação para o efluente tratado. Recomenda-se, para demandas futuras, que sejam realizadas adequações nas variáveis de projeto à medida que ocorra aumento da vazão, a fim de não comprometer a eficiência do tratamento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Jane Pieruccini de. **DETERMINAÇÃO DE VAZÕES DE PROJETO**. Porto Alegre: Ufrs, 2015. 159 p.

AQUINO, Fernanda Laus de; SOARES, Sérgio Rodrigues Ayrimoraes; BERNARDES, Ricardo Silveira. **Análise do efeito da mistura de esgotos domésticos e águas pluviais no desempenho de um sistema de tratamento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Artigo. Campo Grande: Abes, 2005. p. 1 - 10. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-025.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

BENVENUTI, Jaqueline. **Estudo de Caso de Avaliação da eficiência do tratamento biológico de lodos ativados**. 2013. 31 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 430 de 13 de maio de 2011**. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 12 mar. 2017.

BRASIL, Portal. Pnad: **Brasil tem mais 1,5 milhão de domicílios com esgoto**. 2014. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/governo/2014/09/pnad-brasil-tem-mais-1-5-milhao-de-domicilios-com-esgoto>>. Acesso em: 29 ago. 2017.



CESAN. **Apostila Tratamento de Esgoto**. Vitória: Cesan, 2013. Disponível em: <http://www.cesan.com.br/wp-content/uploads/2013/08/APOSTILA_TRATAMENTO_ESGOTO.pdf>.

Acesso em: 12 mar. 2017.

_____. **Termo de Referência: ETE Aeroporto**. Guarapari: Cesan, 2014.

COLARES, Carla Jovania Gomes; SANDRI, Delvio. **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte**. Revista Ambiente & Água: AnInterdisciplinaryJournalofApplied Science, Taubaté, v. 8, n. 1, p.172-185, 07 abr. 2017

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Instrução Normativa nº 011**, de 19 de outubro de 2007. In 011. Vitória, ES.

GUARAPARI, Prefeitura Municipal de. **Conheça Guarapari**. 2017. Disponível em: <<http://www.guarapari.es.gov.br/portal/index.php/turismo/conheca-guarapari>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. Disponível em:

<<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

LEONETI, Alexandre Bevilacqua; PRADO, Eliana Leão do; OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública, São Paulo, v. 45, n. 2, p.331-348, abr. 2011. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/6136/art_LEONETI_Saneamento_basico_no_Brasil_consideracoes_sobre_investimentos_2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 mar. 2017.

MULLER, A. C. **Introdução à Ciência Ambiental**. Curitiba, PUC-PR, 2002. 98 p.

OLIVEIRA, Anderson Luis Silva de; FERNANDEZ, José Carrera. **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL. FÓRUM BANCO DO NORDESTE DE DESENVOLVIMENTO IX ENCONTRO REGIONAL DE ECONOMIA DAANPEC**. Disponível em: <<http://edi.bnb.gov.br/content/aplicacao/ETENE/Anais/docs/2004analise-da-eficiencia.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. 01. ed. São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. v. 01. 285p .

PIVELI, Roque Passos. **TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**. 01. ed. São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. v. 01. 71p .

SABESP; AESBE. **Padrões de lançamento para Estações de Tratamento de Esgotos Domésticos**. São Paulo: Sabesp, 2009. 23 slides, color. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/EFABF603/PresEstacoesTratamEsgotosDomesticos.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2017.

SCHNEIDER, Vania Elisabete et al. Rede de **Monitoramento quali-quantitativo das Bacias hidrográficas do Município de Caxias do Sul**. 2012. Disponível em: <http://vbaco01.ucs.br/caxiasFase3/base_de_dados/paginas/equipe.html>. Acesso em: 01 nov. 2017.