

ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA CIDADE DE NATAL/ RN

Emmanoella Marcia Silva de Oliveira (*), Eloiza Luciana de Brito Andrade, Antônia Ítala Araújo Fernandes, Ricardo da Fonseca Varela Neto, Sátiva Barbosa de Brito Lélis Villar.

* Universidade Potiguar - UNP, emmanoella_civil@yahoo.com.br.

RESUMO

Os critérios para adoção da tecnologia de tratamento de esgoto empregada nas Estações de Tratamento de Esgotos - ETEs devem considerar aspectos relacionados à custos, requisitos operacionais e eficiência de remoção dos poluentes presentes nos esgotos. Além das características e fragilidades inerentes ao ambiente receptor dos efluentes tratados, o impacto ambiental decorrente do lançamento de esgotos, mesmo que tratados, depende diretamente da qualidade dos esgotos dispostos. A análise comparativa de ETEs em operação e a consulta bibliográfica é atividade recorrente na concepção de novas estações. Este trabalho apresenta uma análise comparativa das eficiências de tratamento de esgoto entre as duas principais ETEs da cidade de Natal/RN: a ETE do Baldo, composta por reatores UASB, seguido de tratamento terciário/ e a ETE Ponta Negra, composta por lagoas de estabilização. Foi monitorada a qualidade do esgoto afluente e efluente à cada ETE no período de um ano. Foi percebida diferença significativa entre o esgoto bruto afluente às duas estações relativo ao parâmetro sólidos sedimentáveis. Para os efluentes das duas ETEs, diferenças significativas foram percebidas para os parâmetros de DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e sólidos suspensos, que foram melhor removidos na ETE do Baldo, enquanto que a ETE Ponta Negra foi mais eficiente na remoção de coliformes termotolerantes.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Esgoto. Eficiência. Meio Ambiente.

INTRODUÇÃO

A coleta, tratamento e disposição final do esgoto são de extrema importância para a qualidade do meio ambiente e, conseqüentemente, para a qualidade de vida da população. É possível afirmar que as obras de engenharia sanitária estão entre os feitos de infraestrutura mais importantes, pois têm influência direta na redução da veiculação de doenças. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2014), para cada dólar investido em água e saneamento, são economizados 4,3 dólares em custos de saúde no mundo.

Além do comprometimento à saúde humana, a disposição inadequada dos esgotos provoca impactos negativos ao meio ambiente. No Brasil, o lançamento de esgotos em corpos receptores é a alternativa de destinação final mais adotada. O problema concentra-se na qualidade do esgoto lançado, que muitas vezes é realizado na sua forma bruta, isto é, sem qualquer tipo de tratamento anterior. Conforme o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) 2014, apenas 48,6% dos esgotos gerados no Brasil são coletados e somente 40% são efetivamente tratados, o restante é disposto no ambiente na sua forma bruta.

A análise comparativa de ETEs em operação e a consulta bibliográfica é atividade recorrente na concepção de novas estações. A maioria das estações de tratamento de esgoto do Rio Grande do Norte é do tipo Lagoa de Estabilização, pois tem menor custo de implantação, operação e manutenção, quando comparadas com as novas ETEs, do Baldo e a da Zona Norte (esta última em fase de implantação), que possuem tecnologias diferentes (reatores tipo UASB seguidos por câmaras anóxicas, decantadores e reator ultravioleta), porém demandam maiores requisitos operacionais. O inconveniente do sistema de lagoa de estabilização é a baixa eficiência de remoção de alguns poluentes, inviabilizando a disposição em corpo receptor, e a necessidade de grandes áreas para sua implantação, o que pode inviabilizar a adoção desse tipo de tecnologia em localidades com restrição de área.

Este trabalho se propõe a comparar a eficiência de duas estações de tratamento de efluentes dotadas de diferentes tecnologias de tratamento no Rio Grande do Norte: a ETE de Ponta Negra e a ETE do Baldo,

OBJETO DE ESTUDO

A estação de tratamento de efluentes Dom Nivaldo Monte mais conhecida como ETE do Baldo localiza-se no município de Natal/ Rio Grande do Norte e encontra-se em operação desde junho de 2011. A ETE possui capacidade de tratamento para 450 l/s de efluentes provenientes dos bairros do Alecrim, Areia Preta, Barro Vermelho, parte do Bairro Nordeste, Candelária, Cidade Alta, Cidade da Esperança, parte de Dix-Sept Rosado, Lagoa Nova, Lagoa Seca, Mãe

Luiza, Quintas, Ribeira, Rocas, Santos Reis e Tirol. Após o tratamento, o efluente é disposto no estuário do Rio Potengi. A vista aérea da ETE e suas respectivas unidades de tratamento são apresentadas na Figura 1.



Figura 1: Vista aérea da ETE do Baldo. Fonte: FUNCERN (2013).

A ETE possui tratamento preliminar a partir de gradeamento grosso e fino mecanizado e caixas de areia. Em seguida o esgoto é encaminhado a reatores anaeróbios de fluxo ascendente de onde seguem para a câmaras anóxicas, tanque de aeração, decantador secundário e reatores UV, conforme apresentado na Figura 2.

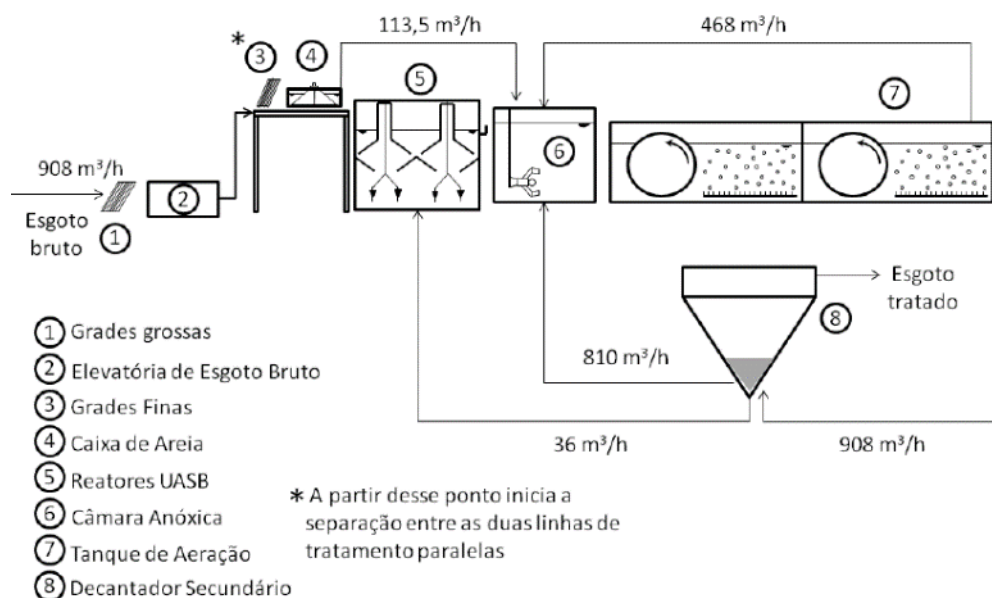


Figura 2: Esquema representativo de uma das linhas de tratamento da ETE do Baldo, com as respectivas vazões de recirculação. Fonte: (FERRAZ et al., 2014)

A estação de tratamento de esgoto de Ponta Negra fica localizada no bairro de Ponta Negra, às margens da Av. Rota do Sol, zona sul de Natal/RN. Segundo a CAERN (2011), a estação iniciou suas operações no final do ano 2000, contando com uma área de implantação de 115.221 m². A ETE recebe contribuições de esgotos da Praia de Ponta Negra, Vila de Ponta Negra, parte do Conjunto Ponta Negra, toda rede hoteleira da Via Costeira, Praia Shopping e adjacências. A vazão que aflui para a ETE é da ordem de 69,45 l/s, porém projetada para capacidade nominal de 95 l/s, atendendo

cerca de 33.514 habitantes em condições de fim de plano. A figura 3 mostra a vista aérea da estação de Ponta Negra, onde a lagoa facultativa é representada por (LF) e as lagoas de maturação (LM1 e LM2).



Figura 3: Vista aérea da ETE de Ponta Negra. Fonte: CAERN (2011).

O sistema de tratamento compreende uma fase preliminar, através de gradeamento, caixa de areia e Calha Parshall, seguido de tratamento biológico secundário, através de reatores tipo lagoas facultativas e de maturação em série, sendo 1 (uma) facultativa e 2 (duas) de maturação, conforme Figura 4. O efluente tratado é infiltrado através de valões em terrenos adjacentes à última lagoa de maturação.

COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Os dados utilizados no desenvolvimento deste trabalho são resultantes do monitoramento da qualidade do esgoto bruto e tratado realizado pela CAERN nas duas estações, no período compreendido entre janeiro de 2015 e janeiro de 2016. As informações contidas neste trabalho foram selecionadas em função de sua disponibilidade, relevância ambiental e importância na comparação entre as tecnologias distintas de tratamento nas ETEs estudadas. São eles: DBO, DQO, fósforo total, nitrogênio amoniacal, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos e coliformes termotolerantes.

O tratamento dos dados foi realizado através de análise estatística. As médias de cada parâmetro analisado foram comparadas para afluente e efluente das duas ETEs. Para isso, foi utilizado o software SPSS Statistics 20.0. Quando a distribuição dos dados entre os parâmetros de cada ETE apresentou distribuição normal, foi utilizado o teste T de student; para os dados dos parâmetros que não apresentaram distribuição normal, foi utilizado o teste não-paramétrico U de Mann-Whitney (ZAR 1999). Com os resultados dos testes pode-se inferir se houve diferenças significativas nas comparações dos parâmetros de qualidade da água afluente e efluente às duas estações para a análise descritiva das tecnologias adotadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

- **ESGOTO BRUTO:** A Tabela 1 mostra a síntese dos resultados obtidos no software SPSS Statistics 20.0. Os parâmetros analisados de DBO, DQO, fósforo, nitrogênio, sólidos suspensos e coliformes termotolerantes, do esgoto afluente às ETEs, não diferiram significativamente em seus valores, o que já era esperado, pois ambas as estações tratam esgoto sanitário predominantemente doméstico.

Tabela 1. Resultados dos parâmetros para esgoto bruto - Fonte: Autor do Trabalho.

Parâmetro	Teste Utilizado	ETE BALDO		ETE BALDO	
		Média	DP	Média	DP
DBO (mg/l)	T-Student	439,59	207,07	481,2	113,36
DQO (mg/l)	T-Student	742,23	280,69	693,57	131,17
Fósforo Total (mg/l)	U-Mann-Whitney	6,48	3,26	9,25	3,16
Nitrogênio Amoniacal(mg/l)	U-Mann-Whitney	31,58	15,63	51,19	17,39

Sólidos Suspensos (mg/l)	U-Mann-Whitney	240,65	176,97	212,14	59
Sólidos Sedimentáveis (mg/l)	U-Mann-Whitney	2,78	3,19	5,57	2,55
Coliformes Termotolerantes (mg/l)	U-Mann-Whitney	11792307692	6433565825	36571428571	54426884113

Os sólidos sedimentáveis do esgoto bruto afluente às duas estações apresentaram diferenças significativas (conforme Figura 4). Uma das possíveis razões para o teor de sólidos sedimentáveis mais elevado no esgoto afluente à ETE de Ponta Negra é a proximidade com praias, aumentando o aporte de sólidos à rede coletora de esgoto sanitário na área.

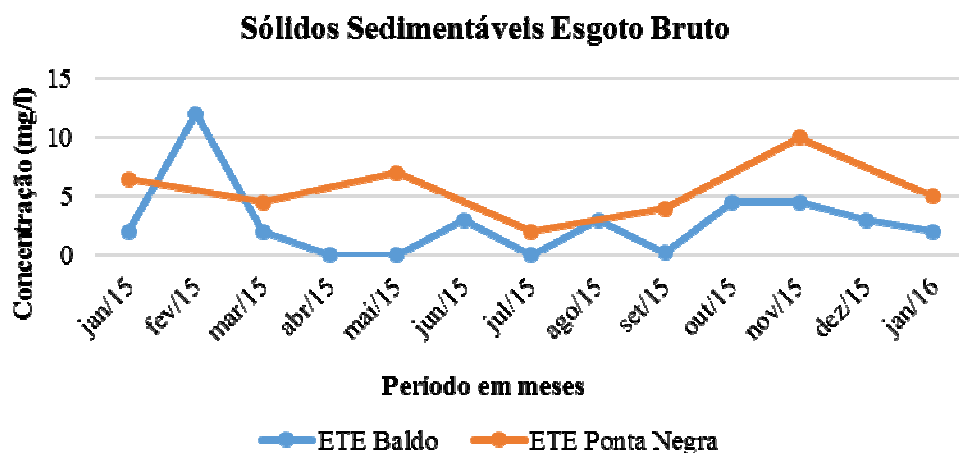


Figura 4: Concentração de sólidos sedimentáveis do esgoto bruto. Fonte: Autor do Trabalho.

Apesar de não haver diferença significativa relativa ao parâmetro DBO do esgoto bruto afluente às duas estações, verificam-se valores de DBO acima de 400mg/L do esgoto afluente às ETEs na maior parte dos meses monitorados (Figura 5). Cabe ressaltar que a ETE do Baldo foi projetada considerando concentração de DBO afluente prevista de 250mg/L, ou seja, inferior ao que o é verificado na rotina operacional da ETE.

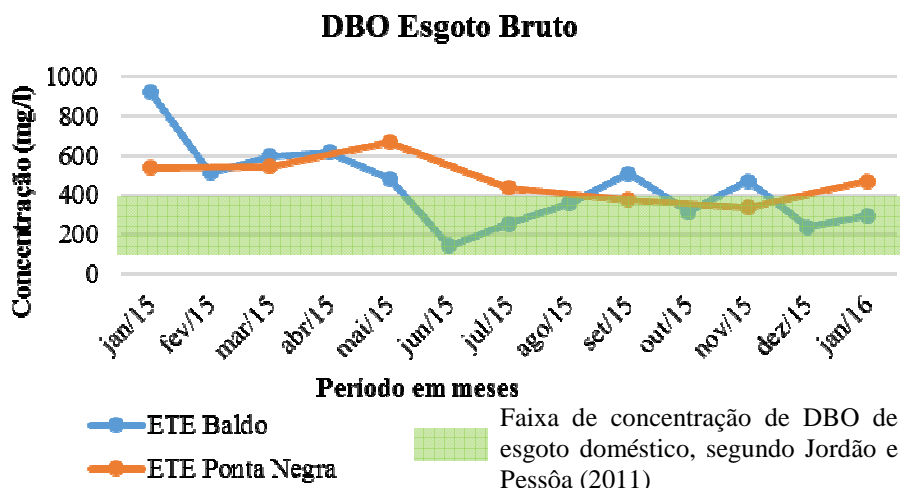


Figura 5: Concentração de DBO do esgoto Bruto. Fonte: Autor do Trabalho.

- **ESGOTO TRATADO:** Utilizando o teste U de Mann-Whitney, o valor de DBO do esgoto tratado da ETE do Baldo ($74,28 \pm 74,39$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($290,00 \pm 167,17$, $n = 7$) diferiu significativamente ($U = 14,00$, $P = 0,013$).

A eficiência de remoção de DBO na ETE do Baldo foi abaixo de 70% em apenas 2 (dois) dos 12 (doze) meses monitorados, conforme apresentado na Figura 6.

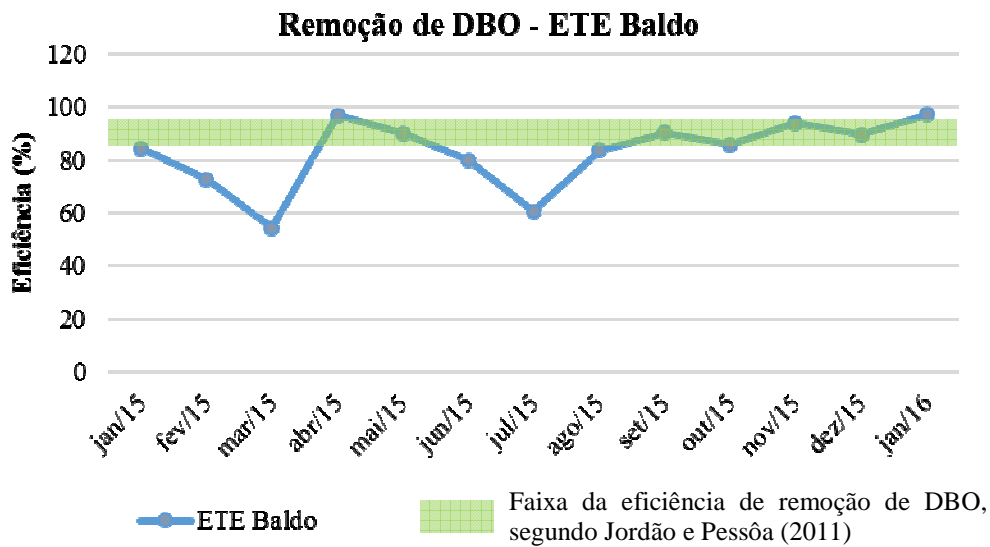


Figura 6: Eficiência de remoção de DBO da ETE do Baldo. Fonte: Autor do Trabalho.

De acordo com Andrade Neto (1997), as lagoas de maturação normalmente têm baixa eficiência na remoção de DBO, cerca de 10% a 25% em cada lagoa, porém conforme Jordão e Pessôa (2011), quando a lagoa de maturação é associada a lagoa facultativa pode ser alcançada eficiência de remoção de DBO de 80% a 85%. As eficiências de remoção de DBO na ETE de Ponta Negra foram abaixo do valor previsto na literatura nos meses monitorados, conforme Figura 7.

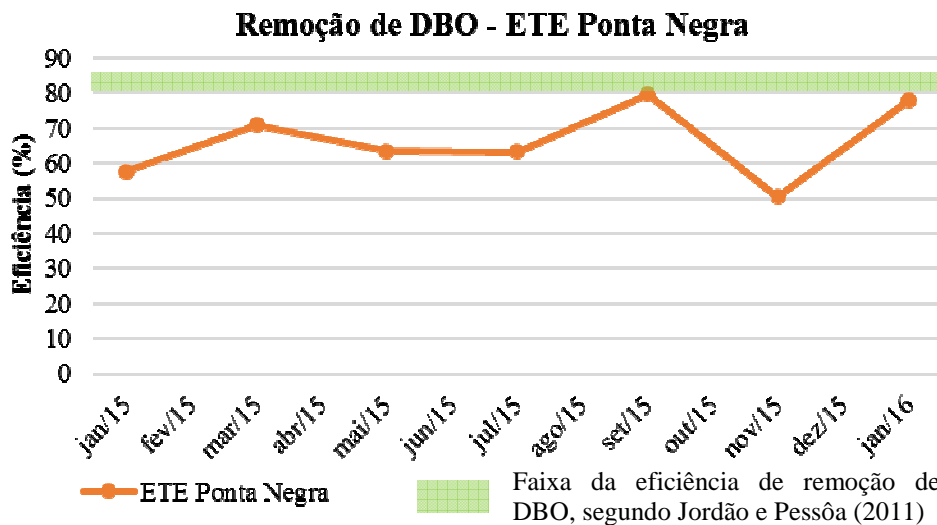


Figura 7: Eficiência de remoção de DBO da ETE de Ponta Negra. Fonte: Autor do Trabalho.

Foram registrados valores de DBO do esgoto tratado acima do permitido pela resolução CONAMA 430 de 2011 (Figura 8), que aponta o valor de 120 mg/L, como o máximo permitido de DBO para o esgoto tratado.

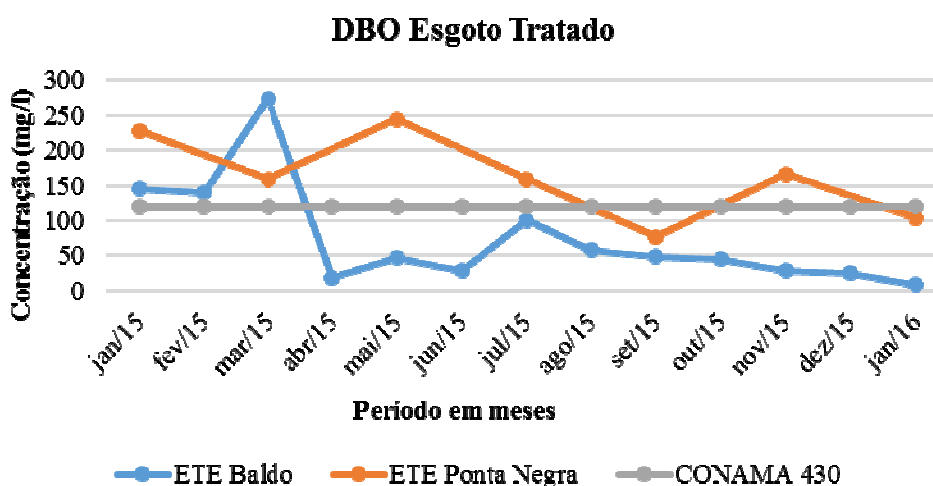


Figura 8: Concentração de DBO do esgoto tratado. Fonte: Autor do Trabalho.

Apesar do limite máximo de DBO estabelecido pela Resolução Conama 430 de 2011 ter sido ultrapassado, não se pode afirmar que o efluente está em desconformidade com o padrão de lançamento pois a mesma resolução também determina que o valor máximo de DBO para o lançamento de esgoto tratado em corpos receptores poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, que foi atendido em ambas as ETES.

Utilizando o teste U de Mann-Whitney, o valor de DQO do esgoto tratado da ETE do Baldo ($162,46 \pm 99,17$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($290,00 \pm 167,18$, $n = 7$), verificou-se diferença significativa entre as médias ($U=14,00$, $P = 0,013$), conforme mostrado na Figura 9.

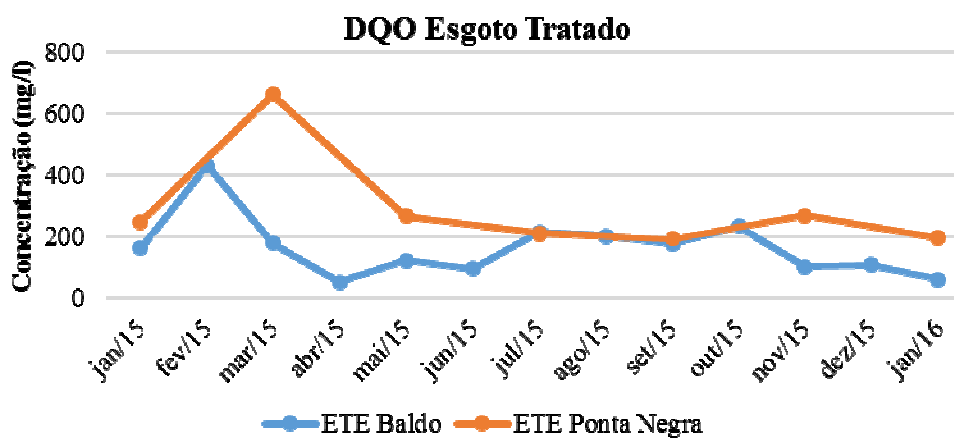


Figura 9: Concentração de DQO do esgoto tratado da ETE do Baldo e da ETE de Ponta Negra. Fonte: Autor do Trabalho.

Segundo Jordão e Pessoa (2011), normalmente a DQO dos esgotos domésticos varia entre 200 a 800 mg/l, podendo atingir concentrações muitas vezes maiores nos casos de esgotos industriais. Para a ETE do Baldo a eficiência média de remoção de DQO durante o ano monitorado foi de 76%, já para a ETE de Ponta Negra de 64%.

Utilizando o teste T de student, o valor de Fósforo Total do esgoto tratado da ETE do Baldo ($3,40 \pm 2,66$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($6,23 \pm 3,33$, $n = 7$) não diferiu significativamente ($T = - 2,07$, $gl = 18$, $P = 0,053$).

Apesar das duas tecnologias de tratamento de esgoto serem relativamente diferentes, quando analisada a concentração de Fósforo Total do esgoto tratado de ambas as estações, observou-se que não houve diferença significativa entre as duas ETES. A concentração média de Fósforo Total no esgoto tratado pela ETE do Baldo foi de 3,40 mg/L, com valor máximo de 8,95 mg/L no mês de agosto de 2015 e mínimo de 0,00 mg/L no mês de outubro de 2015. Na ETE de Ponta Negra a concentração média de Fósforo Total no esgoto tratado foi de 5,43mg/L, com valor máximo de 11,85 mg/L no mês de setembro de 2015 e mínimo de 1,67 mg/L no mês de julho de 2015.

Segundo Jordão e Pessoa (2011), a eficiência de remoção de Fósforo Total prevista no sistema de lagoa facultativa seguida de lagoa de maturação (adotado para ETE de Ponta Negra), corresponde a mais de 40%, ligeiramente superior ao observado na ETE Ponta Negra, que apresentou eficiência de remoção média de Fósforo Total de 34,14% durante o período monitorado. A eficiência média de remoção relativa ao mesmo parâmetro na ETE do Baldo foi superior e correspondente a 52,79%.

Utilizando o teste U de Mann-Whitney, o valor de Nitrogênio amoniacal do esgoto tratado da ETE do Baldo ($8,28 \pm 11,31$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($51,19 \pm 17,39$, $n = 7$) diferiu significativamente ($U = 10,00$, $P = 0,005$).

Analisando o monitoramento de ambas as estações, verifica-se que a ETE do Baldo apresentou eficiência média de remoção do Nitrogênio amoniacal de 80,34%. Para a ETE de Ponta Negra a média de eficiência deste nutriente foi mais baixa e correspondente a 46,38%. Apesar de inferior, a eficiência média de remoção de Nitrogênio amoniacal na ETE de Ponta Negra encontra-se na faixa de 40% a 65%, prevista por Jordão e Pessoa (2011) para a tecnologia de tratamento empregada.

Essa diferença significativa reflete nas distintas formas de remoção desse nutriente pelas estações, enquanto na ETE de Ponta Negra ocorre a remoção biológica do nitrogênio por síntese da biomassa (assimilação no nitrogênio) com posterior descarte no lodo, na ETE do Baldo é acrescido o processo de nitrificação e desnitrificação, este último processo ocorre nas câmaras anóxicas onde acontece a transformação de nitrito e/ou nitrato para nitrogênio gasoso, responsável por maior eficiência do processo.

Conforme o padrão de lançamento de efluente no corpo hídrico, estabelecido pela Resolução CONAMA 430 de 2011, o valor máximo permitido para o Nitrogênio amoniacal total é 20 mg/L. No monitoramento de nitrogênio amoniacal no esgoto tratado na ETE do Baldo verificou-se que no período de análise de um ano, apenas no mês de maio/2015 foi registrado valor superior ao permitido pela resolução e correspondeu a 41,89 mg/L. Em contrapartida a ETE de Ponta Negra verificou que apenas no mês de setembro de 2015 foi registrado valor que atende ao padrão da resolução, ficando o Nitrogênio amoniacal do esgoto tratado acima do limite máximo permitido nos demais meses monitorados (conforme Figura 10).

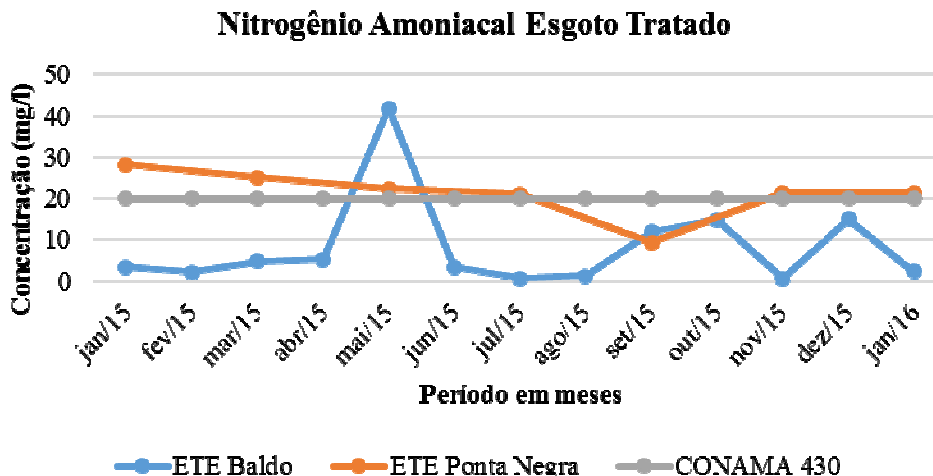


Figura 10: Concentração de nitrogênio amoniacal do esgoto tratado. Fonte: Autor do Trabalho.

Utilizando o teste U de Mann-Whitney, o valor de Sólidos Suspensos do esgoto tratado da ETE do Baldo ($32,84 \pm 35,99$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($164,85 \pm 40,29$, $n = 7$), verificou-se diferença significativa entre as médias ($U = 0,50$, $P < 0,01$).

Os sólidos suspensos consistem em partículas com densidade menor que a massa líquida, em sua composição pode existir desde resíduo industrial a espumas originadas por detergentes. Pode-se observar maior concentração de sólidos suspensos no esgoto tratado da ETE de Ponta Negra, evidenciando que as etapas menos complexas e de ocorrência natural das lagoas de estabilização, comprometem a eficiência de sua retirada do esgoto tratado. Esse material não retido nas etapas de tratamento ficará presente no solo onde ocorre a infiltração do efluente tratado e tende a se acumular, contaminando-o. Quando disposto em corpo hídrico, o efluente tratado com excesso de sólidos em suspensão pode limitar sua utilização, aumentar a turbidez da água, causar o acúmulo de lodo na superfície, comprometer a vida aquática.

Foram verificadas diferenças consideráveis nas eficiências de remoção de sólidos suspensos nas duas estações. Na ETE de Ponta Negra a eficiência média de remoção de sólidos suspensos foi 35%, abaixo da faixa de 70% a 80%, prevista por Jordão e Pessôa (2011) para o tipo de tecnologia adotada. Já na ETE do Baldo a eficiência média foi de 85%, dentro do previsto por Jordão e Pessôa (2011) para a tecnologia adotada.

Utilizando o teste U de Mann-Whitney, o valor de Sólidos Sedimentáveis do esgoto tratado da ETE do Baldo ($0,0615 \pm 0,1387$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($0,1000 \pm 0,1826$, $n = 7$), não diferiu significativamente ($U=39,50$, $P = 0,573$).

A ausência de diferença significativa entre as médias, na remoção de sólidos suspensos nas ETEs do Baldo e de Ponta Negra, evidencia que os dois sistemas de tratamento possuem eficiências de remoção equivalentes e satisfatórias já que em ambas, as concentrações de sólidos suspensos efluentes foram abaixo dos limites de detecção do método utilizado.

Utilizando o teste U de Mann-Whitney, o valor de Coliformes Termotolerantes do esgoto tratado da ETE do Baldo ($109000,00 \pm 55205,67$, $n = 13$) e da ETE de Ponta Negra ($31557,14 \pm 31882,69$, $n = 7$), verificou-se diferença significativa entre as médias ($U= 11,50$, $P = 0,006$).

A análise dos dados demonstrou uma melhor eficiência na remoção de coliformes termotolerantes na ETE de Ponta Negra, contrastando com a simplicidade das lagoas de estabilização do tipo facultativa + maturação diante do reator UV implantado na ETE do Baldo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Foi observada diferença significativa entre o esgoto bruto e o tratado de ambas as ETEs.
- Quando comparados os esgotos tratados pelas duas ETEs, foram verificadas diferenças significativas referentes aos parâmetros: DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e sólidos suspensos.
- De modo geral a ETE do Baldo mostrou-se mais eficiente que a ETE Ponta Negra quanto à remoção dos poluentes analisados, com exceção dos coliformes termotolerantes, que foram melhor removidos na ETE Ponta Negra composta por lagoas de estabilização, enquanto que a ETE do Baldo possui reator UV.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE NETO, Cícero Onofre de. **Sistema simples para tratamento de esgoto sanitário**: experiência brasileira. Rio de Janeiro: ABES, 1997. 301p.
2. _____. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf. Acesso em: 29 fev. 2016.
3. COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN). **Manual de Operação da ETE de Ponta Negra**. 2011. Disponível em: <<http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/caern/DOC/DOC00000000017757.PDF>>. Acesso em: 21 abr. 2016.
4. FERRAZ, Danillo Luiz de Magalhães et al. Avaliação do desempenho operacional de uma ete em escala real, composta de reator uasb seguido de tanque de aeração com 27 biodiscos. In: SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., 2014, Natal. **Anais...** Natal: Abes, 2014. p. 1 - 12.
5. FUNDAÇÃO DE APOIO À EDUCAÇÃO E AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DO RIO GRANDE DO NORTE (FUNCERN). Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). **Estudo de impacto ambiental – eia do sistema de esgotamento sanitário da zona norte e ete jaguaribe natal – rio grande do norte**. Natal: Funcern, 2013. 833 p.
6. JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSÔA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011. 1050 p.
7. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **OMS: Para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global**. 2014. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/oms-para-cada-dolar-investido-em-agua-e-saneamento-economiza-se-43-dolares-em-saude-global/>> Acesso em: 15 jun 2016.
8. ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4 ed.. Upper Saddle River, Prentice-Hall Inc., 1999. 663p.