



INFLUÊNCIA DO LANÇAMENTO DE EFLUENTE TRATADO PROVENIENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NAS CONCENTRAÇÕES DE FÓSFORO EM RIO DO SEMIÁRIDO

Francisco Wedson Faustino⁽¹⁾

Engenheiro ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Juazeiro do Norte, com período sanduíche (Intercâmbio) no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal. Pós-graduando em Desenvolvimento Regional Sustentável na Universidade Federal do Cariri (UFCA).

Germário Marcos Araújo⁽²⁾

Professor efetivo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) Campus Juazeiro do Norte. Graduado em Recursos Hídricos/Saneamento Ambiental pelo Instituto Centro de Ensino Tecnológico do Cariri (2001), Mestrado em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2004) e Doutorado em Engenharia Civil (Recursos Hídricos - CAPES 7) pela Universidade Federal do Ceará (2016).

Endereço⁽¹⁾: Rua Paulo Quindere de Jesus, 46 - Norte – Missão Velha - Ceará - CEP: 63200-000 - Brasil - Tel: +55 (88) 99268-3610 - e-mail: fwfaustino@protonmail.com.

RESUMO

O fósforo é um elemento essencial para as diversas formas de vida do planeta, contudo, pode ocasionar sérios problemas ambientais em ecossistemas aquáticos. Dessa forma, as ETEs apresentam uma grande relevância na tentativa de mitigar tais impactos ambientais, mas nem todas as tecnologias exibem eficiência significativa na remoção de fósforo. Nesse contexto, o presente estudo objetivou analisar as concentrações de fósforo total no emissário da ETE Malvas (Sistema de Lagoas de Estabilização) e pontos estratégicos no Rio Salgadinho, ambos localizados no município de Juazeiro do Norte, Ceará. Para tanto, após a obtenção dos resultados, empregou-se análises estatísticas para melhor compreensão do comportamento do fósforo nos pontos amostrais. Diante dos resultados obtidos, não foram observadas influências estatísticas do efluente tratado no Rio Salgadinho, no mínimo, nos testes aplicados, especialmente, por esse corpo hídrico apresentar a qualidade da água comprometida. Destaca-se, ainda, que o trecho do Rio estudado demanda uma intervenção urgente para mitigar a elevada carga de fósforo no local.

PALAVRAS-CHAVE: ETE Malvas. Sazonalidade. Juazeiro do Norte.

INTRODUÇÃO

O fósforo consiste em um elemento químico fundamental para todas as formas de vida do planeta, sendo utilizado para produzir fertilizantes a partir das reservas geológicas de fosfato, o que supriu a “Revolução Verde” (ELSER E BENNETT, 2011). Nesse cenário, devido a aplicação demasiada de fertilizantes, tal componente químico pode ser transportado em direção a ambientes de água doce e salgada (PEÑUELAS et al., 2013), dessa forma, prejudicando a qualidade hídrica, considerando também os ecossistemas marinhos (ELSER e BENNETT, 2011).

Salienta-se, ainda, que conhecer as atividades que influenciam na qualidade hídrica de uma bacia hidrográfica, especialmente em regiões semiáridas, em decorrência da intermitência de seus rios, torna-se um fator fundamental para os tomadores de decisão e gestores no âmbito dos recursos hídricos (LIMA, MAMEDE, LIMA NETO, 2018). Por mais, pontua que dentre os impactos ambientais decorrentes do elevado aporte de nutrientes, em especial o fósforo, em sistemas aquáticos, encontra-se a eutrofização.

O fenômeno da eutrofização pode ser caracterizado como a elevação das concentrações de nutrientes em um determinado ambiente aquático, o que ocasiona a proliferação de plantas aquáticas e demais organismos no sistema, principalmente as algas, que demandam da contribuição de nutrientes para o seu desenvolvimento, por exemplo, fósforo e nitrogênio (VON SPERLING et al., 2009).

Ademais, dentre as principais fontes de contribuições para nutrientes nos corpos hídricos encontram-se os efluentes. Nessa perspectiva, no momento hodierno, ocorre uma grande preocupação em conter a entrada de compostos de fósforo que penetram nas águas a partir de efluentes industriais, domésticos e escoamento superficial (METCALF e EDDY, 2016).

Nesse cenário, de degradação do ambiente, entra em cena as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) na tentativa de mitigar os impactos ambientais. A ETE caracteriza-se como parte operacional pertencente ao sistema de esgotamento sanitário, apresentando como objetivo a remoção de cargas poluentes presentes no esgoto doméstico, por meio de mecanismos químicos, físicos e/ou biológicos, sendo, o efluente tratado, lançado no corpo receptor após atingir conformidade em relação as exigências da legislação ambiental (GARSS, 2019).

Dentre as diversas tecnologias que podem compor uma ETE, encontra-se as Lagoas de Estabilização. Esses sistemas, caracterizam-se como bacias rasas de grande porte contornadas por taludes de terra, no qual as águas residuárias são submetidas ao tratamento por algas e bactérias de forma natural (MEDEIROS, 2019). Ademais, salienta que essas lagoas artificiais utilizam, além dos fatores biológicos (bactérias e algas), fatores climáticos (tais como insolação e vento) para depurar o efluente, imitando o que ocorreria em uma autodepuração natural, porém, com características controladas e elevado tempo de detenção hidráulico (ALMEIDA, 2017).

As Lagoas de Estabilização apresentam um grande destaque na Região Semiárida Brasileira por apresentar baixo custo de operação, uma vez que a maioria dos municípios apresentam limitações orçamentária. Contudo, essa tecnologia nem sempre apresenta uma eficiência adequada na remoção de alguns constituintes do efluente a ser tratado, a citar, o fósforo, que caso esteja em concentrações superiores ao recomendado pelas legislações ambientais, pode gerar sérios impactos ambientais, conforme já mencionado. Ademais, o problema é ainda mais preocupação na região pelo fato da maioria dos corpos hídricos serem intermitentes com baixa vazão.

OBJETIVO

Diante do exposto, o presente estudo tem por objetivo avaliar a influência do efluente tratado da ETE Malvas, localizada no município de Juazeiro do Norte, no Semiárido Brasileiro, nas características do Rio Salgadinho.

METODOLOGIA

Caracterização da área

O município de Juazeiro do Norte localiza-se no sul do estado do Ceará, na região denominada Cariri, limitando-se aos municípios de Caririáçu, Barbalha, Crato e Missão Velha (Figura 01). A população no último censo do IBGE (2010) consistia em 249.939 habitantes, atingindo densidade demográfica de 1.004,45 hab.km⁻², já sua estimativa populacional para 2021 é de 278.264 pessoas (IBGE, 2021).

Relacionado as características ambientais, Juazeiro do Norte apresenta clima Tropical Quente Semiárido e Tropical Quente Semiárido Brando, com pluviosidade anual estimada de 925,1 mm, caracterizando o período chuvoso no intervalo entre janeiro e maio, por sua vez, a temperatura compreende-se entre 24 a 26 °C (IPECE, 2017). Para os componentes principais, apresenta relevo Chapada do Araripe e Depressões Sertanejas, solos Aluviais e Podzólico Vermelho-Amarelo e vegetação Floresta Caducifolia Espinhosa, sendo inserido, seu território, na Bacia do Salgado (IPECE, 2017).

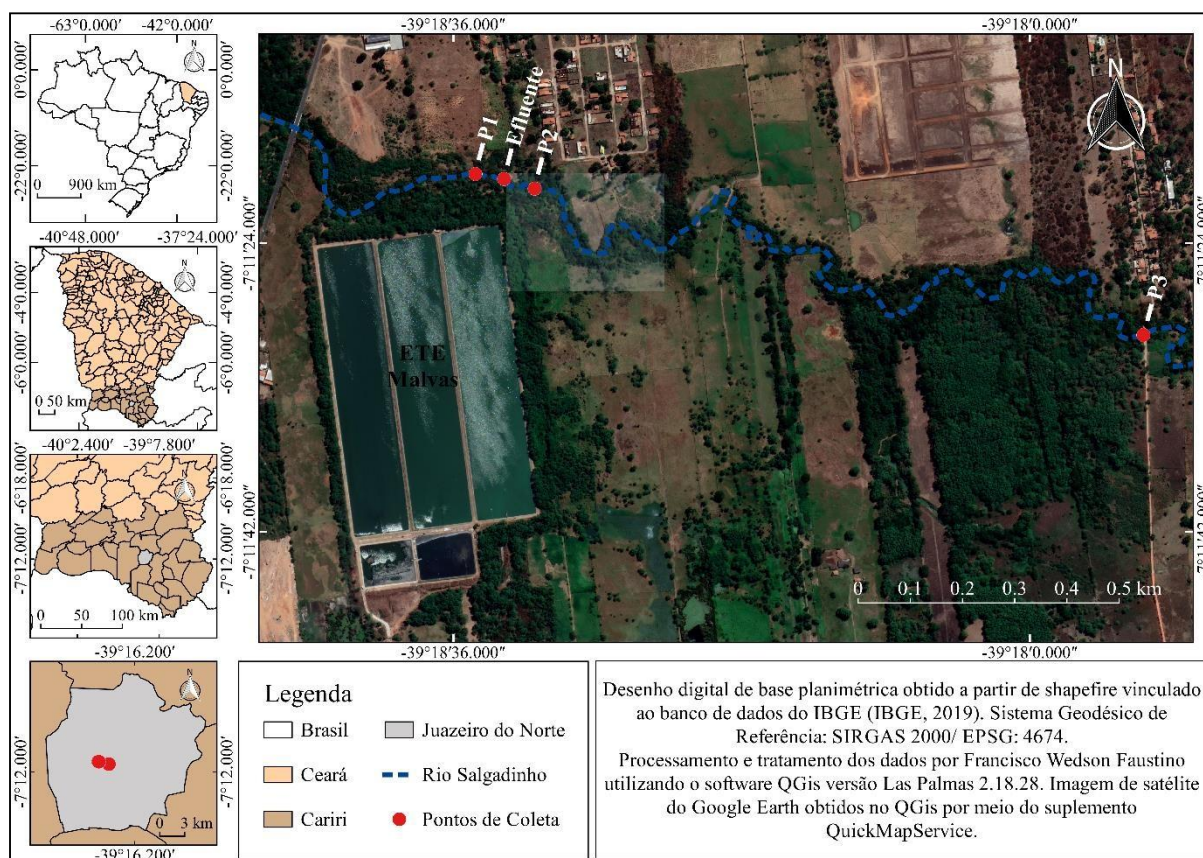


Figura 01: Localização geográfica dos pontos de coleta no Rio Salgadinho.

Coleta das amostras

As amostras foram coletadas nos pontos demarcados na figura 1. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes de isopor e transportadas para o Laboratório da Engenharia Ambiental e Sanitária (LEAS) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Juazeiro do Norte, onde foi realizada as análises de fosforo total pelo método do ácido ascórbico, utilizando a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, AWWA e WEF, 2012).

Classificação dos meses chuvosos e secos

Com o intuito de classificar cada mês analisado em seco e chuvoso para buscar determinar uma influência sazonal da ETE Malvas no curso d'água em estudo, fez-se uso da metodologia proposta por Gregory (1979) e reproduzida por Moura et al. (2015), onde é utilizada a mediana da série histórica como limiar entre essas duas classes.

Para tanto, o estudo considerou uma série histórica de 43 anos (1974-2016). Os dados foram coletados do posto pluviométrico do bairro Lagoa Seca, no município de Juazeiro do Norte, por apresentar a maior consistência nos dados, diretamente na plataforma de banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

Análises estatísticas

Para as análises estatísticas, utilizou-se o *software* SPSS Statistics versão 20, desenvolvido pela empresa International Business Machines Corporation – IBM. De início, verificou-se a normalidade dos dados por meio do teste Shapiro's Wilk com nível de significância de 5%. Pelo fato de os dados não apresentarem uma distribuição normal, empregou-se a matriz de correlação de Spearman e Cluster Hierárquico para analisar a relação entre o emissário da ETE Malvas e os pontos de amostragem no Rio Salgadinho.

RESULTADOS OBTIDOS

Em relação a caracterização dos períodos secos e chuvosos para os meses de estudo, observa-se que janeiro, fevereiro, março, abril e novembro de 2017 foram meses chuvosos, uma vez que a precipitação foi superior a 66,42 mm (valor da mediana da série histórica de 43 anos), conforme pode ser visualizado na Figura 2. Por sua vez, os meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro foram classificados como meses secos (Precipitação inferior a 66,42 mm) (Figura 2).

Considerando a variação nas concentrações de fósforo nos pontos amostrais, verifica-se, visualmente, menores valores para esse nutriente no início do ano, com concentração mínima de: 0,15 mgP.L⁻¹ para o P1; 0,17 mgP.L⁻¹ para o P2; e 0,18 mgP.L⁻¹ para o P3, ambos os valores observados na primeira coleta de fevereiro. Já o efluente apresentou o menor valor na 9ª coleta, ocorrida no mês de junho, atingindo concentração de 0,22 mgP.L⁻¹. Relacionado aos maiores valores, estes foram identificados no segundo semestre de coletas, com: 4,37 mgP.L⁻¹ para o P1 em outubro; 5,05 mgP.L⁻¹ para o efluente, também em outubro; 5,90 mgP.L⁻¹ em relação ao P2 em novembro; e 5,92 mgP.L⁻¹ para o P3 também em novembro.

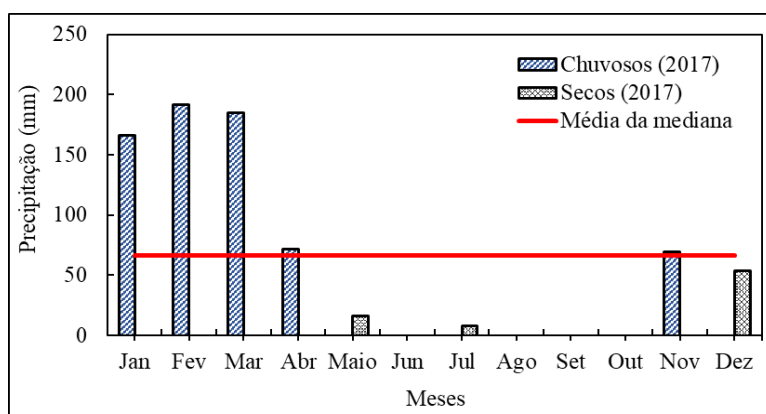


Figura 2: Classificação dos meses secos e chuvosos de 2017 no município de Juazeiro do Norte.
Fonte: Autor, 2022.

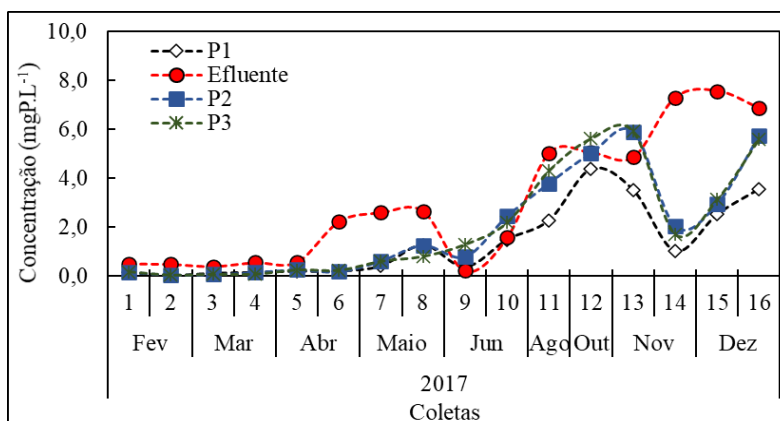


Figura 3: Variação das concentrações de fósforo total em mgP.L⁻¹ no Rio Salgadinho.
Fonte: Autor, 2022.

Para verificar as relações estatísticas entre o efluente e o corpo hídrico, de início, empregou-se as matrizes de correlação de Spearman. Considerando todos os dados, sem distinção entre período seco e chuvoso, observa-se correlações estatisticamente significativas entre os pontos de coleta, sendo o efluente apresentando maior valor para coeficiente de Spearman quando comparado ao P1 (Tabela 1). Para os meses chuvosos, verifica-se, mais uma vez, correlações estatisticamente significativas entre o efluente os demais pontos de amostragens, com maior coeficiente de Spearman do efluente com o P1, fato também evidenciado em relação aos meses secos, contudo, nesse último período, as correlações apresentaram menores intensidade.

Tabela 1: Resultados da matriz de correlação de Spearman.



Considerando todos os dados				
	P1	Efluente	P2	P3
P1	1,000	0,812	0,974	0,968
Efluente	0,812	1,000	0,771	0,741
P2	0,974	0,771	1,000	0,994
P3	0,968	0,741	0,994	1,000
Período Chuvoso				
	P1	Efluente	P2	P3
P1	1,000	0,952	0,952	0,952
Efluente	0,952	1,000	0,905	0,905
P2	0,952	0,905	1,000	1,000
P3	0,952	0,905	1,000	1,000
Período Seco				
	P1	Efluente	P2	P3
P1	1,000	0,833*	0,929**	0,905**
Efluente	0,833	1,000	0,738*	0,643
P2	0,929**	0,738*	1,000	0,952**
P3	0,905**	0,643	0,952**	1,000

Fonte: Autor, 2022.

Por último, aplicou-se os clusters hierárquicos, nessa análise, verifica-se uma divisão dos pontos de amostragens em dois grupos, tanto para o período chuvoso como para o período seco, sendo verificado o efluente isolado do grupo composto pelo P1, P2 e P3 (Figura 4). Além disso, observa-se uma maior proximidade do P2 com o P3 (Figura 4).

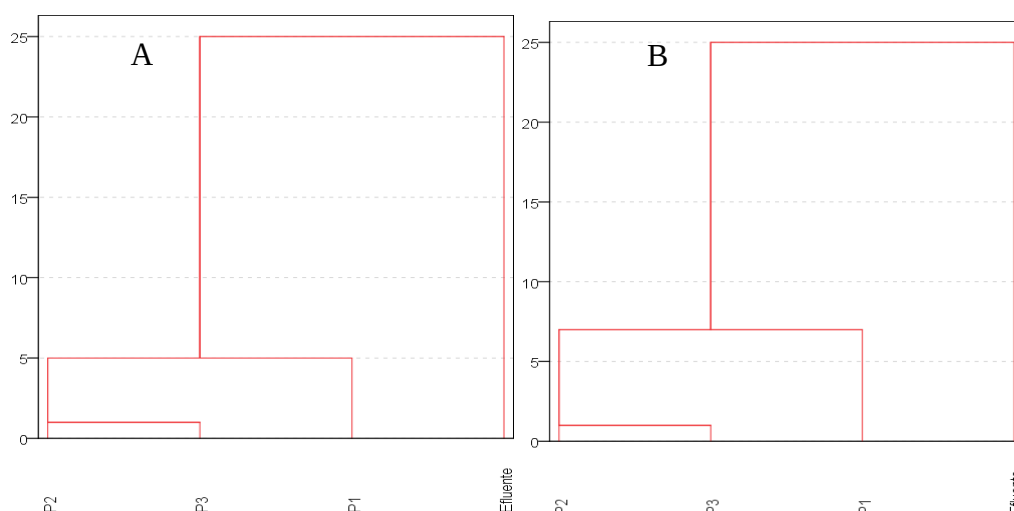


Figura 4: Análise de Cluster Hierárquico para os períodos chuvoso (A) e seco (B).

Fonte: Autor, 2022.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Notadamente, os cursos hídricos vêm sendo utilizados na destinação dos efluentes e resíduos produzidos em grandes cidades do Brasil, ocasionando, assim, alterações na qualidade da água de forma permanente, nas últimas décadas (PEREIRA E BARBOSA, 2019). Nesse contexto, analisar a influência das estações de tratamento de esgoto na qualidade da água do corpo receptor, torna-se de extrema relevância, especialmente nas regiões semiáridas, devido a intermitência dos rios.

Assim, diante do exposto nos resultados, verifica-se uma variação das concentrações de fósforo relacionados a precipitação, especialmente, para os pontos de coleta no rio Salgadinho (P1, P2 e P3), sendo a relação nas concentrações do efluente ocorrendo de forma tímida. Ainda mais, visualmente, não foi possível identificar uma relação entre as concentrações de tal nutriente no efluente e no corpo hídrico.

Salienta-se que essa variação sazonal pode não ser confirmada estatisticamente, como observado por Soares, Cruz e Silva (2019) ao analisar um trecho do Rio Parnaíba, divisor geográfico dos municípios de Teresina (Piauí) e Timon (Maranhão), onde os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações de fósforo para os períodos secos e chuvosos.

Os menores valores de fósforo total no efluente durante o período chuvoso pode está relacionado a uma diluição do mesmo, fato similar aos achados de Medeiros et al. (2019) que ao analisarem o efluente tratado da ETE de Rio Verde, no estado de Goiás, composto por um sistema de lagoas de estabilização, observaram menores valores médios para poluentes, a exemplo do fósforo total, no mês que apresentou menor precipitação, indicando uma diluição do resíduo, durante o período amostral.

Ainda, observa-se, visualmente, menores concentrações nos meses chuvosos, a citar, fevereiro, março e abril. Ademais, os meses secos de maio, junho, agosto e outubro apresentaram elevação nas concentrações de fósforo. Por outro lado, o mês chuvoso de novembro apresentou uma redução das concentrações de fósforo nos pontos localizado no rio Salgadinho que voltaram a se elevar em dezembro (mês seco), já o ponto do emissário da ETE Malvas (Efluente) apresentou uma tendencia de elevação em novembro e dezembro (Figura 3).

Nessa perspectiva, ressalta-se que regiões semiáridas exibem particularidades em relação a dinâmica hídrica ao longo do ano, decorrente de classificação mundial, os rios de ambientes semiáridos detêm os mais baixos índices de continuidade, em decorrência da intermitência da conectividade entre montante e jusante, a meio do rio e áreas ribeirinhas adjacentes e/ou planície de inundação, a interrupção vertical das águas subterrâneas e a interrupção temporal devido a interferência sazonal (FREIRE, 2020).

Para mais, constata-se concentrações de fósforo total próximas entre o emissário da ETE Malvas e o ponto a montante no Rio, dessa forma, em relação a todos os dados, assim, não pode ser confirmada uma influência da estação de tratamento de esgoto na qualidade da água do corpo receptor para esse parâmetro, de forma visual.

Esse fato também foi corroborado pelas matrizes de correlação de Spearman, na qual o efluente apresentou uma correlação estatisticamente significativa com todos os pontos, inclusive, com o P1 que se encontra a montante da ETE Malvas. Esses dados indicam que a qualidade hídrica do Rio Salgadinho se encontra bastante deteriorada, em que mesmo sendo lançado um efluente rico em fósforo, esse apresenta características, para fósforo total, próximas das encontradas no trecho do rio sem contato com tal resíduo.

Esse fato também é confirmado ao verificar a legislação vigente, no caso da CONAMA 357/2005 (CONAMA, 2005), considerando o rio como ambiente lótico de classe 2, levando em consideração o Art. 42 da Resolução do CONAMA 357/05, o valor máximo permitido para fósforo total é de apenas $0,1 \text{ mgP.L}^{-1}$. Entretanto, considerando o P1 que teoricamente não apresentou contato com o efluente tratado, mesmo o valor mínimo superou as recomendações da CONAMA, ao atingir $0,15 \text{ mgP.L}^{-1}$, por sua vez, o máximo deteve concentração impressionante de $4,37 \text{ mgP.L}^{-1}$. Indicando, assim, um grande comprometimento da qualidade hídrica do Rio Salgadinho.

Um dos pontos que pode influenciar na qualidade hídrica do rio salgadinho é a falta de gestão eficiente, fato observado por falta de uma classificação oficial para o ambiente. Nesse tocante, destaca-se que o Estado do Ceará, até então, não realizou enquadramentos dos seus corpos hídricos (LIMA, MAMEDE E LIMA NETO, 2018). Para mais, ressalta-se que uma falta de planos de gestão eficiente e integrado dos recursos de água favorece a perpetuação de problemas ambientais relacionados a esses ambientes, gerando, por conseguinte, a elevação dos conflitos pelo uso da água e redução da oferta de tal recurso (PEREIRA, PAZ E BARBOSA, 2019).

Além disso, é relevante pontuar que, mesmo o rio encontra-se deteriorado, o efluente apresenta uma grande quantidade de fósforo, conforme mencionado nos resultados, fazendo com que o mesmo apresente o potencial de causar impactos ambientais. Fato esse corroborado por Lima et al. (2020), que ao estudarem o mesmo trecho de estudo, também em 2017, verificaram que a ETE Malvas influencia na qualidade hídrica do rio Salgadinho, favorecendo um ambiente em que a diversidade fitoplanctônica é reduzida.

Em razão dos resultados da análise de Cluster hierárquico, mesmo o efluente se encontrando em grupo distinto, o fato dos demais pontos, P1, P2 e P3, encontrar-se em outro grupo indica que mesmo depois do contato da ETE Malvas lançar seu efluente rico em fósforo, o trecho não altera suas características para esse nutriente de forma estatisticamente representativa. Assim, confirma-se mais uma vez, uma deterioração da qualidade hídrica do trecho em estudo.

CONCLUSÕES

Diante do exposto, verifica-se que o efluente da ETE Malvas contém concentrações, relativamente, altas de fósforo total, porém, pelo fato do Rio Salgadinho apresentar acentuada poluição, considerando esse nutriente, não sofreu influências estatísticas do efluente tratado, no mínimo, nos testes aplicados. Para mais, recomenda-se um período amostral maior e aplicação de outros testes estatísticos.

Pelos resultados obtidos, destaca-se que o trecho do Rio estudado demanda uma intervenção urgente para mitigar a elevada carga de fósforo no local, poluição essa que tem o potencial de causar danos ambientais importantes, tanto in loco quanto em outras regiões submetidas ao contato com as águas desse corpo hídrico. Ainda mais, sugere-se que estudos que considerem outros parâmetros e vazão do rio sejam realizados, para confirmações mais assertivas, sobretudo pela importância dos recursos hídricos em regiões semiáridas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association; WEF – Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC: APHA, 2012.
2. ALMEIDA, Anderson Ruan Gomes de. Remoção de matéria orgânica e calibração de um modelo de remoção de amônia em uma série de lagoas de estabilização em escala real. 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
3. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Nº 357. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Diário Oficial da União, Brasília, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em:
4. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2018
5. ELSER, James; BENNETT, Elena. A broken biogeochemical cycle. Nature, [S.L.], v. 478, n. 7367, p. 29-31, out. 2011. <http://dx.doi.org/10.1038/478029a>.
6. FREIRE, Letícia Lacerda. Variação sazonal e interanual da qualidade das águas de rios do Semiárido Brasileiro. 2020. 160 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
7. GARSS, Carlos Fabiano Alteneta. Estudo de viabilidade econômica para atendimento do parâmetro fósforo na Estação de Tratamento de Esgoto São João - Navegantes - DMAE. 2019. 53 f. Monografia (Projeto tecnológico) - Curso de Química Industrial, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
8. GREGORY, S. The definition of wet and dry periods for discrete regional units. Weather, [S. l.], v. 34, n. 9, p. 363-369, set. 1979.
9. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Município_2018. 2019. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2018/. Acesso em: 07 abr. 2020.
10. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Juazeiro do Norte. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>. Acesso em: 17 dez. 2021.



11. IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Municipal 2017: Juazeiro do Norte. Fortaleza: IPECE, 2018. 18 p. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Juazeiro_do_Norte_2017.pdf. Acesso em: 05 jun. 2021.
12. LIMA, Berthyer Peixoto; MAMEDE, George Leite; LIMA NETO, Iran Eduardo. Monitoramento e modelagem da qualidade de água em uma bacia hidrográfica semiárida. Engenharia Sanitaria e Ambiental, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 125-135, fev. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018167115>.
13. LIMA, Marise Daniele Maciel; SANTOS, Maria Aparecida Pereira; RANGEL JUNIOR, Adjuto; SANTOS, Yannice Tatiane da Costa. Influência do efluente tratado sobre o fitoplâncton em trecho urbanizado de rio em Juazeiro do Norte, Ceará. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 83-92, 1 jan. 2020. Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v15i1.6942>.
14. MEDEIROS, Victor Souza; SALEH, Bruno Botelho; AGUIAR, Ana Carolina Ribeiro; FURQUIM FILHO, Cleidionaldo Silva; ALVES, Wellmo dos Santos; MIRANDA, Rafael Abreu; AQUINO, Davi Santiago. Verificação da conformidade da qualidade do efluente da estação de tratamento de esgotos de Rio Verde – GO. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 814, 4 abr. 2019. <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019814-831>.
15. METCALF, L.; EDDY, H. P.; Tradução: HESPANHOL, I.; MIERZWA, J. C. Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016. 1985 p.
16. MOURA, Ícaro Jael Mendonça; SANTOS, Daiane Fabrício dos; PINHEIRO, Francisco Geraldo de Melo; OLIVEIRA, Carlos Jacinto de. Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37, p. 03-07, 2015. DOI:10.5902/2179460X16206.
17. PEÑUELAS, Josep; POULTER, Benjamin; SARDANS, Jordi; CIAIS, Philippe; VELDE, Marijn van Der; BOPP, Laurent; BOUCHER, Olivier; GODDERIS, Yves; HINSINGER, Philippe; LLUSIA, Joan. Human-induced nitrogen–phosphorus imbalances alter natural and managed ecosystems across the globe. Nature Communications, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 1-10, dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.1038/ncomms3934>.
18. PEREIRA, Renato Alves; PAZ, Diogo Henrique Fernandes da; BARBOSA, Ioná Maria Beltrão Rameh. Redução da carga orgânica lançada em um trecho do rio capibaribe para atendimento à legislação ambiental. Revista Brasileira de Geografia Física, [S.L.], v. 12, n. 3, p. 837, 2 jun. 2019. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p837-847>.
19. SOARES, Rafael Diego Barbosa; CRUZ, Ronne Wesley Lopes; SILVA, Carlos Ernando. A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 5, n. 9, p. 16645-16674, 2019. Brazilian Journal of Development. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n9-204>.
20. VON SPERLING, Marcos; ANDRADE NETO, Cícero Onofre de; VOLSCHAN JÚNIOR, Isaac; FLORÊNCIO, Lourdinha. Impacto dos Nutrientes do Esgoto Lançado em Corpos de Água. In: MOTA, Francisco Suetônio Bastos; VON SPERLING, Marcos (coord.). Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: Abes, 2009. p. 26-51.