



Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

Avaliação da qualidade da água no Rio Grande no segmento entre estação de tratamento de esgoto do município de Barreiras – BA

Evaluation of the water quality of the Rio Grande in the segment between the sewage treatment plant of the city of Barreiras - BA

Varão, A. M.¹; Silva, P. G. F.¹; Virges, C. S.¹; Soares, A. P. A.²; Rego, E. L.³ ✉

¹ Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB, Barreiras, Bahia.

² Faculdade São Francisco de Barreiras - FASB, Barreiras, Bahia.

³ Universidade de Brasília – UnB, Brasília, Distrito Federal.

✉ alexandrevarao@gmail.com, carolainesantos.ifba@gmail.com, paulaalbernaz14@gmail.com, el.enoc.lima@gmail.com

Resumo

Palavras-chave:

Análises físico-químicas.
Metais.
Qualidade da água.
Estação de tratamento de esgoto.

A água é um elemento indispensável a vida humana. No entanto, ela deve apresentar um padrão de potabilidade para atender todas as necessidades dos seres vivos. O despejo de efluentes domésticos e industriais nos rios são um dos principais responsáveis pela contaminação da água por compostos orgânicos não degradáveis como os metais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar características físico-químicas e a presença e concentração de metais na seção do Rio Grande, investigando a estação de tratamento de esgoto como possível fonte de contaminação. A coleta das amostras de água do Rio Grande foi realizada no segmento entre a estação de tratamento de esgoto de Barreiras-Ba, as coletas das amostras foram realizadas em dois períodos sazonais (seco e chuvoso). Foi monitorado os parâmetros físico-químicos (TDS, condutividade, pH e salinidade), os metais (Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si, Sr, V e Zn) e os ânions (F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ e SO₄²⁻). Durante o período de estudo foi possível constatar que não houve variação dos valores de TDS, pH, condutividade e salinidade e que o mesmo foi percebido com os metais analisados. No que diz respeito aos parâmetros físico-químicos e metais analisados nesse estudo, os resultados mostraram dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005.

Keywords

Physico-chemical analysis.
Metals.
Water quality.
Sewage treatment station.

Abstract

Water is an indispensable element of human life. However, it must present a standard of potability to meet all the needs of living things. The disposal of domestic and industrial effluents in rivers is one of the main responsible for the contamination of water by non-degradable organic compounds such as metals. The present work aims to evaluate physical chemical characteristics and the presence and concentration of metals in the section of Rio Grande, investigating the sewage treatment plant as a possible source of contamination. The collection of water samples from Rio Grande was carried out in the segment between the sewage treatment plant at Barreiras-Ba, and the samples were collected in two seasonal periods (dry and rainy). It was monitored the physical-chemical parameters (TDS, conductivity, pH and salinity), metals (Al, Ba, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Si and Zn) and the anions (F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ and SO₄²⁻). During the study period, it was possible to verify that there was no variation of TDS values, pH, conductivity and salinity and that the same was observed with the analyzed metals. Regarding the physical-chemical parameters and metals analyzed in this study, the results showed within the limit established by the CONAMA resolution nº 357/2005.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i2.29552>

1. INTRODUÇÃO

A água é uma substância indispensável para os seres vivos, sendo amplamente utilizada para o consumo humano (QUEIROZ; OLIVEIRA, 2018; SOARES, 2018; FRAZÃO, 2018; DIPAK, 2017; PÉREZ, 2017). De acordo com a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que estabelece a Política Nacional de Recursos de Águas, a água é considerada de domínio público, com recursos naturais limitados, com uso prioritário em caso de escassez, para consumo humano e dessedentação de animais (BRASIL, 1997). Diante disso, a qualidade da água torna-se um parâmetro de grande relevância devido aos diversos contaminantes (poluentes agrícolas, urbanos e industriais) que vem dificultando esse recurso hídrico, causando o surgimento de diversas doenças em todas as formas de vida (BRITTO, 2018).

Entre os principais contaminantes da água estão os metais tóxicos provenientes da erosão geológica e desastres naturais através de precipitação e deposição atmosférica, ou através da liberação e transportação desses metais nos solos e sedimentos (AL SENANI; AL-FAWZAN, 2018). Fontes antropogênicas como industrialização e urbanização, incluindo esgoto e lançamento de efluentes industriais e resíduos agrícolas (AHMAD, 2018; SIL-VA, 2018; SILVA, 2010; RIZZO, 2010; BORRAYO, 2018; XIA, 2017), assim como a agricultura são uma das principais fontes de poluição por metais de corpos de água devido a fertilizantes contendo Cd, Cr, Pb, Zn e pesticidas contendo Cu, Pb, Mn e Zn, no caso da agricultura (SILVA, 2018).

Os metais tóxicos liberados nas águas por fontes antropogênicas (SHINOMOL, 2016; ASSUBAIE, 2015; GOHER, 2014; MEDEIROS, 2018) são considerados poluentes prioritários (KARKRA, 2016) devido à sua não biodegradabilidade, persistência no meio ambiente, bioacumulação e toxicidade (SHINOMOL, 2016; ASSUBAIE, 2015; ELSAYED, 2018; BAHAROM; ISHAK, 2015; MOHAMAAD ALI, 2016; COPAJA, 2016; PAWAN; RANI, 2018). Estes metais podem ser encontrados em águas superficiais em forma coloidal, particulados e dissolvidos, em baixas concentrações, podendo aparecer na forma de íons, quelatos ou complexos organometálicos sindicalizados em concentrações dissolvidas (AHMAD, 2018). Metais coloidais e particulados são normalmente encontrados em hidróxidos, silicatos, óxidos e sulfetos que são adsorvidos na matéria orgânica, sílica e argila (AHMAD, 2018; REIS, 2014).

Alguns metais tem densidade relativamente alta e altamente tóxicos (KARKRA, 2016; LIMA, 2015). Embora parte deles sejam considerados essenciais para seres vivos, como cobalto (Co), cobre (Cu), ferro (Fe) e zinco (Zn), em excesso pode causar danos aos organismos. Enquanto que outros metais como o mercúrio (Hg), o crômio (Cr), o cádmio (Cd), o arsênio (As), o chumbo (Pb), por exemplo que são considerados não essenciais representam uma grande ameaça para os seres vivos (AHMAD, 2018; ZAPATA, 2017; AWAD, 2018). Os seus íons metálicos ao se acumularem nos tecidos vivos podem levar a numerosas doenças e distúrbios, e podem afetar a função do sistema nervoso central e mental, fígados, rins, pulmões ou até a morte (SHINOMOL, 2016).

Para tanto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), baseado na Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 estabeleceu limites individuais para cada substância em suas classes para padrões de qualidade de água, e seus valores máximos devem obedecer às condições de fluxo de referência (BRASIL, 2005). A Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 especifica os limites máximos para a liberação de metais tóxicos em sistemas aquáticos (BRASIL, 2011).

Nessa Resolução, os parâmetros são divididos em orgânicos que estão relacionados à contaminação de efluentes industriais e domésticos, como os efluentes da rede de esgoto, e em parâmetros inorgânicos, os quais consideram a presença de metais na água (RIBEIRO, 2012). Além disso, a Organização Mundial da Saúde (OMS) também estabelece limites máximos para metais tóxicos na liberação de efluentes industriais para faixas de 0,01 a 1 ppm (TOVAR; ORTIZ; JARABA, 2015).

O Programa Nacional de Avaliação da Qualidade da Água da Agência Nacional de Águas (PNQA) descreve os indicadores de contaminação causados pela descarga de esgoto doméstico: oxigênio dissolvido, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), temperatura, nitrogênio, fósforo, turbidez e condutividade. No entanto, eles apresentam limitações relacionadas às substâncias tóxicas, como metais, pesticidas, compostos orgânicos, bem como protozoários patogênicos e substâncias que podem prejudicar as propriedades organolépticas da água (ANA, 2013).

O objetivo deste estudo então é avaliar as características físico-químicas e a presença de concentrações de metais no trecho do Rio Grande, investigando a estação de tratamento de esgoto (ETE) como possível fonte de contaminação, considerando que o efluente da ETE tem sido uma grande preocupação em relação a qualidade da água e, portanto, é necessário realizar pesquisas que analisem a ocorrência de contaminação de corpos de água que possam causar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e preparação das amostras

A coleta de amostras de água do rio Grande foi realizada no trecho entre a estação de tratamento de esgoto de Barreiras-Ba, conforme indicado na Figura 1, localizada às margens da BR-135. Para este propósito, dez (10) pontos de coleta foram determinados, cinco dos quais foram antes da estação de tratamento próximo ao anel viário e outros cinco após a ETE.

Figura 1. Localização da área de estudo (Source: Google Earth).



As amostras foram coletadas em dois períodos sazonais (seco e chuvoso) e estocadas em garrafas plásticas inertes (PVC) e, em seguida, organizadas em caixa de isopor. No laboratório, as amostras foram filtradas em membrana de acetato de celulose ($0,45\ \mu\text{m}$) e parte dessas amostras conservadas com ácido nítrico (HNO_3) diluído até $\text{pH} \sim 1,5$ para preservação dos metais.

3.2 Determinação e quantificação das amostras

Durante a amostragem, os parâmetros físico-químicos (Sólidos totais dissolvidos, condutividade, pH e salinidade) foram determinados por meio de uma sonda multiparamétrica, marca Akso, modelo 5, diretamente no local de cada fonte de coleta.

Após a filtração, foram determinados os elementos químicos alumínio, bário, cálcio, cobre, ferro, potássio, magnésio, sódio, níquel, fósforo, chumbo, silício, estrôncio, vanádio e zinco utilizando o Espectrômetro de Emissão de Plasma Atômico Plasma indutivamente acoplado (ICP / AES), modelo Spectroflame FVM03 da marca Spec-tro, Instrumentos Analíticos do Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, seguindo o método adotado por Boaventura (BOAVENTURA, 1997).

As amostras não acidificadas foram usadas para determinar os ânions fluoreto, cloreto, nitrato, fosfato e sulfato em um cromatógrafo de troca iônica com condutividade suprimida (marca Dionex, modelo Ion Chromato-Graphy System ICS88) de Geoquímica da Universidade de Brasília.

Todas as metodologias utilizadas nas análises químicas seguiram o protocolo dos Métodos Padrão para o Exame de Água e Esgoto; 20ª edição da Associação Americana de Saúde Pública (APHA), da American Water Works Association (AWWA) e da Water Pollution Control Federation (WPCF) (APHA, 2005).

Os valores dos parâmetros físico-químicos e dos metais obtidos foram comparados com a resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2011). Os dados obtidos foram categorizados no programa Microsoft Office Excel e posteriormente a média e desvio padrão dos mesmos para elaboração de gráficos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média dos parâmetros físico-químicos determinados nos dois períodos de coleta (seco e chuvoso) é apresentada nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 - Média dos parâmetros físico-químicos anteriores a ETE no período seco e chuvoso.

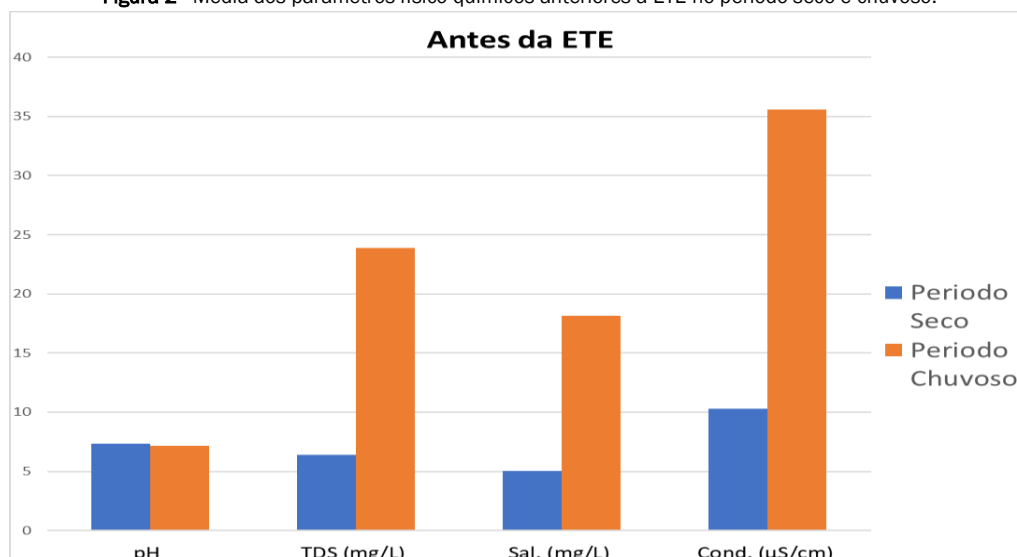
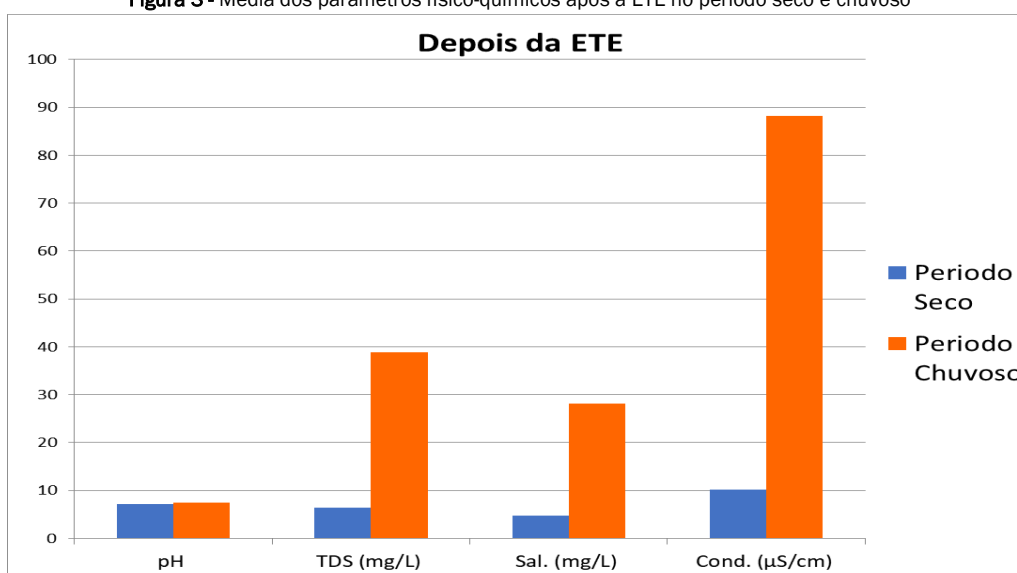


Figura 3 - Média dos parâmetros físico-químicos após a ETE no período seco e chuvoso



Os valores de pH variam devido a vários fatores, como a presença de resíduos na dissolução de rochas, a oxidação de matéria orgânica, a absorção de gases atmosféricos e períodos sazonais (TOZZO, 2014). Pode-se notar que houve alteração no pH dos pontos localizados antes e após a ETE na estação chuvosa em relação a estação seca. Entretanto, esses valores não superaram os recomendados pela Resolução CONAMA nº 430/2005, que determina valores de pH de 5 a 9.

Durante o período do estudo, foi possível verificar que não houve variação dos valores de sólidos totais dissolvidos (STD) a fim de prejudicar a qualidade da água, uma vez que a Resolução CONAMA nº 357/2005 prevê que para a água, a concentração de STD deve ser menor que 500 mg / L e neste estudo não foi encontrada nenhuma amostra acima desse valor. No entanto, observou-se que em todos os pontos da estação chuvosa houve um ligeiro aumento em relação ao período seco. Esse aumento pode ter ocorrido devido à presença de partículas poluentes suspensas na água que foram transportadas pela chuva (SAMPAIO, 2003).

A condutividade elétrica da água é a capacidade que a água tem para conduzir corrente elétrica e sua medição será proporcional à quantidade de íons dissociados. A alta condutividade fornece apenas uma indicação da existência de íons, e não é possível identificar quais íons estão dissociados, como cálcio, ferro, manganês, cálcio, entre outros (LIMA, 2012). Logo, comparando os valores de condutividade encontrados na estação chuvosa e na estação seca, observou-se que houve um aumento na estação chuvosa, após a ETE observou-se também que há um aumento na condutância da água, indicando que há mais íons dissolvidos na água, entretanto, não ultrapassa o valor máximo permitido pela legislação.

Segundo Santos (2010), a tolerância à salinidade varia com o clima e os hábitos da população e suas variações devem ser investigadas, pois o cloro é altamente poluidor e sua presença influencia diretamente os ecossistemas aquáticos, por causarem mudanças na pressão osmótica, nas células do corpo. No entanto, não foram verificadas alterações acima do limite permitido (250 mg / L) dos valores de salinidade, sendo o maior valor encontrado de 28,1 mg / L em um dos pontos analisados.

Em relação à saúde humana, os metais, muitas vezes em forma iônica, são responsáveis por causar algumas patologias, as pesquisas comprovam influência direta nos processos carcinogênicos, neurotoxicidade, imunotoxicidade e efeitos teratogênicos. No entanto, os danos dependerão da forma de ingestão (direta ou indireta) dos processos bioacumulativos, concentração, tempo de exposição e influências genéticas (LIMA, 2013). A partir dos dados encontrados, a média em mg / L de cada metal foi calculado considerando todas as amostras realizadas (Figuras 4 e 5).

Figura 4 - Média das concentrações de metais no período seco, antes e depois do ETE.

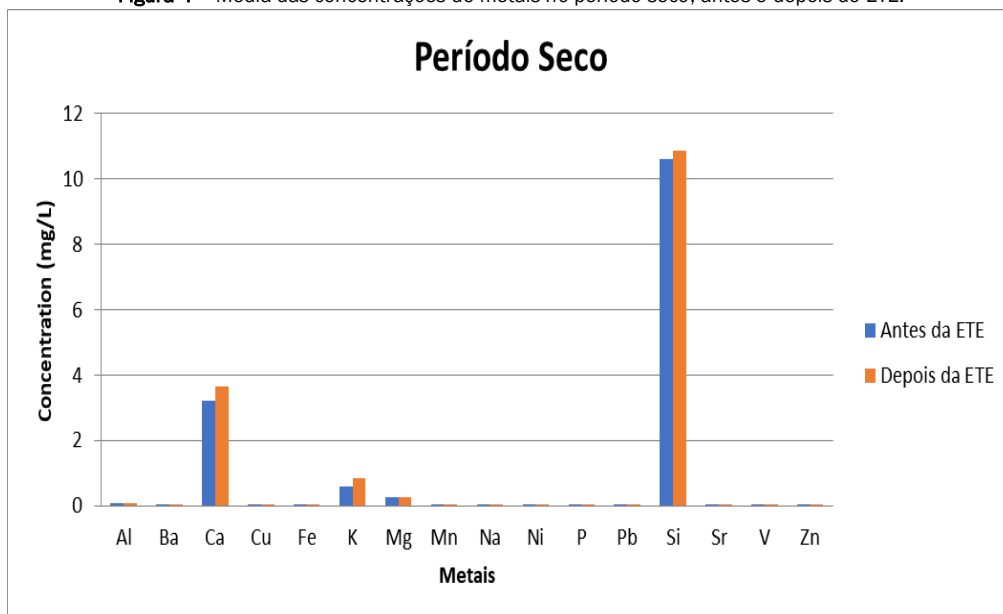
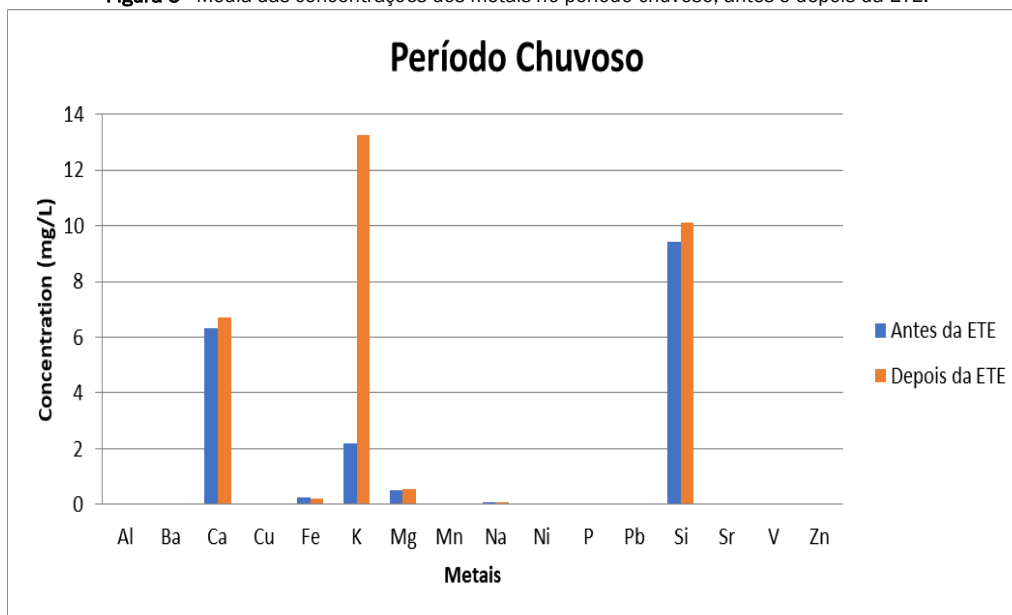


Figura 5 - Média das concentrações dos metais no período chuvoso, antes e depois da ETE.



Os materiais mais abundantes dissolvidos nos rios são íons originários de sistemas terrestres e atmosféricos, que são principalmente cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), bicarbonato (HCO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), cloreto (Cl^-) e nitrato (NO_3^-), entretanto, é possível investigar as influências de atividades antrópicas, como a ETE citado neste estudo, na química da água nos rios, estudando os elementos dissolvidos (QU et al., 2019). Logo, foi possível detectar os principais ânions dissolvidos, como ilustrado nas figuras 6 e 7.

Figura 6 - Média das concentrações dos ânions no período seco, antes e depois da ETE.

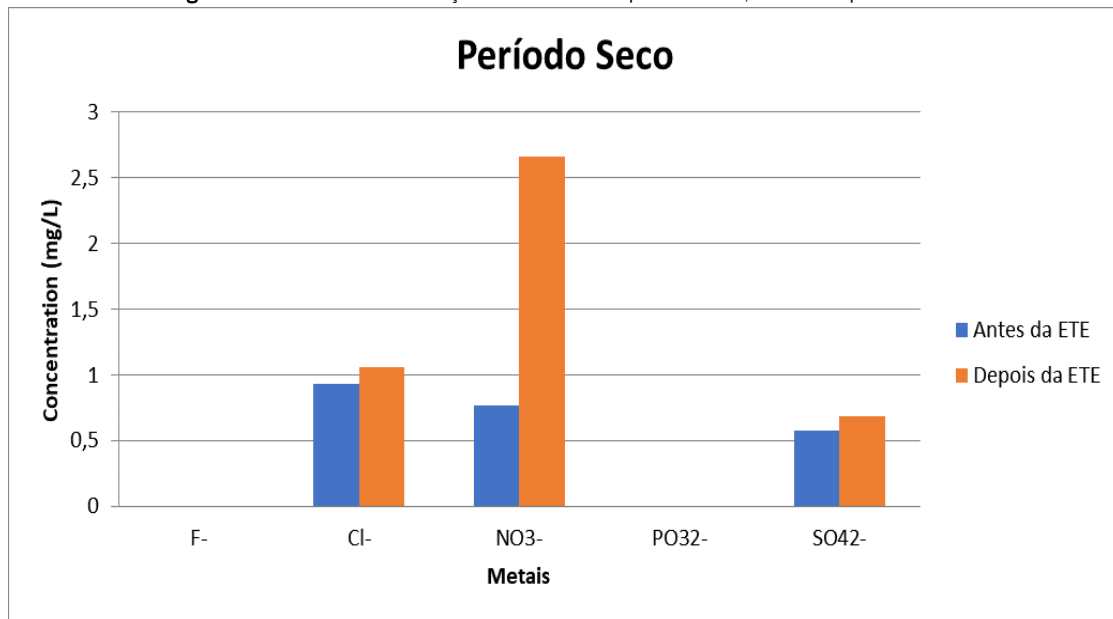
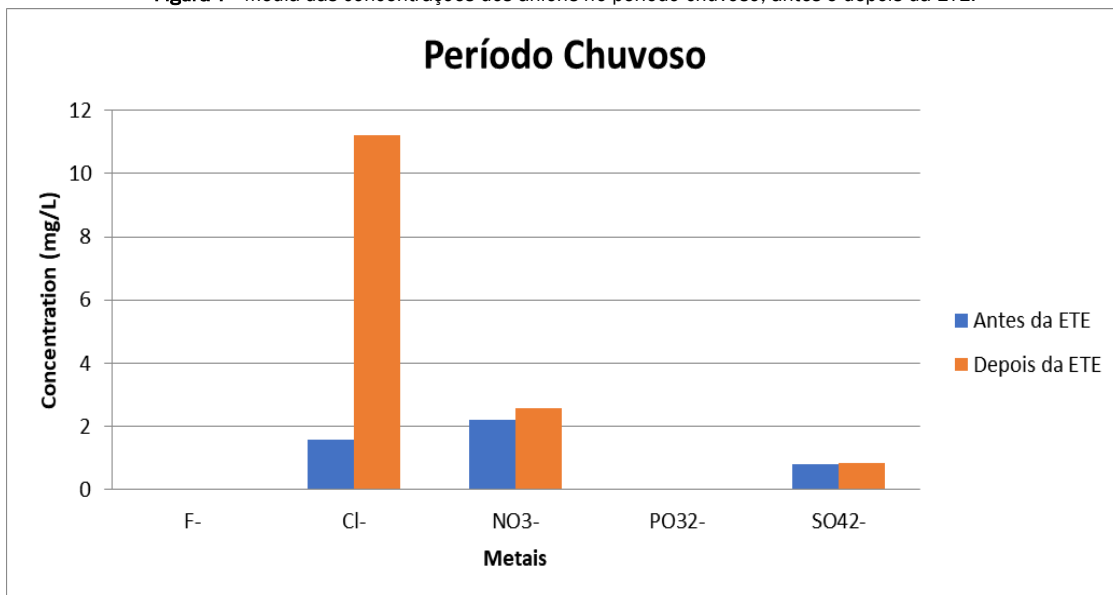


Figura 7 - Média das concentrações dos ânions no período chuvoso, antes e depois da ETE.



A análise mostrou que a média da concentração de cloreto, cálcio e potássio no período chuvoso foi maior que no período seco, no entanto, esses valores não apresentaram concentração acima daquela recomendada pela Resolução CONAMA 357/2005. Considerando a sazonalidade, pode-se dizer que mesmo com o volume de água aumentado devido a chuvas, não foram verificadas concentrações de metais acima do permitido nesse período. No entanto, quase todos os metais apresentaram valores mais elevados na estação chuvosa quando comparados ao período seco.

A diluição gerada pela descarga de efluentes da ETE pode ter contribuído para a presença de metais e o ânion cloreto, porém está dentro dos valores permitidos nos pontos após a ETE, fator não presumido, uma vez que essa área de estudo seria uma possível fonte de contaminação do Rio Grande.

5. CONCLUSÕES

Os parâmetros físico-químicos, metais e ânions determinados neste estudo estavam dentro do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005, tanto nos pontos anteriores a ETE quanto nos pontos após a ETE. Assim, podemos induzir que os efluentes provenientes da estação de tratamento de esgoto não estão alterando a qualidade da água, um fator positivo, pois mostra que o tratamento de esgoto está sendo realizado de acordo com a resolução para os parâmetros investigados. No entanto, é importante que a água nesse segmento seja constantemente monitorada para a avaliação da qualidade da água para as espécies aquáticas, bem como para o consumo das populações ribeirinhas.

REFERÊNCIAS

- AHMAD, I. et. al. **Synthesis and characterization of molecular imprinted nanomaterials for the removal of heavy metals from water.** Journal of Materials Research and Technology, v. 5, n. 3, 270-282, 2018.
- AL SENANI, G. M.; AL-FAWZAN, F. F. **Adsorption study of heavy metal ions from aqueous solution by nanoparticle of wild herbs.** The Egyptian Journal of Aquatic Research, v. 44, n. 3, p. 187-194, 2018.
- ANA. Agência Nacional de águas. **Rede Nacional de Monitoramento de Qualidade da Água - RNQA.** 2013. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/qualidade-da-agua/rnqa>. Acesso em 16 de outubro de 2018.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 21. ed. Washington, 2005. 2462 p.
- ASSUBAIE, F. N. **Assessment of the levels of some heavy metals in water in Alahsa Oasis farms, Saudi Arabia, with analysis by atomic absorption spectrophotometry.** Arabian Journal of Chemistry, 2015(8), p. 240-245.
- AWAD, S. S. A. **Acute toxicity of some heavy metals to the fresh water snail, Theodoxus niloticus (Reeve, 1856).** The Egyptian Journal of Aquatic Research, v. 44, n. 2, p. 83-87, 2018.
- BAHAROM, Z. F.; ISHAK, M. Y. **Determination of heavy metal accumulation in fish species in Galas River, Kelantan and Beranang Mining Pool, Selangor.** Procedia Environmental Sciences, v. 30, p. 320-325, 2015.
- BOAVENTURA, G. R. **Caracterização Geoquímica de águas e sedimentos de Corrente do Distrito Federal.** Relatório Final. FAPDF/FINATEC. 455 p., 1997.
- BORRAYO, B. M. M. **Optimisation of the removal conditions for heavy metals from water: A comparison between steel furnace slag and CeO₂ nanoparticles.** Arabian Journal of Chemistry, 2018.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.
- BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes complementam e alteram a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Diário Oficial da União, n. 92, 16 maio 2011, p. 89. Brasília, 2011.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 1997.
- BRITTO, F. B. **Surface water quality assessment of the main tributaries in the lower São Francisco River, Sergipe.** Brazilian Journal of Water Resources, v. 23, n. 28, 2018.
- COPAJA, S. V. **Concentrações de metais pesados em água e sedimentos de acústicos e efluentes de reservatórios mediterrânicos do Chile.** Revista da Sociedade Química Chilena, v. 61, n. 1, 2016.
- DIPAK, P. **Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review.** Annals of Agrarian Science, v. 15, n. 2, p. 278-286, 2017.
- ELSAYED, E. E. **Natural diatomite as an effective adsorbent for heavy metals in water and wastewater treatment (a batch study).** Water Science, v. 32, n. 1, p. 32-43, 2018.
- FRAZÃO, P. et. al. **O modelo de vigilância da água e a divulgação de indicadores de concentração de fluoreto.** Saúde em Debate, v. 42, n. 116, p. 274-286, 2018.
- GOHER, M. E. **Metal pollution assessment in the surface sediment of Lake Nasser, Egypt.** The Egyptian Journal of Aquatic Research, v. 40, n. 3, p. 213-224, 2014.
- KARKRA, R. **Analysis of heavy metal ions in potable water using soft computing technique.** Procedia Computer Science, v. 93, 2016, p. 988-994.
- LIMA, A. M. **Análise das propriedades físico-químicas e de metais potencialmente tóxicos na água do rio Claro, próximo a cidade de Jataí - GO.** Revistas ciências exatas e naturais, v. 14, nº2, Goiás, 2012.
- LIMA, D. P. **Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do rio Cassiporé, estado do Amapá, Amazônia Brasil.** Dissertação (Pós-graduação em Biodiversidade tropical) - Universidade Federal do Amapá, 2013.
- LIMA, D. P. de et. al. **Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil.** Acta Amazônica, v. 45, n. 4, 2015.
- MEDEIROS, W. M. V.; SILVA, C. E. da; LINS, R. P. M. **Avaliação sazonal e espacial da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Longá, Piauí, Brasil.** Revista Ambiente e Água, v. 13, n. 2, n. 2052, 2018.

- MOHAMMAD ALI, M. **Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh.** Environmental Nanotechnology, Monitoring e Management, v. 5, p. 27-35, 2016.
- PAWAN, R. K.; RANI, D. **Heavy metal tolerance and adaptability assessment of indigenous filamentous isolated from industrial wastewater and sludge samples.** Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 2018.
- PÉREZ, M. E. A. et. al. **Qualidade química da água em área agrícola de forragem de milho (Zea maysL.) na região de La Gunera, México.** Revista Internacional de Poluição Ambiental, v. 33, n. 1, 2017.
- Programa Nacional da Qualidade das Águas. **Agência Nacional de Águas.** Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/default.aspx>>. Acesso dia 16 outubro de 2018.
- QU, B.; Zhang, Yulan; Kang, Shichang; Sillanpää, Mika. **Water quality in the Tibetan Plateau: Major ions and trace elements in rivers of the "Water Tower of Asia".** Science of the Total Environment, v. 649, p. 571-581, 2019.
- QUEIROZ, T. M. de; OLIVEIRA, L. C. P. de. **Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT).** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 1, p. 173-180, 2018.
- REIS, I. M. S. **Adsorção de cádmio em Latossolos sob vegetação de mata nativa e cultivados.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 38, n. 6, 2014.
- RIBEIRO, E. V. **Metais pesados e qualidade da água do rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora-MG: índice de contaminação.** Rev. Geonomos, v. 20(1), 49-63, 2012.
- RIZZO, A. et. Al. **Concentraciones de metales pesados en distintos compartimentos de lagos andinos de Patagonia Norte.** Ecología Austral, v. 20, n.2, p. 155-171, 2010.
- SAMPAIO, A. C. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da Bacia do Alto Paraguai.** 2003. 76f. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.
- SANTOS, V. O. **Análise físico – química da água do rio Itapetinga – SP: comparação entre dois pontos.** Revista eletrônica de biologia, São Paulo, v. 3 (1): 99-115, 2010.
- SHINOMOL, G. K. **A study on the potential of Moringa leaf and bark extract in bioremediation of heavy metals from water collected from various lakes in Bargalore.** Procedia Environmental Sciences, v. 35, 2016, p. 869-880.
- SILVA, C. A. R. **Potentially mobile of heavy metals on the surfasse sediments in tropical hyper-saline and positive estuaries.** Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 89, n. 4, p. 2597-2607, 2017.
- SILVA, L. S. et al. **Metais pesados em águas utilizadas para consumo humano e irrigação de culturas.** Revista Ambiente e Água, v. 13, n. 4, 2018.
- SOARES, T. D. et. al. **Perfil da água para consumo humano e notificação de doenças em uma macrorregião do Piauí, Brasil.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v. 12, n. 2, p. 205- 215, 2018.
- TOVAR, C. T.; ORTIZ, A. V.; JARABA, L. G. **Adsorção de metais pesados em águas residuais utilizando materiais de origem biológica.** Tecnologia Lógica, v. 18, n. 34, 2015.
- TOZZO, R.; GONÇALVES, E. **Análise físico química da água do Riacho Japira, localizado no município de Apucarana – PR.** Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, Paraná, vol.6, n.3, p. 296 – 307, 2014.
- XIA, Z. **Heavy metal ion removal by thiol functionalized aluminum oxide hydroxide nanowhiskers.** Applied Surface Science, v. 416, p. 565-573, 2017.
- ZAPATA, F. C. C. **Bioacumulação de metais pesados em Oncorhynchus mykiss para exportação em centros de produção nas Terras Altas Centrais do Peru.** Revista Ambiente e Água, v. 12, n. 4, 2017.