

Qualidade de água em áreas influenciadas por uma estação de tratamento de esgoto na Amazônia

A Estação de Tratamento de Esgoto - ETE, localizada na região Amazônica, no Estado do Pará, foi construída para incrementar o sistema de saneamento da região, a qual utiliza o corpo hídrico para lançar seu efluente tratado. Portanto, a avaliação de influência do lançamento de efluente da ETE-Mapiri sobre a qualidade de água do corpo hídrico, se torna essencial para determinação das concentrações dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do corpo receptor, comparando-os com a Resolução 357/05 do CONAMA. Para tal, foram realizadas três campanhas, duas no período da seca e uma no período da cheia, sendo selecionado quatro pontos amostrais, P1(nascente), P2(Desembocadura), P3(Lago do Papucu) e P4(Foz), estabelecendo o P2 como montante e P3 jusante em relação ao ponto de lançamento de efluente. Adicionalmente, para cada ponto usou-se formulários com preenchimento de registro com código de identificação própria. Em seguida, as amostras foram coletadas em frascos de vidro e plástico quimicamente inertes com uma perfeita vedação e armazenadas em um isopor com gelo para refrigera-las, seguindo as orientações do Guia Nacional de Coleta e preservação de amostra. Ademais, após as coletas, as amostras foram encaminhadas para um laboratório o qual utiliza a metodologia do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, foram realizadas as análises dos parâmetros de oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos dissolvidos totais, temperatura, cor, alumínio, cloro residual, ferro, manganês, sulfato, sulfeto, zinco, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, fenóis fluoreto, coliformes total e E.Coli. Continuamente, após as análises, compararam-se as concentrações de todos os pontos com a Resolução 357/05 do CONAMA, o ponto P1 foi utilizado como background, pois é o mais próximo à nascente. Em comparação com a Resolução 357/05, os pontos P2, P3 e P4 apresentaram concentrações de cor, oxigênio dissolvido, ferro, alumínio, manganês, cloro residual, fenóis e sulfeto em desconformidade com a Resolução. Conclui-se que a ETE Mapiri não influencia nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do corpo receptor, pois mesmo que as concentrações nos pontos P2, P4 e P5 estejam acima da Resolução 357/05, quando se compara os valores da Montante (P2) e Jusante (P3), os valores à montante são superiores, ou seja, existe uma influência maior no corpo hídrico antes do lançamento de efluente, o qual tem interferência antrópica, como o lançamento de esgoto in natura.

Palavras-chave: Efluente; CONAMA; Corpo hídrico; Parâmetros.

Water quality in areas influenced by a sewage treatment plant in the Amazon

The Sewage Treatment Station - ETE, located in the Amazon region, in the State of Pará, was built to improve the region's sanitation system, which uses the water body to release its treated effluent. Therefore, the evaluation of the influence of the ETE-Mapiri effluent discharge on the water quality of the water body becomes essential to determine the concentrations of the physicochemical and microbiological parameters of the receiving body, comparing them with Resolution 357/05 of CONAMA. To this end, three campaigns were carried out, two during the dry season and one during the flood period, with four sampling points being selected, P1 (spring), P2 (Outlet), P3 (Lago do Papucu) and P4 (Foz), establishing the P2 as upstream and P3 downstream in relation to the effluent discharge point. Additionally, forms were used for each point with registration filling in with its own identification code. Then, the samples were collected in chemically inert glass and plastic bottles with a perfect seal and stored in a Styrofoam with ice to refrigerate them, following the guidelines of the National Guide for Sample Collection and Preservation. In addition, after the collections, the samples were sent to a laboratory which uses the methodology of the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, the analyzes of the parameters of dissolved oxygen, conductivity, total dissolved solids, temperature, color, aluminum were performed, residual chlorine, iron, manganese, sulfate, sulfide, zinc, nitrite nitrate, ammonia nitrogen, fluoride phenols, total coliforms and E.Coli. Continuously, after the analyses, the concentrations of all points were compared with Resolution 357/05 of CONAMA, point P1 was used as background, as it is the closest to the source. In comparison with Resolution 357/05, points P2, P3 and P4 presented concentrations of color, dissolved oxygen, iron, aluminum, manganese, residual chlorine, phenols and sulfide in disagreement with the Resolution. It is concluded that the ETE Mapiri does not influence the physicochemical and microbiological parameters of the receiving body, as even if the concentrations at points P2, P4 and P5 are above Resolution 357/05, when comparing the Amount (P2) values and Downstream (P3), the values upstream are higher, that is, there is a greater influence on the water body before the release of effluent, which has anthropogenic interference, such as the release of in natura sewage.

Keywords: Effluent; CONAMA; Water body; Parameters.

Topic: Engenharia Sanitária

Received: 07/08/2021

Approved: 08/09/2021

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Thiago Shinaigger Rocha Nascimento

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
shinaigger@gmail.com

Christiane do Nascimento Monte

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6178162183692365>
christiane.monte@yahoo.com.br

Edinelson Saldanha Correa

Universidade da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0344768485868201>
edinelson_saldanha@hotmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0012

Referencing this:

NASCIMENTO, T. S. R.; MONTE, C. N.; CORREA, E. S.. Qualidade de água em áreas influenciadas por uma estação de tratamento de esgoto na Amazônia. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.9, p.146-160, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0012>

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos a humanidade tem diversificado seu modo de uso da água, provocando desperdícios e destinos inapropriados, entretanto, visando à busca pelo controle e minimização destes impactos ambientais, segundo Dantas et al. (2012), relatam que no Brasil, em 1971 foi instituído o Plano Nacional de Saneamento - PLANASA, que no decorrer dos anos passou por intensas discussões, entre as esferas estaduais e municipais no intuito de definir responsáveis competentes na execução das medidas e diretrizes estabelecidas pelo PLANASA, porém, com a demora o plano sucumbiu, deixando o setor de saneamento esquecido durante décadas, retornando como pauta apenas em 1991 com debates na Câmara Federal.

Em 2007 foi sancionada a Lei Federal nº 11.445, chamada de Lei de Saneamento Básico, com vigência no mesmo ano, determinando aos municípios a elaboração de planos municipais, com horizonte de universalização para prestação do serviço. Contudo, em 2017 o Brasil já estava ocupando a posição de 101º no ranking de saneamento, entre os 163 países analisados pela ONU, mesmo desenvolvendo em 2013 o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANASAB, com metas a serem alcançadas em escalas de tempo a curto, médio e longo prazo. A região Norte apresenta os piores índices de distribuição de água e coleta de esgoto, em comparação as demais regiões. Todos os estados que estão abaixo de 10% na coleta de esgoto no Brasil, se localizam na região Norte (MORANO, 2009; ALBAREDA et al., 2019).

No ano de 2010, apenas 2,2% do esgoto produzido era tratado no estado do Pará, subindo para 8,4% em 2019, cerca de um aumento aproximado de 0,69% ao ano (Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – SNIS, 2019). Segundo o instituto Trata Brasil (2020), na lista das 10 piores cidades, o Pará possui forte representatividade, como por exemplo, a cidade de Santarém/PÁ, localizada na região amazônica, que em 2020 ocupava a 97ª posição no ranking de saneamento.

Entretanto, o avanço da expansão urbana de forma inadequada influencia na geração de efluentes sem tratamento. De acordo com Silva et al. (2018), a expansão demográfica aliada à precária estrutura de esgotamento, são evidentes na cidade de Santarém, que obteve diversos bairros oriundos de ocupações irregulares. Porém, tentando reformular o cenário, que continha apenas uma Estação de Tratamento de Efluente – ETE, no bairro da grande área da prainha, em 2012, foi construída uma segunda ETE, na cidade, localizada no bairro Mapirí, que segundo Salgado et al. (2017), a ETE visa tratar o efluente produzido pela população em várias etapas e devolver ao corpo receptor com uma qualidade melhor.

Oliveira et al. (2018), em seu estudo sobre percepção dos moradores a respeito da ETE-Mapirí, revela que 50% dos entrevistados afirmaram a presença de inundações no corpo receptor e propagação de fortes odores resultante dos processos realizados pela ETE. Do mesmo modo, somente 13% dos moradores do bairro tem acesso às tubulações da ETE-Mapirí para lançar o seu efluente.

A ETE-Mapirí faz uso de um corpo hídrico, para ser seu receptor, o canal utilizado compõe a microbacia do Irará e é denominado de Igarapé do Irará, que de acordo com Santos et al. (2020), a microbacia possui variadas formas de uso como lazer, subsistência e abastecimento, ou seja, de grande

importância para a comunidade.

As fiscalizações na qualidade do efluente lançado e do corpo receptor devem ser constantes, respeitando as legislações vigentes, em especial as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente-CONAMA, a 357/05 que dispõem sobre a classificação dos corpos de água com seus respectivos parâmetros e concentrações de enquadramento, que assegura a qualidade do corpo hídrico, dividida em classe de uso, e a 430/11 que estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Diante disso, este estudo tem objetivo de avaliar se o lançamento de efluente da ETE-Mapirí no corpo receptor influencia e/ou altera os padrões de qualidade de água, estabelecidos pela CONAMA 357/05. Analisando parâmetros físico-químicos e microbiológicos e, discutindo-os para observar as possíveis alterações no corpo hídrico após receber a carga de efluente tratado da ETE-Mapirí.

METODOLOGIA

Localização da área de estudo

A microbacia do Irurá possui uma área total aproximada de 35.841.833,17 m², tendo o seu leito principal medindo aproximadamente 8.584 metros de comprimento, o mesmo, segundo o CONAMA, em sua Resolução 357/05, classifica-se como rio de classe II, devido suas formas de usos. A microbacia possui uma das suas nascentes na área conhecida como Serra da Rocha Negra também chamada de Cachoeira da Rocha Negra no bairro do Cambuquira, às proximidades da Serra do Piquiatuba. O seu córrego principal atravessa os bairros Nova República, Cambuquira, Matinha, Esperança, Santarenzinho, Maracaã, Caranazal, Liberdade e Mapirí, sua desembocadura forma os lagos do Papucu e Mapirí, sendo a sua no Rio Tapajós, conforme pode se observar na figura 1.

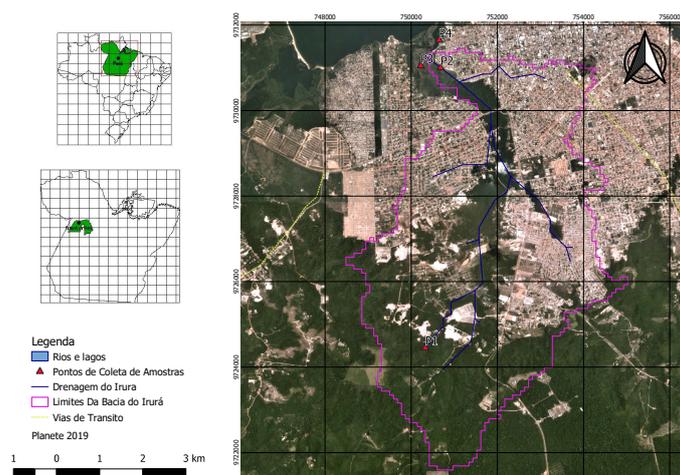


Figura 1: Localização geral do Corpo hídrico do Irurá e dos pontos de coleta.

Neste contexto, a companhia de Saneamento do Pará – COSANPA faz uso do corpo hídrico como principal agente no abastecimento de água dos bairros ao seu redor, o mesmo em seu percurso é utilizado para recreação dos habitantes. Próximo à foz forma o lago do Papucú, que é aproveitado, como fonte de renda e subsistência pelos moradores locais, que desenvolvem a atividade pesqueira e hoje sofre com o

desaparecimento de algumas espécies de peixes, segundo antigos pescadores da região. O corpo hídrico receptor possui uma alta influência na cidade, e que manter suas características naturais preservadas se torna essencial, para a manutenção do equilíbrio ecossistêmico da região.

Com base no leito principal, foram determinados quatro pontos amostrais, conforme descritos no quadro 1, tendo a determinação dos pontos influenciados pelo lançamento de efluente da estação de tratamento de esgoto, com intuito de analisar as concentrações antes e depois da estação.

Quadro 1: Descrição das características dos pontos de coleta, no corpo hídrico.

Ponto amostral	Coordenadas (UTM)	Descrição
P1	X: 750460 Y: 9724452	Próximo a nascente, possui presença da mata ciliar. O ponto servirá como background em comparação aos demais.
P2	X: 750783 Y: 9731047	A desembocadura do igarapé no lago do Papucú, sem presença de mata ciliar, com alta interferência antrópica. O ponto servirá como montante em relação ao ponto de lançamento de efluente.
P3	X: 750212 Y: 9731028	Lago do Papucú, sem presença de mata ciliar, com alta interferência antrópica. O ponto será a jusante em relação ao ponto de lançamento do efluente.
P4	X: 750688 Y: 9731560	Foz no rio Tapajós, sem presença de mata ciliar e alta interferência antrópica. O ponto servirá como demonstrativo dos valores das concentrações que chegam ao rio Tapajós.

Coleta, transporte e armazenamento

Souza (2017), afirma que os meses de janeiro a maio, correspondem ao período da cheia, enquanto os meses de julho a novembro correspondem ao período da seca, e os meses de junho e dezembro são representados como meses de transição na região amazônica. Portanto, foram realizadas três campanhas, sendo em Nov/2018 (seca – período diurno), Mar/2019 (cheia – período diurno) e Jul/2019 (seca – período noturno). Entretanto, durante a última coleta, que corresponde ao período da seca, houve uma formação atípica, com pluviosidade acima do esperado para a época.

Para cada ponto seguiu-se as normas do Guia Nacional de Coleta e preservação de amostra, que foi elaborado pela Agência Nacional de Águas – ANA, e aprovado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2011), que dispõem sobre preservação e técnicas de efluentes líquidos e corpos receptores, instruindo as condições exatas na pré-coleta (formulários com o preenchimento de registro e código de identificação próprio), na coleta (posição e tipo do coletor) e na pós-coleta (preservação e armazenamento da amostra).

Em relação à pré-coleta, os recipientes foram devidamente identificados (local, data, hora, ponto, código de identificação, responsável pela coleta e responsável técnico) e esterilizados. A coleta de água nos pontos utilizou-se frascos de plástico e vidro quimicamente inertes e com uma perfeita vedação. No que se refere à preservação das amostras para determinados parâmetros, houve adição de reagentes químicos como EDTA, ácido nítrico e ácido sulfúrico, que preservam a amostra, aumentando seu prazo para análise. Posteriormente as mesmas foram armazenadas em um isopor com gelo para mantê-las refrigeradas e encaminhadas para um laboratório onde se iniciou a parte de análises dos parâmetros.

Procedimentos Analíticos

Alguns parâmetros foram mensurados *in loco*, como oxigênio dissolvido (oxímetro

Microprocessado/AT-160, SÉRIE E009470), condutividade (Hanna-Dist 4, Série HI98304), temperatura e pH (Akso-AK103, Série Akat08531), e os demais parâmetros foram analisados em laboratório. Os métodos empregados estão descritos no quadro 02, enquanto as metodologias analíticas foram baseadas nos manuais Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th Edition (APHA, 2002).

Quadro 02: Determinação dos parâmetros e seus respectivos métodos empregados.

Parâmetro	Método
pH	Potenciômetro
Turbidez	Nefelométrico
Oxigênio dissolvido	Eletrométrico
Temperatura	Eletrométrico
Condutividade	Condutivimétrico
Sólidos totais Dissolvidos	Gravimétrico
Cor	Espectrofotometria
Alumínio	Espectrofotometria
Cloro residual	Espectrofotometria
Ferro	Espectrofotometria
Manganês	Espectrofotometria
Sulfato	Espectrofotometria
Sulfeto	Espectrofotometria
Zinco	Espectrofotometria
Nitrato	Espectrofotometria
Nitrito	Espectrofotometria
Amônia	Espectrofotometria
Nitrogênio amoniacal	Espectrofotometria
Fenóis	Espectrofotometria
Fluoreto	Espectrofotometria
Coliformes termotolerantes	Membrana Filtrante

Enquadramento legal

Após as análises dos parâmetros, as concentrações foram confrontadas com a resolução 357/05 do CONAMA a qual: “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” (BRASIL, 2011). Especificamente, a seção II das águas, que abrange o Art. 14. Referente às águas doces de classe 1, com condições e padrões de qualidade de água e o Art. 15, que abrange as águas doces de classe 2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de todos os parâmetros foram comparados com a Resolução do CONAMA 357/05, para rios de classe II. Foi estabelecido o ponto P2 como montante e P3 jusante em relação ao ponto de lançamento da ETE - Mapirí, pois a partir dessa determinação, pode-se chegar à conclusão se há influência na qualidade do corpo hídrico.

O parâmetro de oxigênio dissolvido (Figura 2) na primeira campanha, apenas o ponto P2 (4,6 mg L⁻¹ O₂), apresentou baixas concentrações. Na segunda campanha, outros pontos apresentaram baixas concentrações de oxigênio dissolvido, ou seja, além do ponto P2(3,3 mg L⁻¹ O₂), os pontos P3 (3,4 mg L⁻¹ O₂) e P4 (4,68 mg L⁻¹ O₂). Na terceira campanha, apenas o ponto P3(4,72 mg L⁻¹ O₂) permaneceu com baixas concentrações. Ao comparar com a legislação, o P3 foi o ponto que mais obteve concentrações em

desconformidade com a Resolução 357/05 para classe II.

Segundo a CETESB (2019), o oxigênio dissolvido é essencial para a vida aquática, se tornando um fator limitante do meio, em que sua escassez pode resultar na queda da qualidade de vida dos organismos. Tendo dentre os fatores que diminuem a concentração de oxigênio dissolvido, o excesso de matéria orgânica (que no processo de decomposição os microrganismos fazem uso do oxigênio), a temperatura, altitude e pressão.

De acordo com Pinheiro et al. (2019) e Silva (2012), o oxigênio dissolvido é suscetível à presença de matéria orgânica na região Amazônica, tanto em ambientes preservados com a vegetação, quanto em regiões antropizadas com grandes descargas de efluente doméstico e pluvial. E os resultados estão de acordo com o encontrado por Pinheiro et al. (2019), que realizaram um estudo de sazonalidade do Índice de Estado Trófico (IET) na mesma microbacia.

Os parâmetros de condutividade e sólidos totais dissolvidos, segundo Felisardo et al. (2018), concluíram que os parâmetros estão correlacionados, e que são diretamente proporcionais. A condutividade vai indicar a presença de íons. De acordo com os resultados obtidos todos os pontos analisados, estão de acordo com a Resolução 357/05 (Figura 2), estando com resultados semelhantes ao de Aguiar et al. (2014), que obtiveram concentrações de TDS que variaram de 4,7 mg L⁻¹ a 37,9 mg L⁻¹, em 24 igarapés nos municípios de Santarém e Belterra.

A temperatura é um parâmetro fundamental, que influencia no ecossistema aquático, pois altas temperaturas podem causar alterações em outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido. Assim, a solubilidade dos gases aumenta com a diminuição da temperatura (CETESB, 2019). Os pontos P3 (27; 34,1; e 27,7 °C) e P4 (28,5; 31,3 e 28,8 °C) apresentaram as maiores temperaturas em todas as campanhas (Figura 2), que se justifica com a incidência direta da radiação na superfície do corpo hídrico, devido à ausência da vegetação. Pinheiro et al. (2019) encontraram resultados semelhantes para os mesmos pontos, assim como Santos et al. (2020) em estudos na microbacia do Irurá.

As concentrações de pH, segundo a CETESB (2019), estar relacionada a sua origem, podendo ser alterado pela interferência antrópica, sua medida em grau de acidez e alcalinidade. O pH ácido é típico da região amazônica, onde as espécies estão adaptadas a esse tipo de ambiente (Costa et al., 2020). O ponto P1 com (4,8; 4,64 e 4,3) (Figura 2), foi o único que nas três campanhas apresentou pH abaixo da concentração proposta pela 357/05, corroborando com Santos et al. (2020), que em 2017/18 caracterizou duas nascentes do Irurá como ácidas e com variações no período seco. Pinheiro et al. (2019) também encontraram valores similares nas nascentes do Irurá nas estações seca e úmida.

O parâmetro de cor segundo Luiz et al. (2012), está relacionada com a presença de substâncias na água, oriunda de variados processos naturais ou antrópicos. Na segunda campanha o ponto P3 (Figura 2) apresentou desconformidade com a Resolução 357/05 (84,8 mg Pt/L). Nas demais campanhas os pontos P3 (56,3 e 57,6 mg Pt/L), campanha 1 e campanha 3, respectivamente, e P4 (47,1 e 35,8 mg Pt/L), campanha 1 e campanha 3, respectivamente, permaneceram com os valores elevados, mas dentro do limite máximo permitido pelo CONAMA. Pantoja (2015) em seu estudo, atribuiu a presença constante de cor em rios

amazônicos, oriunda de variados fatores, deste geológicos, vegetação, saneamento ou antrópico. No estudo de Aguiar et al. (2014), nos igarapés analisados na região de Santarém et al. a concentração de Cor só excedeu o limite de 75 mg Pt/L, para corpos hídricos que estavam perto de áreas de cultivo de soja, ou seja, interferência antrópica, o que justifica os valores elevados do ponto P3 e P4 do presente estudo, pois, esses respectivos pontos estão localizados em locais com alto fluxo de embarcações.

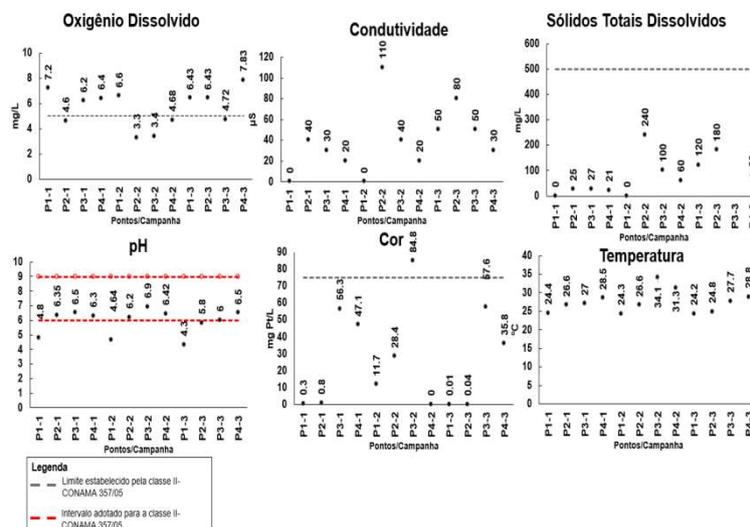


Figura 2: Concentrações de parâmetros físico-químicos.

O alumínio (Al) é encontrado em abundância na crosta terrestre, e sua variedade de uso procede desde agentes coagulantes no tratamento de água até, a rejeitos oriundos de processos industriais (MPE/PA, 2015; CLETO, 2008). Sob essa ótica, a concentração de alumínio (Al) excedeu o limite da Resolução na primeira campanha nos pontos P3- ($0,14 \text{ mg L}^{-1}$) e P4- ($0,22 \text{ mg L}^{-1}$) (Figura 3). Na segunda campanha, somente o ponto P2 ($0,17 \text{ mg L}^{-1}$). Segundo Cleto (2008), a ingestão de alumínio pelo ser humano pode ser eliminada sem grandes problemas. Entretanto, segundo o MPE/PA (2015), o acúmulo de (Al) no organismo humano pode causar paralisia de membros inferiores e laringite crônica. O Ministério Público Estadual do Pará-MPE/PA (2015), em seu estudo encontrou altas concentrações de (Al) em 6 localidades (Ilha de São João, Vila do Conde, Curuperê, Laranjal e Dom Manuel), no município de Barcarena, porém, todas elas estão situadas em áreas industriais. o que eleva o nível de preocupação com o corpo hídrico do Irurá, que segue a mesma vertente de contaminação do respectivo metal.

O cloro (Cl) é utilizado no tratamento de água para inativar a atuação de bactérias, vírus e remover odores, sua concentração deve ser baixa, pois ao ultrapassar o limite proposto tanto pela Portaria do Ministério da Saúde N° 2914, de 12 de dezembro de 2011 (substituída pela Portaria da Consolidação N° 5, que teve seu anexo XX alterado em 2021, pela Portaria GM/MS N° 888, DE 4 de maio de 2021) quanto pela CONAMA 357/05. O elemento pode causar danos ao sistema nervoso central em humanos, além disso, ao adicionar o cloro (Cl), na água é formado o ácido hipocloroso (HClO), conhecido como cloro livre, ao reagir com impurezas ele forma as cloraminas e outros compostos nitrogenados, sofrendo assim, alteração para sua forma combinada, ocasionando a diminuição de seu efeito desinfetante (FUNASA, 2014; PAULA, 2015). Na primeira e segunda campanha os pontos P2 ($0,02 \text{ mg L}^{-1}$; $0,27 \text{ mg L}^{-1}$), P3 ($0,03 \text{ mg L}^{-1}$; $0,03 \text{ mg L}^{-1}$) e P4

(0,02 mg L⁻¹; 0,03 mg L⁻¹), excederam o limite proposto pela Resolução 357/05 (Figura 3). Na terceira campanha, apenas o ponto P2 (0,04 mg L⁻¹), apresentou concentração elevada de cloro. Nesse sentido, no estudo do Plano Municipal de Saneamento Básico de Santarém/PA – PMSB/PA (2019), as concentrações de Cloro (Cl), também se mantiveram em alta, com valores entre (1,50 mg L⁻¹ a 4,60 mg L⁻¹), revelando assim, a incidência do elemento na região.

Segundo Araújo (2016) e Azevedo (2006), a presença de ferro (Fe) em rios ou canais amazônicos é comum, devido a formação geológica da região. Desta maneira, na primeira campanha os pontos P2 (0,52 mg L⁻¹), P3 (0,44 mg L⁻¹) e P4 (0,74 mg L⁻¹) (Figura3), apresentaram concentrações acima do proposto pela 357/05. Enquanto na segunda campanha os pontos P2 (3,27 mg L⁻¹), P3 (0,4 mg L⁻¹) e P4 (0,34 mg L⁻¹) apresentaram concentrações maiores. Na terceira campanha, apenas o ponto P2 (0,93 mg L⁻¹) teve concentrações acima do permitido. Nesse contexto, o PMSB/PA (2019), corrobora com a afirmação do autor Azevedo (2006), pois, em suas análises físico-químicas em Santarém encontrou elevados teores de (Fe), semelhantes ao presente estudo, entretanto, vale ressaltar que na segunda campanha o ponto P2 (3,27 mg L⁻¹), apresentou um valor bastante elevado, o que no estudo de Moruzzi et al. (2012), é justificado como indicativo de poluição por “certos resíduos industriais”.

Segundo a Funasa (2014), os parâmetros de ferro e manganês apresentam semelhança entre os comportamentos químicos, ambos podem causar manchas em roupas, louças e utensílios sanitários, já na saúde, o excesso de (Fe) e (Mn) podem variar quanto sua atuação, tendo como fatores indesejáveis o seu sabor e odor alterados. Sob essa ótica, na primeira campanha o P2 (0,98 mg L⁻¹) apresentou concentração de manganês (Mn) (Figura 3), acima do permitido, assim como, na segunda campanha, o ponto P2 (0,97 mg L⁻¹) esteve em desconformidade com a resolução 357/05. Logo, observa-se uma semelhança com a concentração com parâmetro (Fe). Entretanto, o estudo de Ferreira et al. (2012), que compara as características químicas de igarapés dentro da reserva Florestal Adolpho Ducke da cidade de Manaus/AM, encontrou baixas concentrações de Mn (0,06 ± 0,03 mg L⁻¹), o que revela, que em ambientes preservados, sua concentração tende a ser menor, retomando para a justificativa de poluição, exposta por Moruzzi et al. (2012) a respeito de poluição por “certos resíduos industriais”.

O Zinco (Zn), segundo a Cetesb (2012), está presente na crosta terrestre, e o mesmo pode ser combinado com variados elementos como por exemplo o sulfato (ZnSO₄) e o cloreto (ZnCl₂), sendo respectivamente as combinações aplicadas em indústria têxtil e na preservação de madeira. Em todas as campanhas e pontos, as concentrações de Zinco (Zn) se mantiveram em conformidade com as Resoluções 357/05 (Figura 3). Corroborando com ANA (2015), que realizou um levantamento hídrico na cidade de Santarém, na região de alter-do-chão encontrando concentrações que variaram entre 0,000329 mg L⁻¹ a 0,0611 mg L⁻¹.

O sulfato (SO₄²⁻) e o Sulfeto (S²⁻) são representações do enxofre (S) na natureza, eles são íons bastante abundante no meio e, sua presença pode ser natural, oriundo da dissolução de solos e rochas, ou da agricultura (adubos). O sulfato é bastante presente em produtos de beleza e limpeza, assim como o sulfeto está presente em efluentes domésticos e industriais nesse sentido, em altas concentrações eles

podem ter efeito laxativo (PARRON et al., 2011; FERREIRA et al., 2011; JUVÊNCIO, 2017).

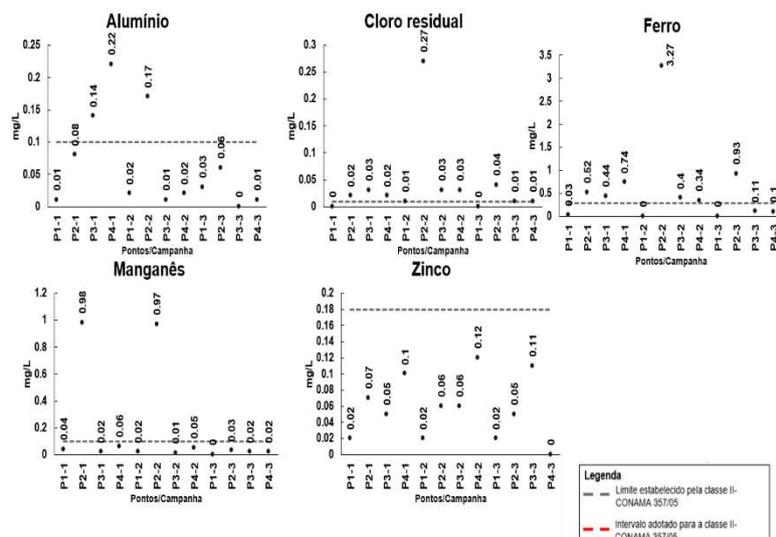


Figura 3: Concentrações de Al, Cl residual, Fe, Mn e Zn (mg/L).

As concentrações de sulfato se mantiveram em conformidade com a resolução 357/05, com concentrações $\leq 14,3 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 4). Mas, as concentrações de sulfetos (S^{2-}) nos pontos P2 ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$; $0,32 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,05 \text{ mg L}^{-1}$), P3 ($0,07 \text{ mg L}^{-1}$; $0,06 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,05 \text{ mg L}^{-1}$) e P4 ($0,05 \text{ mg L}^{-1}$; $0,04 \text{ mg L}^{-1}$ e $0,07 \text{ mg L}^{-1}$), apresentaram elevadas teores em todas as campanhas, estando em desconformidade com a resolução 357/05. Segundo Martins et al. (2010), devido aos sulfetos terem a capacidade de serem insolúveis, isso tende a prejudicar o meio, com o seu acúmulo. Entretanto, no Plano Mestre do Complexo Portuário de Santarém (2017), com enfoque nas análises de água superficial encontrou concentrações de sulfeto (S^{2-}) em consonância com a resolução 357/05 do CONAMA, o que pode indicar que o Tapajós recebe essas altas concentrações, entretanto o fator de diluição do rio Tapajós pode influenciar nos valores (PINHEIRO et al., 2019)

De acordo com Frazão et al. (2011) e , os benefícios do fluoreto (F^{-1}), está relacionado à proteção dos dentes contra cárie, sendo utilizado em Estações de Tratamento de Água – ETA, entretanto, exposições constantes a menores de 8 anos é prejudicial para o esmalte do dente. Neste estudo, as concentrações de fluoreto (F^{-1}) variaram entre $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ a $0,034 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 4), estando em conformidade com a resolução 357/05. Entretanto, para a Portaria GM/MS Nº 888 (2021), o fluoreto (F^{-1}) é essencial para a população. De acordo com Amaral et al. (2017) e Frazão et al. (2016), em seus respectivos estudos, “cárie dentaria em comunidades ribeirinhas do Pará” e “água sem fluoreto (F^{-1}) na Amazônia”, demonstram a necessidade adequada do elemento (F^{-1}) para populações carentes que fazem uso de águas superficiais para sua manutenção diária, pois, as baixas concentrações encontradas são bastantes inferiores para essa manutenção, ou seja, as concentrações de fluoreto na Amazônia estão inferiores ($< 0,3 \text{ mg L}^{-1}$). Porém, segundo Jayashree (2020), a presença de fluoreto em águas superficiais que não receberam a adição do elemento, pode ser oriundo de efluentes industriais ou praticas agrícolas, é a adição nos corpos hídricos pode prejudicar o fluxo biótico dos organismos.

Segundo CETESB (2019), os fenóis são comuns aparecerem em efluentes industriais, possuindo uma

elevada toxicidade, podendo afetar drasticamente os organismos aquáticos, causando convulsões, alteração na cor e alteração metabólica. Os fenóis, nos pontos P2, P3 e P4, apresentaram elevadas concentrações em todas as campanhas (Figura 4). Além disso, Maciel et al. (2019), afirma que a gasolina contém em sua composição, misturas tóxicas de hidrocarbonetos parafínicos, naftalenos e fenóis, nesse contexto, Maciel et al. (2019), conclui em seu estudo sobre “os efeitos genotóxicos da exposição ocupacional em frentistas atuantes em postos de gasolina no município de Santarém”, que a exposição dos frentistas é perigosa e prejudicial a saúde. Desta forma, as altas concentrações de fenóis são perigosas para os moradores que possuem interações com o corpo hídrico, logo, para Cavalcante (2016), é extremamente importante a remoção desse componente químico da água, com intuito de preservar a vida aquática e terrestre.

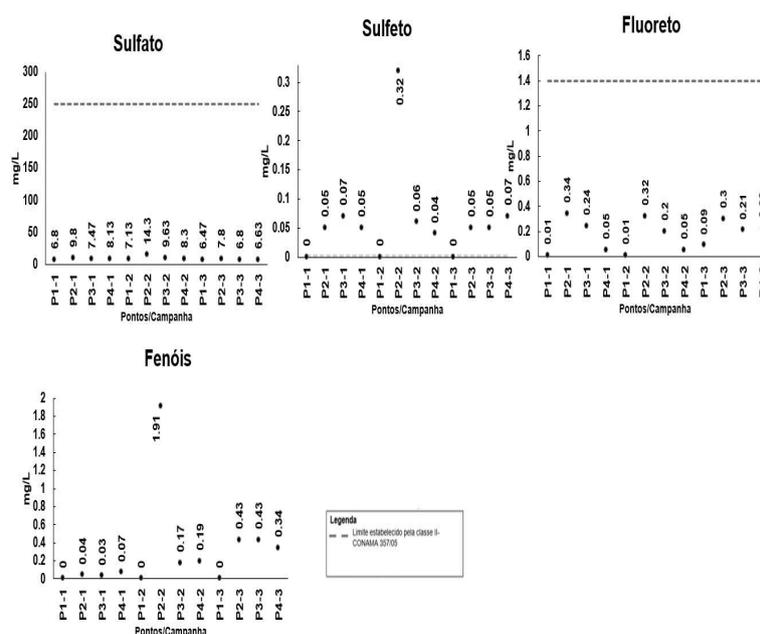


Figura 4: Concentrações de sulfato, sulfeto, fluoreto e fenóis (mg/L).

Os compostos nitrogenados (amônia (NH_3), nitrito (NO^-) e nitrato (NO^-)), estão constantemente presentes no meio como representativo da entrada do nitrogênio, sob esse viés, essa progressividade das substâncias, apresenta características peculiares, como por exemplo o nitrito (NO^-) que dependendo de sua concentração é altamente tóxico, já o nitrato com uma menor toxicidade, pode apresenta-se com resultado final e em quantidades acumuladas. Para algumas espécies de peixes o elevado teor de amônia e nitrato são tóxicos, o que pode causar mortandade em ambientes aquáticos (CETESB, 2019; CAMPOS et al. 2012). As concentrações dos três parâmetros se mantiveram em concordância com a Resolução 357/05, com valores entre $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ a $6,88 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 5), corroborando com o estudo de Aguiar et al. (2014), que encontrou concentrações dos 3 parâmetros em consonância com a resolução, em 24 igarapés na cidade de Santarém e regiões.

Os coliformes termotolerantes, são microrganismos, que possuem como representante principal a *Escherichia coli* (*E.Coli*), de origem fecal de animais homeotérmicos, inclusive a espécie humana, sendo um indicador de poluição (CETESB, 2017; COSTA et al., 2020). Os valores para *E.Coli* estão em conformidade com a Resolução, com concentrações aceitáveis. Entretanto, a presença de coliformes termotolerantes no corpo é preocupante, devido ao uso e consumo que a população local faz do corpo hídrico, para a Portaria

GM/MS Nº 888 (2021), a concentração é recomendada que seja ausente, desta forma, em seu estudo Santos et al. (2020), também encontrou a presença de microrganismos (*E.Coli*), no corpo hídrico do Irurá e, em suas pesquisas e observações, constatou que ao longo do corpo hídrico existem banheiros, casas e animais, que alteram a integridade do meio e colocam em estado de risco o coletivo social

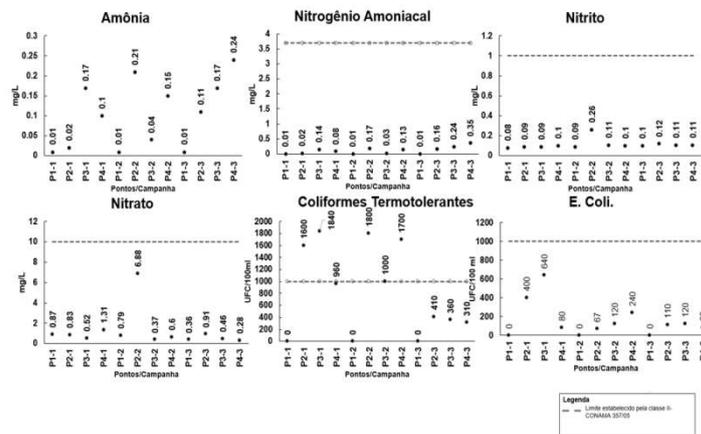


Figura 5: Concentrações de Nitrogênio amiacal, amônia, nitrito, nitrato, coliformes termotolerantes e *E.Coli*.

Ocupação Urbana entorno da microbacia

Ao estabelecer o ponto P1 como *background* em comparação aos demais pontos, pois, o mesmo ainda contém suas características originais. Foi observado que todos os pontos apresentaram variações em torno de suas concentrações, sugerindo uma possível interferência da sazonalidade e de ocupação urbana. Entre os pontos analisados, o ponto P2(montante), apresentou concentrações elevadas em comparação aos demais pontos, principalmente ao ponto P3(jusante), estabelecendo que nas três campanhas, a ETE-Mapirí não comprometeu a qualidade hídrica do corpo receptor.

Os resultados deste estudo estão de acordo com o encontrado por Nascimento et al. (2019), em seu trabalho sobre a diminuição de Áreas de Preservação Permanente – APP na microbacia do Irurá, que destaca o aumento significativo da expansão urbana em torno da microbacia, como é demonstrado na figura 6.

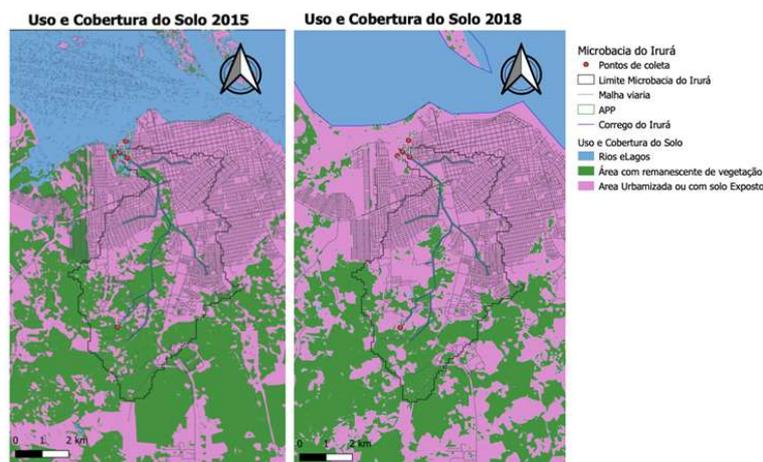


Figura 6: Mudança no uso e cobertura do solo entorno da microbacia do Irurá entre os anos de 2015-2018.

Fonte: Nascimento et al. (2019).

Nessa perspectiva, segundo PMSB/PA (2019) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –

IBGE (2020) , devido à expansão da cidade, fez-se necessário a definição por meios de zonas, para melhor demarcação das localidades, já que as projeções do Plano Municipal demonstram que a população com aproximadamente 302. 667 habitantes em 2018 e, 306.480 em 2020, terá um salto de 338. 791 habitantes em 2030, o que representa uma maior pressão sobre a cidade e aos recursos naturais, levantando o questionamento a respeito da capacidade de suporte da região no atual momento, pois, como pode se observar na figura 6, a mudança de cobertura do solo é rápida e desordenada, e desencadeia a necessidade massiva e intensa de saneamento básico, principalmente a coleta e tratamento de esgoto, já que o leito principal da microbacia do Irurá estar centralizada nessa expansão.

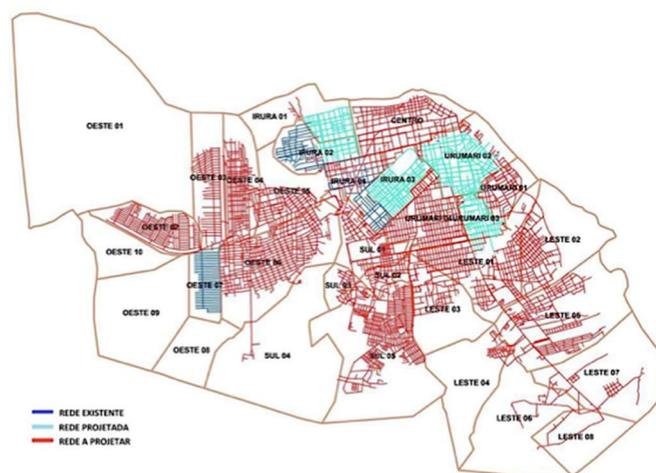


Figura 7: Atendimento de esgotamento sanitário na cidade de Santarém/PA. **Fonte:** PMSB/PA (2019)

Porém, no atual momento o cenário é bastante desfavorável, como evidencia a figura 7, que representa o alcance do esgotamento sanitário, na cidade. Desta forma, é notório que a região possui um atendimento praticamente ínfimo, levando ao maior aporte de efluentes doméstico e industrial sem tratamento correto. Logo, conseqüentemente, o igarapé Irurá recebe essa carga poluidora oriunda dos bairros que pertencem à microbacia.

CONCLUSÃO

As baixas concentrações de oxigênio dissolvido em corpos hídricos podem se tornar prejudiciais aos organismos aeróbicos presentes, dificultando sua existência e desencadear processos nocivos ao seu ciclo de vida, porém, na região amazônica sua concentração é levemente baixa, o que para espécies não representa fatores alarmante de sobrevivência. Entretanto é comum na região Amazônica, que esse parâmetro seja mais baixo em ambientes aquáticos, devido à maior disponibilidade de matéria orgânica de origem florestal, por isso o parâmetro deve ser utilizado em conjunto com outros parâmetros para monitorar a contaminação de ecossistema aquáticos na região.

Portanto, de acordo com os resultados encontrados nos parâmetros escolhidos, a conclusão é que a ETE-Mapirí não influencia nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos do corpo receptor, pois, mesmo que o ponto de lançamento de efluente influencie no meio, quando se compara os valores da Montante(P2) e Jusante(P3), os valores da montante são superiores, ou seja, existe uma influência maior no corpo hídrico antes do lançamento de efluente, posteriormente oriundo da interferência antrópica,

desencadeada pelo aumento excessivo de ocupação ao longo da área da microbacia, alinhada a falta de saneamento básico na região, o qual conflui para uma queda na qualidade no corpo hídrico do Irurá.

Entretanto, o pequeno percentual de residências conectadas ao tronco coletor da ETE do Mapirí pode influenciar no resultado desta pesquisa. Nesse sentido, faz-se necessário o acompanhamento da microbacia do Irurá, e o monitoramento da saída da ETE do Mapirí à medida que o percentual de casas atendidas seja maior. Além disso, é necessário que haja o constante monitoramento da microbacia do Irurá, devido ao processo de expansão urbana em Santarém, o qual não acompanha o saneamento básico no município, o que degrada a qualidade dos recursos hídricos na cidade.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Avaliação dos aquíferos das bacias sedimentares da província hidrogeológica amazônicas no Brasil (escala 1:1.000.000) e cidades pilotos (escala 1:50.000) volume VIII – cidade piloto: Santarém - PA. Tomo I – texto.** Brasília: ANA, 2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Guia nacional de coleta e preservação de amostra.** Brasília: ANA, 2011.

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.6, p.983-992, 2014.

ALBAREDA, A.; TORRES R. L.. **Saneamento, saúde e desenvolvimento regional no Brasil.** 2019.

AMARAL, R. C.; CARVALHO, D. A.; BRIAN, A.; SAKAI, G. P.. A relação entre a saúde bucal e a cárie dentária em 8 comunidades ribeirinhas – Pará, Brasil. **Rev. Bras. Odontol.**, v.74, n.1, Rio de Janeiro, 2017.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** Washington: APHA, 2002.

ARAÚJO, G. V. R.; BARBOSA, I. M. B. R.; ARAÚJO, A. V. R.; TAVARES, R. G.; SILVA, R. C. P.. Avaliação do teor de ferro dos principais sistemas de abastecimento de água da RMR/PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7. **Anais.** Campina Grande, 2016.

AZEVEDO, R. P.. **Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central.** Manaus, 2006.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle de qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS.** Brasília: FUNASA, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de Maio de 2021.** Altera o Anexo xx da Portaria de Consolidação GM/MS Nº 5, de 28 de Setembro de 2017, Para Dispor Sobre os Procedimentos de Controle e de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde 2021.

BRASIL. **Resolução CONAMA N. 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. Brasília, 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA N. 430 DE 13 de Maio DE 2011,** Dispõe Sobre as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes, Complementa e Altera a Resolução n. 357, de 17 de Março de 2005. Brasília, 2011.

CAMPOS, B. R.; MIRANDA FILHO, K. C.; D'INCAO, F.; POERSCH, L.; WASIELESKY, W.. Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão- rosa *farfantepenaeus brasiliensis*. **Atlântica**, Rio Grande, v.34, n.1, p.75-81, 2012.

CAVALCANTE, P. R. M.. **Remoção de fenol de efluentes aquosos utilizando flouculação iônica.** 2016.

CLETO, C. I. T. P. O.. **Alumínio na água de consumo humano.** Dissertação (Mestrado em Química Industrial) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2008.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, **Ficha de informação toxicológica:** zinco, divisão de toxicologia, genotoxicidade e microbiologia ambiental. São Paulo, 2012.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. **Mortandade de Peixes:** oxigênio dissolvido. São Paulo: CETESB, 2019.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, **Mortandade De Peixes:** pH. São Paulo: CETESB, 2019.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. **Mortandade De Peixes:** temperatura da água. São Paulo: CETESB, 2019.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. **Mortandade De Peixes:** amônia. São Paulo: CETESB, 2019.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. **Mortandade De Peixes:** FENOL. São Paulo: CETESB, 2019.

CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. **Variáveis De Qualidade Da Água:** rios e reservatórios. São Paulo: CETESB, 2017.

COSTA, I.; SALDANHA, E. C.; MONTE, C. N.. A sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.6, p.371-382, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC21796858.2020.006.0030>

DANTAS, F. V. A.; LEONETI, A. B.; OLIVEIRAS, V. W. B.; OLIVEIRA, M. M. B.. **Uma análise da situação do saneamento no Brasil, Facef pesquisa: desenvolvimento e gestão**. São Paulo, 2012.

FELISARDO, R. J. A.; SILVA, G. M.; RODRIGUES, C. A.. **Determinação de sólidos totais em suspensão na água produzida: uma análise a partir de uma prática laboratorial**. CONEPETRO, 2018.

FERREIRA, B. C. S.; LIMA, R. M. F.; LEÃO V. A.. Remoção de sulfato de efluentes industriais por precipitação, **Eng Sanit Ambient**, v.16, n.4, 2011.

FERREIRA, S. J. F.; MIRANDA, S. A. F.; MARQUES FILHO, A. O.; SILVA, C. C.. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na reserva florestal adolpho ducque, área de floresta na Amazônia central. **Revista Acta Amazônica**, v.42, n.2, p.533-540, 2012.

FRAZÃO, P.; SANTOS, C. R. I.; BENICIO, D. E. D.; MARQUES, R. A. A.; BENICIO, M. H. D.; CARDOSO, M. A.; NARVAI, P. C.. Cárie dentária em escolares de 12 anos de idade em município sem água fluoretada na Amazônia ocidental Brasileira, 2010. **Epidemiol. Serv. Saúde**, v.25, n.1, 2016.

FRAZÃO, P.; PERES, M. A.; CURY, J. A.. Qualidade da água para consumo humano e concentração de fluoreto. **Rev Saúde Pública**, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação: Censo 2018-2020**, Rio de Janeiro, 2016.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento Básico**. 2020.

JAYASHREE, D. E.; POOJA, G.; KUMAR, P. S.; PRASANMADHA G.. A review on fluoride: treatment strategies and scope for further research, **Desalination and Water Treatment**, p.167-186, 2020, DOI: <http://doi.org/10.5004/dwt.2020.26010>

JUVÊNCIO, W. H.. Adequação do parâmetro sulfeto em uma estação de tratamento de efluentes em uma lavandeira industrial. **Relatório Técnico/Científico**, Tubarão, 2017.

LUIZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. O.. **Parâmetros De Cor E Turbidez Como Indicadores De Impactos Resultantes Do Uso Do Solo, Na Bacia Hidrográfica Do Rio Taquaral**. São Mateus Do Sul, 2012.

MACIEL, L. A.; FEITOSA, S. B.; TROLLY, T. S.; SOUSA, A. B.. Avaliação dos efeitos genotóxicos da exposição ocupacional em frentistas atuantes em postos de gasolina no município de Santarém, Pará. **Revista Brasileira De Medicina Do Trabalho**, São Paulo, 2019.

MARTINS, C. R.; SILVA, L. A.; ANDRADE, J. B.. Sulfetos: por que nem todos são insolúveis?. **Quim. Nova**, v.33, n.10, p.2283-2286, 2010.

MPE. Ministério Público do Estado do Pará. **Análise Do Estudo Da Qualidade Da Água De Consumo De Moradores Do Município De Barcarena – PA**. 2015.

MORANO, C. B. L.. **O Serviço Público De Saneamento Básico E A Lei N° 11.445/07: corte de água e a dignidade da pessoa humana**. 2009.

MORUZZI, R. B.; REALI, M. A. P.. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. **Revista De Engenharia e Tecnologia**, v.4, 2012.

NASCIMENTO, T. S. R.; MONTE, C. N.; SALDANHA, E.. **Influência Da Diminuição Das Áreas De Preservação Permanente-App Em Áreas Urbanas, Sobre A Qualidade Da Água: Estudo De Caso Microbacia Do Irurá, Em Santarém-Pá**. 2019.

OLIVEIRA, J. C.; OLIVEIRA, J. C.; MOTA, J. M. C.; SILVA, L. N. A.; LESS D. F. S.. Diagnóstico Ambiental Em Torno Da Estação De Tratamento De Esgoto-Irurá, No Município de Santarém-PA, Brasil. CONGRESSO SUL AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE, 1. **Anais**. Gramado, 2018.

PANTOJA, N. G. P.. **A Utilização Da Água De Rio Para O Consumo Humano Nas Comunidades Ribeirinhas Na Região De Coari A Itacoatiara / Amazonas – Brasil**. 2015.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. F.; PEREIRA, C. M.. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa florestas. 2011.

PAULA, D. L. M.. **Saneamento em embarcações fluviais de passageiros: análise dos riscos ambientais em relação à poluição hídrica e ao consumo de água**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano) – Universidade Da Amazônia, Belém, 2015.

PINHEIRO, D. C.; SALDANHA, E. C.; MONTE, C. N.. Índice de estado trófico e a proveniência do fósforo e clorofila-a em diferentes estações do ano em uma microbacia Amazônica. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.5, p.89-100, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0009>

PMSB. Plano Municipal de Saneamento Básico. **Revisão Do Plano Municipal De Saneamento Básico De Santarém – PA 2020/2023**. Santarém: Prefeitura Municipal De Santarém, 2019.

SALGADO, S. R. T.; ARAÚJO, A. L. C.. Levantamento da tipologia das estações de tratamento de esgoto oriundas do programa de aceleração do crescimento e a previsão do impacto no índice de tratamento de esgoto no Estado do Espírito Santo. **Eng Sanit Ambient**, v.22, n.2, 2017.

SANTOS, G. P.; OLIVEIRA, L. L.; FERNANDES, G. S. T.; SANTOS, I. I.; ALMEIDA, R. M.; MOURA, E. R. S.. Qualidade Hidrológica e Ambiental de uma Microbacia Urbana de Abastecimento Público de Água na Amazônia Brasileira. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.4, p.154-168, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC21796858.2020.004.0014>

SILVA, C. O.; MIRANDA, M. A.; LESS, D. F. S.. Análise dos serviços de saneamento básico e a incidência de casos de Chikungunya no Bairro da Matinha em Santarém (PA). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, p.133-146, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0015>

SILVA, L. M.. **Estudo da correlação entre o oxigênio dissolvido e a matéria orgânica em diferentes ambientes aquáticos da região Amazônica**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal Do Amazonas, Manaus, 2012.

SNIS. Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento. **Diagnóstico Dos Serviços De Água E Esgoto**. 2019.

SOUZA, E.; FERREIRA, D.; GUIMARÃES, J.; FRANCO, V.; AZEVEDO, F.; MORAES, B.; SOUZA, P.. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da Amazônia oriental. **Revista Brasileira De Climatologia**, 2017.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.