



EFEITOS DA INTRUSÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Adriana Torres Medeiros¹ & Fernando Dornelles²

RESUMO – A condução de afluentes sanitário e de águas pluviais quando realizada em sistemas distintos, não devendo permitir comunicação entre si, pois quando isto acontece é comum identificar alterações nos indicadores de qualidade dos efluentes que chegam às estações de tratamento de esgotos. Deste modo, objetiva-se quantificar as alterações causadas pela chuva no tratamento de esgoto sanitário. Para uma ETE, localizada no município de Maceió – AL, com capacidade de 360 L/s em plenitude. Assim, foram analisadas as alterações, na entrada e na saída do sistema para os seguintes parâmetros: pH, temperatura, DBO e eficiência de tratamento, além da vazão de entrada nos meses considerados secos e chuvosos. Desse modo, foi constatado que o volume de entrada é incrementado em média de 38,73% da vazão nos meses chuvosos em relação aos secos. Com isto, o pH apresentou leve o aumento na alcalinidade, cerca de 0,05; mas não ocorreu interferência no processo de tratamento. Já a temperatura do afluente em dias chuvosos reduziu cerca de 2 a 3 K, dependendo do evento. Também foi possível identificar que não houve alterações significativas nos valores de DBO, tanto no efluente quanto no afluente, e a eficiência de remoção de carga orgânica foi mantida.

ABSTRACT – The conduction of sanitary tributaries and rainwater when carried out in different systems, should not allow communication between them, because when this happens it is common to identify changes in the quality indicators of the effluents that arrive at the sewage treatment plants. Thus, the objective is to quantify the changes caused by rain in the treatment of sanitary sewage. For an ETE, located in the municipality of Maceió – AL, with a capacity of 360 L/s in fullness. Thus, changes were analyzed at the inlet and outlet of the system for the following parameters: pH, temperature, BOD and treatment efficiency, in addition to the inlet flow in the dry and rainy months. Thus, it was found that the inlet volume is increased by an average of 38.73% of the flow in the rainy months in relation to the dry ones. With this, the pH showed a slight increase in alkalinity, around 0.05; but there was no interference in the treatment process. On the other hand, the temperature of the tributary on rainy days reduced about 2 to 3 K, depending on the event. It was also possible to identify that there were no significant changes in the BOD values, both in the effluent and in the influent, and the efficiency of removal of organic load was maintained.

Palavras-Chave – ETE, eficiência e CONAMA

INTRODUÇÃO

Saneamento Básico é composto de sistemas que prestam serviço de grande relevância para a população. Suas atividades incluem abastecimento e tratamento de água para uso e consumo, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana, incluindo manejo de águas pluviais, coleta e saneamento urbano e controle de pragas e patógenos. A coleta e o tratamento de esgoto são essenciais para reduzir

1) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Av. Bento Gonçalves, 91501-970; Porto Alegre – RS, adriana.medeiros@ctec.ufal.br
2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Av. Bento Gonçalves, 91501-970; Porto Alegre – RS, fernando.dornelles@ufrgs.br



a poluição e a contaminação dos corpos d'água e do solo e melhorar a qualidade da vida animal e vegetal.

Em 2018, a Organização Mundial da Saúde – OMS lançou as Diretrizes sobre Saneamento e Saúde (*Guidelines on Sanitation and Health*), um conjunto de medidas para estimular implementação de estruturas e práticas de saneamento seguros para promoção da saúde. Visto que 2 a 3 bilhões de pessoas carecem de saneamento básico, sendo que estão entre os 4,5 bilhões sem acesso a serviços de saneamento com segurança adequada.

Estudos do Banco Mundial (1993) estimam que o ambiente doméstico sem saneamento adequado é responsável por quase 30% da ocorrência de doenças nos países em desenvolvimento. No Brasil, as doenças de transmissão feco-oral, especialmente as diarreias, representam, em média, mais de 80% das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (IBGE, 2012).

De acordo com Jamwal *et al.* (2015), os sistemas de esgoto podem ser diferenciados quanto à sua conexão, ou não, com o sistema de drenagem pluvial. Esta distinção é influenciada principalmente pela posição geográfica e situação econômica da sociedade localizada nessa bacia de drenagem. Estes sistemas podem ser divididos em: combinado ou unitário e o separador absoluto coleta.

Os sistemas combinados têm melhor desempenho e são mais comuns em regiões subtropicais, onde todas as descargas de água da chuva são direcionadas para os esgotos. Em regiões tropicais, onde precipitação de volume é mais significativo, pode ser usado separadores absolutos.

No sistema separador absoluto, o esgoto deve ser coletado, transportado e tratado separadamente da água da chuva, mas na prática isso não ocorre. Na realidade, podem existir ligações entre os dois sistemas, quer através clandestino conexões ou através acidentais intercepções. No caso de sistemas de esgoto sanitário, isto pode acontecer de várias maneiras: chuva infiltração para o solo que é, conseqüentemente, redirecionada para o esgoto do sistema ou através contribuições irregulares tais como ligações diretas com rede pública de esgoto ou com implantação de drenagem pluvial em rede coletora de esgoto (Ribeiro e Peixoto, 2018).

Dessa maneira, segundo Ribeiro e Peixoto (2018) e Mines *et al.* (2007), o incremento das águas pluviais ao fluxo do afluente de esgoto pode gerar alterações prejudiciais ao sistema separador absoluto, sendo a sobrecarga do sistema de tubos e as entradas das estações de tratamento – ETEs as mais observadas.

Assim, independentemente do tipo de sistema de condução dos efluente, os diferentes tratamentos de interação de diversas maneiras para este aumento do fluxo, em especial os mais



rudimentares, tais como lagoas de estabilização, tanques sépticos, tanques Imhoff com anaeróbio secundário de filtragem anaeróbica ou até biológica. Em geral, os sistemas que são altamente dependentes de sedimentação primária podem ser considerados mais influenciáveis por estas contribuições (Tonetti *et al.*, 2012). Saliba e von Sperling (2017) apontam que, embora a eficiência do tratamento na remoção de carga orgânica em sistemas de tratamento mais avançados, não seja afetada, durante os períodos de chuva há um aumento perceptível nos custos operacionais, bem como redução do tempo de detenção do tratamento de esgoto.

Este estudo teve como objetivo quantificar as mudanças que ocorrem devido às interferências da chuva nos sistemas de coleta de esgoto sanitário, levando em consideração as diferenças nos indicadores de qualidade do efluente entre os meses mais secos e chuvosos para uma ETE, considerando em consideração os seguintes indicadores de entrada e de saída: temperatura, pH, DBO, e orgânica carga eficiência de remoção, como bem uma comparação histórica das as entradas no sistema de tratamento.

METODOLOGIA

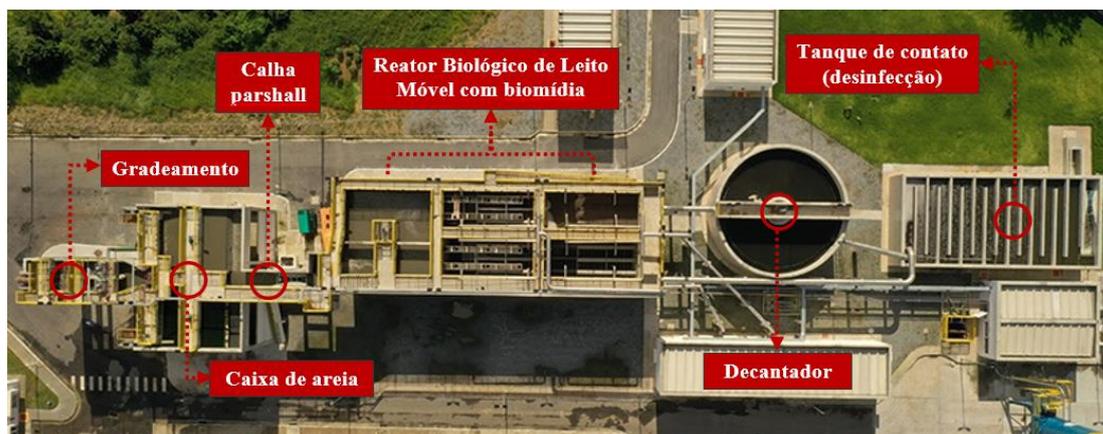
A ETE Benedito Bentes é o principal empreendimento para tratamento de esgotos na região alta de Maceió conhecida como Tabuleiro, sendo projetada para beneficiar mais de 200.000 residentes. Ela tem sido operada desde de setembro de 2019 com a capacidade de 180 L/s, tendo previsão para duplicar o volume de tratamento, totalizando 360 L/s, segundo a Companhia de Saneamento de Alagoas – CASAL.

Observa-se que a região analisada possui clima, pela classificação climática de Köppen, tropical litorâneo úmido, apresentando temperatura média anual de 25,6°C e precipitação anual média de 1.713 mm (Alvares *et al.* 2013). E o período com a maior média de precipitação, segundo Pinho *et al* (2010), é de abril a julho.

A instalação da tecnologia empregada nessa ETE buscou agregar eficiência e qualidade nos serviços de esgotamento sanitário de Maceió por meio de um reator biológico de leito móvel e do fluxo contínuo com limpeza intermitente, conforme a Figura 01. Esta alternativa foi a escolhida entre outras tecnologias como UASB, lodo ativado, MBBR e IFAS devido a suas vantagens como compactidade, baixo SST no efluente, facilidade de operação e baixo custo operacional. O processo proposto é o oposto ao tradicional, pois ele ocupa pouco espaço e usa os recursos dos efluentes de maneira direta, ou seja, as bactérias presentes do reator biológico consomem os compostos orgânicos

na água, que é alimentada a partir de um tanque intermediário para garantir uma grande tolerância à variação do fluxo.

Figura 1: Esquema do sistema da ETE do Benedito Bentes.



Fonte: Adaptado da CASAL (2019).

Para realizar o estudo, foram utilizados dados analíticos da qualidade do efluente final, fornecido pela CASAL. Esses dados foram coletados, no mínimo, uma vez ao mês para verificar o cumprimento com a legislação e outros órgãos ambientais. Dessa maneira, a temperatura do efluente, o pH (*Thermo Scientific Orion Star A221*, APHA *et al.*, 1998) e o DBO foram medidos (Método Respirométrico, APHA *et al.*, 2012) na entrada e saída da estação de tratamento, bem como a taxa de remoção de DBO necessária para avaliar a eficiência do tratamento, e a taxa de vazão de entrada. Já, os dados mensais de precipitação foram necessários extrair do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN, a partir de uma estação localizada no bairro do Benedito Bentes (270430210A), com as coordenadas 9°33'07.2"S e 35°43'37.2"W, no período de setembro de 2019 a outubro de 2020.

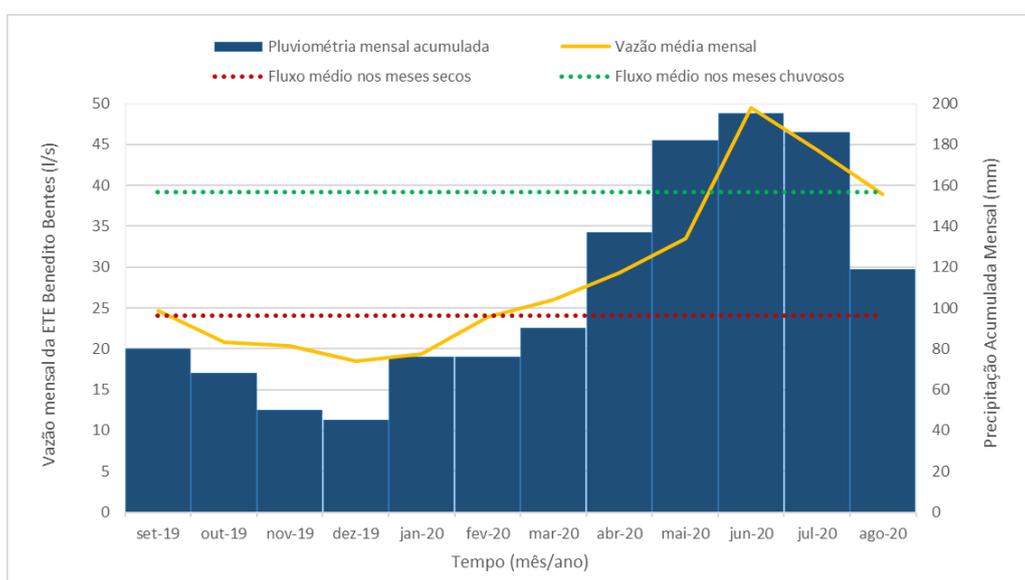
Os principais indicadores de qualidade a serem analisados foram os estabelecidos na resolução CONAMA 430, os quais são: pH, que deve permanecer entre 5 e 9; temperatura que deve ser inferior a 313 K, e DBO com um máximo limite de 120 mg/L ou carga orgânica mínima de remoção de 60% (CONAMA, 2011). Dessa maneira, os dados foram divididos em dois grupos, de acordo com a categorização dos períodos (chuvosos e secos), considerou os registros entre setembro a março de 2019 e o mês de agosto de 2020 para o período seco e de abril a julho de 2020 para o período chuvoso, a fim de identificar variações significativas entre meses chuvosos e secos para os parâmetros estudados (pH, temperatura e DBO).

RESULTADOS

A comparação entre as entradas e saídas do fluxo médio quando as médias dos valores de pH, temperatura, DBO e eficiência do tratamento estação foi realizada em meses chuvosos e secos, a fim de identificar quaisquer diferenças significativas que se quantificam a influência da água da chuva sobre o esgoto da bacia de captação sistema. Nesse sentido, na Figura 2, é possível observar o fluxo mensal, a precipitação acumulada mensal e a taxa de fluxo média dos meses secos e chuvosos. A vazão média da ETE foi 24,08 L/s nos meses secos e cerca de 39,16 L/s em meses de chuva, um aumento de 162,66%, contudo, não foi observado extrapolação da capacidade máxima do sistema no período analisado, isso se deve ao baixo número de usuários conectados ao sistema de coleta, devido ao curto tempo operação da ETE.

Segundo Branco (2015), esse procedimento é comum e necessário para o bom funcionamento do sistema de tratamento, por não alterar significativamente o funcionamento da estação. Sendo definidos para o controle da entrada do fluxo na ETE, a monitorização do funcionamento e manutenção de todos os componentes de tratamento.

Figura 2: Fluxo de entrada, precipitação e fluxo médio mensais.



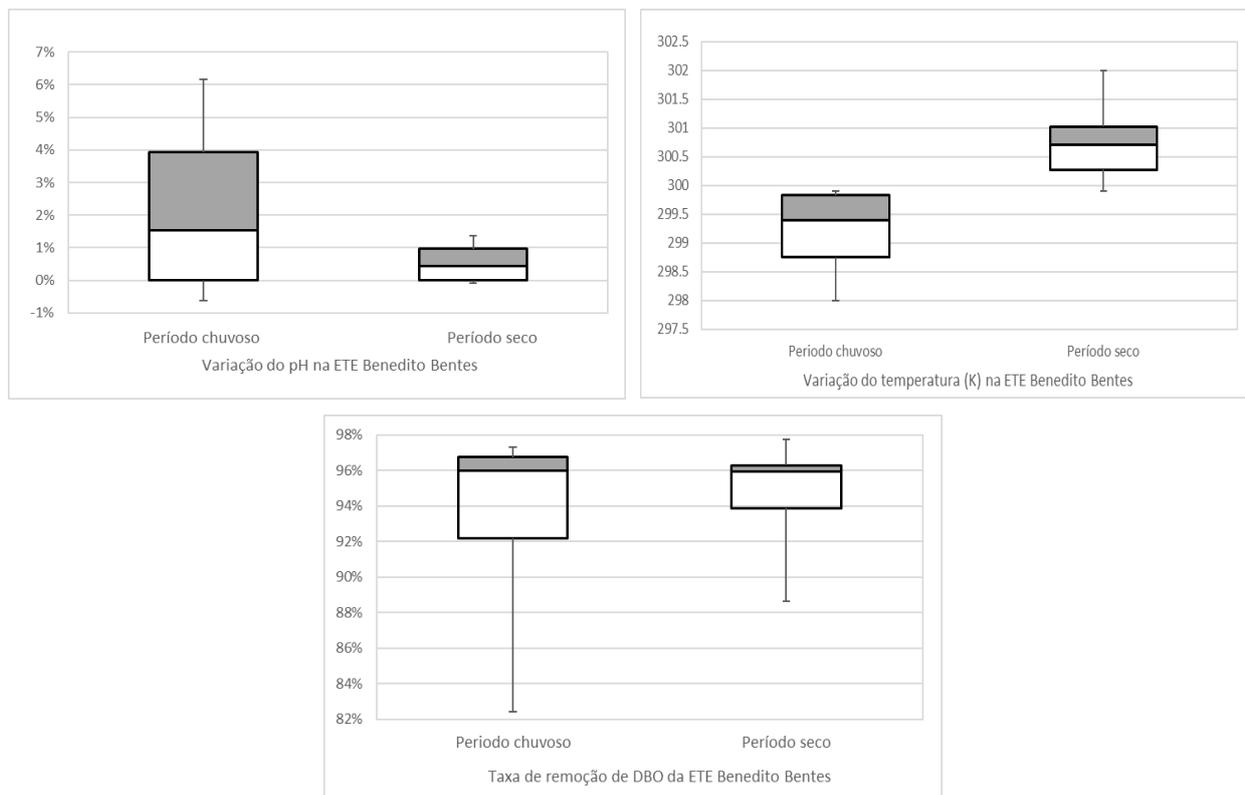
Os valores de pH indicaram que os meses secos tiveram mais afluente e efluente ácidos do que os dias chuvosos, ainda, observou que os dados dos afluentes analisados eram mais ácidos do que o efluente, devido ao esgoto tratamento em si, que neste caso é aeróbia, com uma tendência para se tornar mais alcalina.

A Figura 3 mostra as taxas dos pH, temperatura, e indicadores de DBO na saída da ETE Benedito Bentes nos meses secos e chuvosos. A partir do boxplot, é possível perceber que ocorreu

maior dispersão dos resultados, podendo inferir que a acidez do efluente foi ligeiramente reduzida, devido à intrusão da água da chuva, mas sem ocorrer alteração na colônia de bactérias presentes no esgoto (Zoppas *et al.*, 2016).

Os valores encontrados para o pH do efluente estão de acordo com resultados de outros estudos (Góis *et al.*, 2016; Senturk e Buyukgungor, 2017), onde este valor começa como ácido no início do processo de tratamento e naturalmente evolui para a fase alcalina. O pH valor normalmente varia a partir de 6 para 8 no seu natural estado, e pode mudar dependendo sobre o tipo de tratamento (Braile e Cavalcanti, 1993).

Figura 3: Boxplot dos indicadores avaliados para o tratamento de efluente da ETE do BB.



Para este estudo, as temperaturas registadas na saída em meses seco em relação aos chuvosos dias são não significativamente diferentes. Suas médias e medianas são próximas a 302,74 K e o primeiro e o terceiro quartis variam de 300,28K a 301,03K. Isto é por causa da baixa temperatura de variação em seco dias (típico da região) e o fluxo de saída a partir do tratamento do processo, que regula a temperatura devido à sua libertação para a água receptor corpo. Em meses chuvosos, a temperatura é reduzida, com a média e mediana próxima a 299,16K e o 1º e 3º quartis próximos a



298,75K e 299,83K. No presente caso, a temperatura do efluente é influenciada mais pelas contribuições de chuva.

As diferenças consideráveis de tratamento entre os períodos de inverno e verão devem ser consideradas em regiões que existe variações de temperatura significativas. Shatat e Najar (2011) identificou que aquecimento do afluente pode melhorar a eficiência do processo, em que temperaturas próximas 303K melhorar a remoção da carga orgânica e temperaturas de 313K a 323K mostram uma melhoria na remoção de outros elementos, tais como: nitrato, amônia, fosfatos e sólidos suspensos.

A média de DBO do afluente nos meses secos era 318,48 mg/L, enquanto que nos chuvosos foi de 368,25 mg/L, diferença de menos de 14%. Os valores de DBO para saída do efluente apresentaram média de 16,45 mg/L nos meses secos e 32,55 mg/L nos chuvosos. O aumento da vazão devido à combinação de esgoto e água da chuva fez com que as concentrações de carga orgânica aumentassem levemente, tanto na entrada quanto na saída do sistema, e causou aumento da variabilidade desse parâmetro no efluente, conforme boxplots da Figura 3.

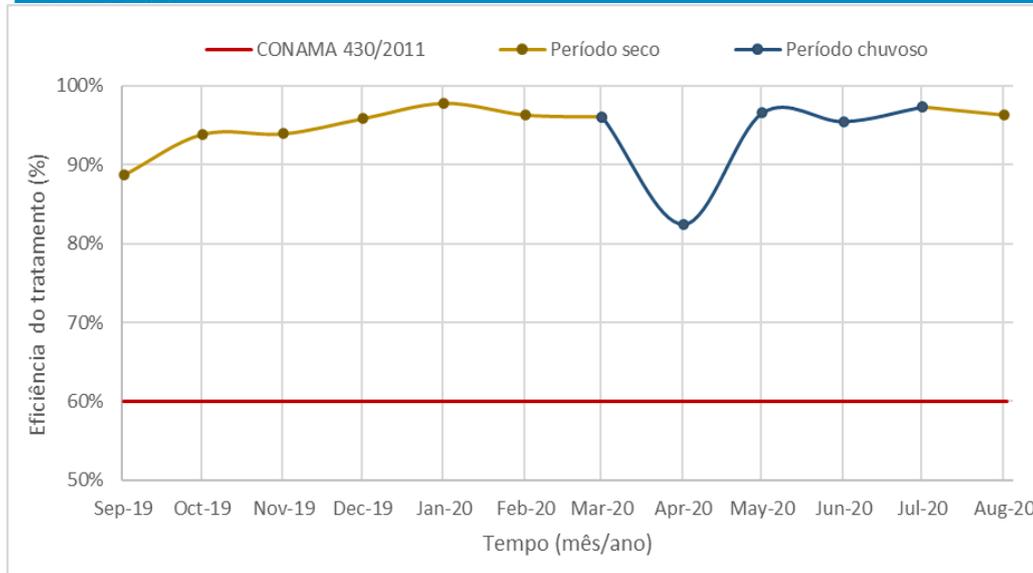
Segundo Ávila *et al.* (2013), no início de uma precipitação, ocorre o aumento da concentração de DBO no afluente, devido ao arrastamento dos contaminantes presentes na superfície do ambiente e em seguida, acontece a redução ao longo do tempo, conforme ocorre o aumento do fluxo e a diluição da concentração da carga orgânica, podendo afetar significativamente a eficiência do tratamento.

A eficiência de efluente tratamento na ETE Benedito Bentes pode ser vista na Figura 4, onde a sua análise considera os dois períodos distintos (seco e chuvoso). Nos meses analisados, os valores de eficiência medidos na estação demonstraram regularidade, conseguindo inclusive reduções de carga orgânica acima de 82%. Considerando-se a todo estudo, nos meses secos, a unidade média eficiência foi 94,82%, enquanto que nos meses chuvosos, a média foi de 92,94%.

Ainda, é possível verificar que os meses setembro de 2019 e abril de 2020 destoam da média do período analisado, sendo a diminuição da taxa de eficiência no mês de setembro justificada por oscilações devido ao início da operação do sistema. Já no mês de abril, é possível visualizar certa anomalia, entretanto, não foi possível obter subsídios para explicar o evento.

Saliba e von Sperling (2017) encontraram resultados semelhantes para o desempenho da remoção de carga orgânica do sistema de lodo ativado. Os autores demonstraram que a eficiência de este tipo de tratamento é não influenciada por intrusão de drenagem de água para o sistema de recolha de águas residuais, apesar do aumento significativo do fluxo entre chuvosos estações e secos.

Figura 4: Eficiência do efluente tratado, com dias chuvosos destacados em azul.



CONCLUSÕES

Do exposto neste estudo, pode-se concluir que os resultados inferem que existe uma ligação entre os sistemas de drenagem pluvial e os sistemas de coleta de esgoto, visto que a vazão de entrada da ETE aumenta cerca de 38,73% quando comparadas as médias para meses chuvosos e secos.

A precipitação aumenta ligeiramente as concentrações de DBO no afluente e no efluente. Na entrada da ETE, a temperatura do efluente foi ligeiramente menor em chuvosos dias e os pH valores foram ligeiramente alcalinizadas. No entanto, essas mudanças não foram suficientes para interferir na eficácia do processo de tratamento.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Koppen's (2013) Climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728.
- APHA – American Public Health Association, AWWA – American Water Works Association, WPCF – Environment Federation (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, Washington, DC.
- APHA – American Public Health Association. (2012). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 22 nd ed., Washington, American Public Health Association Pub.
- ÁVILA, C.; SALAS, J. J.; MARTÍN, I.; ARAGÓN, C.; GARCÍA, J. (2013) Integrated treatment of combined sewer wastewater and stormwater in a hybrid constructed wetland system in southern Spain and its further reuse. *Ecological Engineering*, v. 50, p. 13-20. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.08.009>, Jun de 2022
- BANCO MUNDIAL. (1993) *Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1993: investindo em saúde*. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.



BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. (1993) Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB. 764 p.

BRANCO, M. A. T. P. (2015) Descargas não controladas de efluentes por efeito de afluências indevidas. O caso de uma estação elevatória. 48p. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Lisboa, 2015.

CASAL – Companhia de Saneamento de Alagoas (2020). Disponível em: <https://www.casal.al.gov.br/2019/11/ete-benedito-bentes-e-inaugurada-e-vai-beneficiar-200-mil-pessoas-na-parte-alta-de-maceio/>, Jun de 2022.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2020). Disponível em <https://www.cemaden.gov.br>, Jun de 2022.

Em: <https://eaud.cgu.gov.br/relatorios>, Jun de 2022.

CONAMA (2011). Resolução nº 430 de 13 de maio 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial Da União: seção 1, Brasília, DF, n. 92, p. 89, 16 maio 2011.

GÓIS, F. A.; SOUZA, G. A.; OLIVEIRA, M. J.; LIMA, R. S.; KOSLOWSKI, L. A. D. (2016) Análise da qualidade da água quanto ao despejo industrial têxtil no rio dos índios. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 9, n. 5, p. 15-27.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/>, Jun de 2022.

JAMWAL, P.; ZUHAIL, T. Md.; URS, P. R.; SRINIVASAN, V.; LELE, S. (2015) Contribution of sewage treatment to pollution abatement of urban streams. Current Science, v. 108, n. 4, p. 677-685.

MINES, R. O.; LACKEY, L. W.; BEHREND, G. R.; (2007) The impact of rainfall on flows and loadings at Georgia's wastewater treatment plants. Water, Air, and Soil Pollution, v. 179, p. 135-157. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-006-9220-0>, Jun de 2022.

OMS – Organização Mundial da Saúde (2018). Estatísticas mundiais de saúde 2018: Monitoramento da saúde para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Genebra, Suíça.

PINHO, V. N.; MEDEIROS, I. R.; CARNAÚBA, F. M.; NASCIMENTO, A. A.; BRITO, P. L. C. (2010). “Análise da Distribuição da Frequência de Precipitação em Diferentes Intervalos de Classes para Maceió – Alagoas”. In Anais do XVI CBMET – Congresso Brasileiro de Meteorologia, Belém – PA.

RIBEIRO, V. O.; PEIXOTO, M. S. (2018) Avaliação da contribuição pluvial parasitária no sistema de esgotamento sanitário efluente à ETE Guaxinim, Dourado/MS. Revista de engenharia e tecnologia, v. 10, n. 3, p. 144-155.

ROCHA, K. M.; SALAMONI, S. P.; SANTOS, R. H.; GOLDBACH, A. (2016) Monitoramento e avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de uma estação de tratamento de efluentes com sistema de lodos ativados em uma agroindústria no meio oeste de Santa Catarina. Revista de Engenharia Civil IMED, v. 3, n. 1, p. 25-36. Disponível em: <https://doi.org/10.18256/2358-6508/rec-imed.v3n1p25-36>, Jun de 2022.



SALIBA, P. D.; von SPERLING, M. (2017) Performance evaluation of a large sewage treatment plant in Brazil, consisting of a UASB reactor followed by activated sludge. *Water Science & Technology*, v. 76, n. 8. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wst.2017.284>, Jun de 2022.

SHATAT, M.; NAJAR, H. A. (2011) The impacts of temperature variation on wastewater treatment in the Gaza Strip. Gaza wastewater treatment plant as case study. In: *WATER AND CLIMATE CHANGE IN THE MENA-REGION: ADAPTATION, MITIGATION, AND BEST PRACTICES*, April 28–29, Berlin. Proceedings [...] Berlin: GIZ, 2011. p. 1-12.

SENTURK, I.; BUYUKGUNGOR, H. (2017) Biohydrogen Production by Anaerobic Fermentation of Sewage Sludge – Effect of initial pH. *Environmental and Ecology Research*, v. 5, n. 2, p. 107-111. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.13189/eer.2017.050204>, Jun de 2022.

TONETTI, A. L.; CORAUCCI FILHO, B.; NICOLAU, C. E.; BARBOSA, M.; TONON, D. (2017) Tratamento de esgoto e produção de água de reuso com emprego de filtros de areia. *Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17, n. 3, p. 287-294, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000300005>, Jun de 2022.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, A. (2016) Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 1, p. 29-42. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100134682>, Jun de 2022.