

CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL NOS DISTRITOS ADMINISTRATIVOS DO MUNICÍPIO DE BELÉM – PA

Gysele Maria Morais Costa

Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil

gyselemorais@hotmail.com

Altem Nascimento Pontes

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil

altempontes@hotmail.com

Danielle Nazaré Salgado Mamede Pantoja

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil

danielle.salgado@hotmail.com

Nailda Gomes Pantoja

Laboratório Central do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil

naildago@yahoo.com.br

Gleice dos Santos Cabral

Laboratório Central do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil

gleicescabral@hotmail.com

Hebe Morganne Campos Ribeiro

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil

hebemcr@gmail.com

Marcus Victor Almeida Campos

Universidade do Estado do Pará, Belém, Pará, Brasil

marcusvictor.campos@gmail.com

Resumo

A água considerada um recurso natural limitado apresenta importância vital para a sobrevivência de organismos vivos. Entretanto, o crescimento populacional atrelado a maior exploração da natureza comprometeu a qualidade das águas superficiais. A cidade de Belém está presente entre as piores cidades de saneamento básico do país. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi caracterizar a qualidade superficial da água na área das praias dos distritos de Mosqueiro, Outeiro e Icoaraci através de parâmetros físico-químico e microbiológico. Esta pesquisa foi uma análise secundária dos dados disponibilizados pelo Laboratório Central do Pará (LACEN-PA) referente ao estudo das águas superficiais. Resultados apontam que os parâmetros sólidos dissolvidos totais, cor verdadeira, cloreto e sulfeto ultrapassaram o valor máximo permitido do CONAMA 357/2005. Estes parâmetros podem ter sido influenciados por pontos de lançamento de esgoto *in natura* nas praias somado ao processo de lixiviação. Já na estatística os maiores valores dos fatores 1 e 3 estão associados a concentração de matéria orgânica e fisiologia humana indica o tratamento não adequado ou suficiente de esgoto sanitário. Portanto, é imprescindível um olhar mais crítico a essas áreas com o investimento de políticas públicas, como a implantação de rede coletora e tratamento de esgoto atrelada a melhores condições e infraestrutura para moradias.

Palavras – chave: Qualidade; Água superficial; Belém.

CHARACTERIZATION OF THE QUALITY OF SURFACE WATER IN THE ADMINISTRATIVE DISTRICTS OF THE MUNICIPALITY OF BELÉM – PA

Abstract

Water considered a limited natural resource is vitally important for the survival of living organisms. However, population growth coupled with greater exploitation of nature has compromised the quality of surface waters. The city of Belém is among the worst cities of basic sanitation in the country. In this sense, the objective of this study was to characterize the surface water quality in the area of the beaches of the districts of Mosqueiro, Outeiro and Icoaraci through physical-chemical and microbiological parameters. This research was a secondary analysis of the data made available by the Central Laboratory of Pará (LACEN-PA) regarding the study of surface waters. Results show that the total dissolved solid parameters, true color, chloride and sulfide exceeded the maximum allowed value of CONAMA 357/2005. These parameters may have been influenced by the release points of raw sewage on the beaches added to the leaching process. In statistics, the highest values of factors 1 and 3 are associated with the concentration of organic matter and human physiology indicates the inadequate or sufficient treatment of sanitary sewage. Therefore, it is essential to take a more critical look at these areas with the investment of public policies, such as the implementation of a collection network and sewage treatment linked to better conditions and infrastructure for housing.

Key words: Quality; Surface water; Belém.

CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LOS DISTRITOS ADMINISTRATIVOS DEL MUNICIPIO DE BELÉM – PA

Resumen

El agua considerada un recurso natural limitado es de vital importancia para la supervivencia de los organismos vivos. Sin embargo, el crecimiento poblacional vinculado a una mayor explotación de la naturaleza comprometió la calidad de las aguas superficiales. La ciudad de Belém se encuentra entre las peores ciudades de saneamiento básico del país. En este sentido, el objetivo de este estudio fue caracterizar la calidad superficial del agua en la zona de playas de los distritos de Mosqueiro, Outeiro e Icoaraci mediante parámetros físico-químicos y microbiológicos. Esta investigación fue un análisis secundario de los datos proporcionados por el Laboratorio Central de Pará (LACEN-PA) sobre el estudio de las aguas superficiales. Los resultados muestran que los parámetros de sólidos disueltos totales, color verdadero, cloruro y sulfuro excedieron el valor máximo permitido de CONAMA 357/2005. Estos parámetros pueden haber sido influenciados por puntos de descarga de aguas residuales in natura en las playas, sumados al proceso de lixiviación. En estadística, los valores más altos de los factores 1 y 3 están asociados con la concentración de materia orgánica y la fisiología humana indica un tratamiento inadecuado o insuficiente de las aguas residuales sanitarias. Por lo tanto, es fundamental una mirada más crítica a estas áreas con la inversión de políticas públicas, como la implementación de una red de recolección y tratamiento de aguas residuales vinculadas a mejores condiciones e infraestructura para la vivienda.

Palabras clave: Calidad; Superficie del agua; Belén.

Introdução

A água, considerada um recurso natural limitado, apresenta importância vital para a sobrevivência de organismos vivos, além de influenciar diretamente na economia, lazer, cultura e meio social (ALMEIDA; SOUZA, 2019). A Política Nacional dos Recursos Hídricos - PNRH acrescenta que se deve assegurar a qualidade da água para múltiplos usos (BRASIL, 1997). Entretanto, o crescimento populacional atrelado a maior exploração da natureza, comprometeu a qualidade da mesma, principalmente, devido a poluição das águas por efluentes domésticos, industriais e agrícolas (ALVES et al., 2010).

A população estimada para o Estado do Pará é cerca de 8.690.745 habitantes e cerca de 5.9% da população total tem atendimento com rede de esgoto (IBGE, 2020; SNIS, 2019). A capital paraense, conhecida por seus rios, está presente no *ranking* de saneamento do Instituto Trata Brasil como uma das piores cidades do país, onde 15,91% da população urbana tem acesso à coleta de esgoto, no entanto apenas 2,82% do esgoto é tratado (TRATA BRASIL, 2021). Nesse sentido, o lançamento de esgoto *in natura* nos rios permite a poluição e contaminação dos corpos hídricos por efluentes doméstico e são preocupações pertinentes, visto a necessidade dele para o ecossistema, social, cultural e econômico (NOVAES; SILVA, 2016).

A cidade de Belém é dividida em distritos administrativos, entre eles o distrito administrativo de Mosqueiro (DAMOS), Outeiro (DAOUT) e de Icoaraci (DAICO) (PMB, 1994). A maior população residente concentra-se no DAICO com 167.035 habitantes, em seguida o DAOUT com 38.731 habitantes e DAMOS com 33.232 habitantes (PMB, 2011). Importante mencionar que tanto DAMOS quanto DAOUT possuem como tipo de instalação sanitária a fossa séptica, rudimentar, vala e rios (PMB, 2014).

Nesse sentido, a legislação vigente no país para qualidade da água superficial do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 357/2005 estabelece limites de concentrações de variáveis químicas, físicas e microbiológicas presentes na água (BRASIL, 2005). No entanto, para facilitar o entendimento de diferentes variáveis foi empregada a estatística inferencial para avaliar os resultados, de modo a relacionar os diferentes parâmetros de acordo com os pontos de coleta.

Portanto, os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos são indicadores de poluição e contaminação dos recursos hídricos resultantes da ação antrópica (BRASIL, 1981). Nesse contexto, as praias do estudo estão cercadas pela expansão urbana, redução da mata ciliar e deficiência no tratamento de esgoto. Desse modo, o objetivo desse estudo foi

caracterizar a qualidade superficial da água na área das praias dos distritos de Mosqueiro, Outeiro e Icoaraci através de parâmetros mais representativos e associou-se os resultados analíticos a uma possível influência antrópica, visto também as particularidades de formação da região amazônica.

Material e Métodos

Área de Estudo

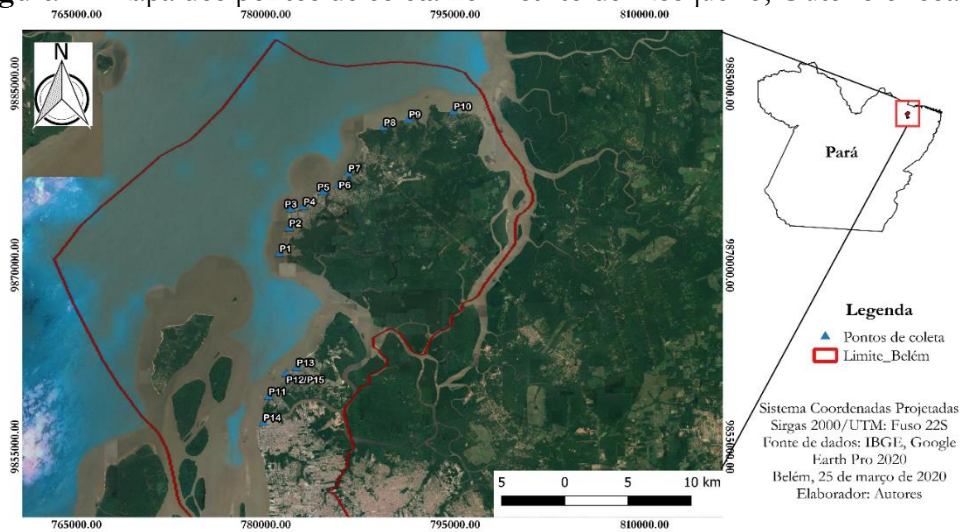
A cidade de Belém concentra um terço da população estadual e é a segunda mais populosa da Amazônia (IBGE, 2010; PEREIRA; VIEIRA, 2016). A capital paraense é banhada por importantes rios que formam as praias de água doce sendo uma atração turística para a cidade e seus distritos (CABRAL; DIAS; GOMES, 2015). Os objetos de estudo pertencem a Zona Costeira Paraense (ZCP) que é dividido em cinco setores, sendo localizado no setor três denominado de continental estuarino (SEMAS, 2020).

O DAMOS pertence à região metropolitana de Belém (RMB) localizado na costa oriental do rio Pará e em frente da baía do Marajó, é muito procurado para refúgio da cidade devido sua proximidade, cerca de 70 km de Belém (PARÁ, 2016). Analisaram-se a qualidade da água superficial das praias do Areão, Grande, Farol, Chapéu Virado, Murubira, Ariramba, São Francisco, Marahú, Paraíso e Baía do Sol.

O DAICO e o DAOUT compreendem a área da baía do Guajará e tem como confluente os rios Guamá e Acará (PARÁ, 2016). O regime hidrodinâmico é influenciado pela ação da maré e descargas fluviais (ALENCAR et al., 2019). As praias Grande, de Brasília, Amor e do Cruzeiro estão localizadas em bairros populosos da capital paraense.

A região metropolitana de Belém, segundo Koppen, possui um clima tropical úmido definido por Af, caracterizado pela pluviosidade alta em períodos mais chuvosos, de dezembro a maio, e menos chuvosos de junho a novembro. Importante ressaltar que no período de menor intensidade pluviométrica as águas dessas praias ficam levemente salobras devido à penetração da água marinha (RIBEIRO, 2004). Na Figura 1 estão localizados os pontos de coleta na área de estudo.

Figura 1 - Mapa dos pontos de coleta no Distrito de Mosqueiro, Outeiro e Icoaraci.



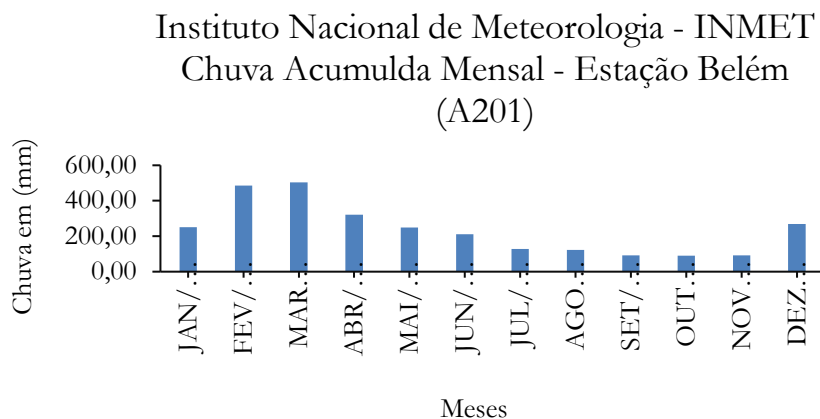
Fonte: Autores, 2020.

Amostragem e Análise de laboratório

Esta pesquisa é uma análise secundária dos dados disponibilizados pelo Laboratório Central do Pará (LACEN-PA) referente ao estudo das águas superficiais nos municípios da costa paraense. Os distritos desse estudo foram selecionados por estarem na Região Metropolitana de Belém e por ela apresentar particularidades nas atenções de políticas públicas de saneamento básico.

Foram pesquisados o período de chuva, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que caracterizou o período mais chuvoso entre os meses de dezembro a maio e menos chuvoso de junho a novembro, apresentado na Figura 2, e a realização da coleta ocorreu em vazante ou enchente de acordo com o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Figura 2 - Período de Chuvas no ano de 2016 para a cidade de Belém.



Fonte: INMET, 2016.

A coleta das amostras de água ocorreu no ano de 2016 no regime de maré característica de semi-diurna, onde a maioria dos pontos coletados foi na enchente, com exceção do ponto de Outeiro (P15) coletado na vazante. O Quadro 1 apresenta os locais no qual foram coletadas as amostras de água e o período relacionado ao regime de chuvas.

Quadro 1 - Denominação da nomenclatura para o local de coleta e o regime de chuvas.

Nomenclatura para os Pontos	Local e Data de Coleta	Período de Chuva
P1	Praia do Areão (02/12)	Mais chuvoso (a)
P2	Praia Grande (02/12)	Mais chuvoso (a)
P3	Praia do Farol (02/12)	Mais chuvoso (a)
P4	Praia do Chapeú Virado (02/12)	Mais chuvoso (a)
P5	Praia do Murubira (02/12)	Mais chuvoso (a)
P6	Praia do Ariramba (01/12)	Mais chuvoso (a)
P7	Praia de São Francisco (01/12)	Mais chuvoso (a)
P8	Praia do Marahú (01/12)	Mais chuvoso (a)
P9	Praia do Paraíso (01/12)	Mais chuvoso (a)
P10	Praia Baía do Sol (01/12)	Mais chuvoso (a)
P11	Praia da Brasília (30/11)	Menos chuvoso (b)
P12	Praia Grande Outeiro (30/11)	Menos chuvoso (b)
P13	Praia do Amor (30/11)	Menos chuvoso (b)
P14	Praia do Cruzeiro (30/11)	Menos chuvoso (b)
P15	Praia Grande Outeiro (22/09)	Menos chuvoso (b)

Fonte: Autores, 2019.

A coleta das amostras seguiu as normas da Associação Brasileira de Normas e Técnicas - NBR 9898 e da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Para avaliar a qualidade da água superficial foi utilizada a Resolução CONAMA nº 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. A coleta ocorreu com sacos coletores estéreis de 500 mL de capacidade para análises microbiológicas e físico-químicas.

As amostras foram transportadas para o LACEN-PA em caixa isotérmica contendo gelo gel para evitar o contato direto com a amostra, e assim mantido refrigerado até o momento da análise. Os parâmetros para a análise foram determinação de sulfato, cloreto, nitrato, nitrito, sólidos dissolvidos totais, pH, demanda de cor verdadeira, turbidez, *Escherichia coli* e teor de amônia. O Quadro 2 apresenta os métodos analíticos para cada parâmetro mencionado que seguiram o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition* (2017).

Quadro 2 - Tabela dos métodos analíticos para cada variável estudada.

Parâmetros	Método analítico
E. coli	Substrato enzimático
Nitrato, nitrito, teor de amônia e sulfato	Colorimétrico
Demanda de cor verdadeira	Espectrofotometria
Turbidez	Turbidimetria
Sólidos totais dissolvidos	Condutivimetria
Cloreto	Titulometria
pH	Potenciometria

Fonte: Autores, 2019.

Análise estatística dos dados

Para o tratamento estatístico desse estudo foram utilizados a estatística inferencial método multivariado, como análise de componentes principais (PCA) no software Statistica 13.5 e Microsoft Excel 2016. Inicialmente, os dados foram organizados em 15 linhas (amostras – praias) e 10 colunas (variáveis – sulfato, nitrito, nitrato, amônia, *E. coli*, pH, cor verdadeira, cloreto, turbidez e sólidos totais dissolvidos). O processo da matriz original foi o auto escalonamento, em que cada variável teve a média igual a zero e o desvio padrão igual a 1 para a padronização dos dados devido as unidades diferentes.

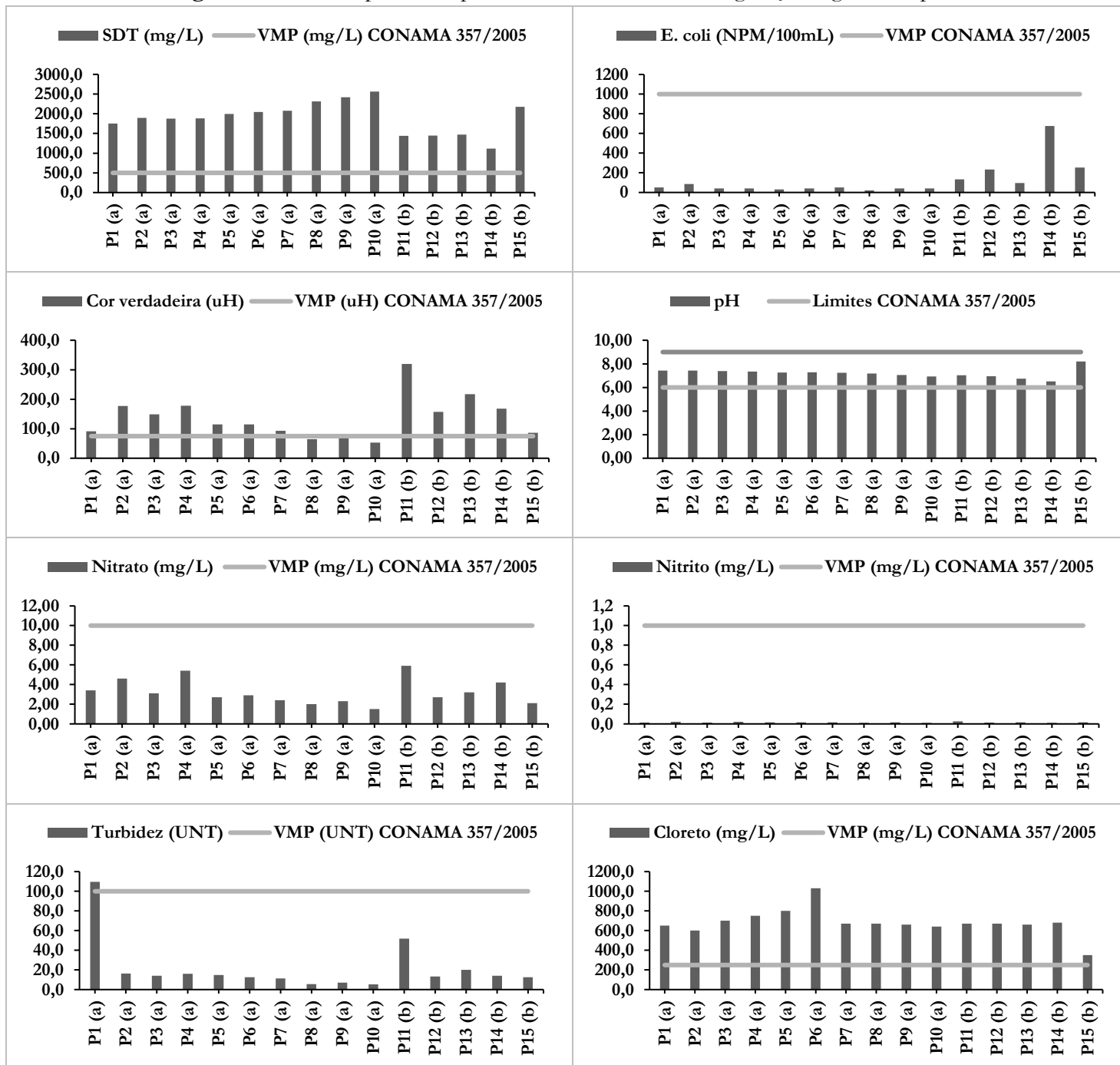
Para os autores Hongyu, Sandanielo e Junior (2016), a PCA é a redução da massa de dados sem perder suas informações de forma a obter um conjunto de variáveis significativas em eixos ortogonais não correlacionados formando as componentes principais que são combinações lineares. O principal objetivo desse método é a obtenção de um pequeno número de combinações lineares com informações significativas do conjunto de variáveis originais.

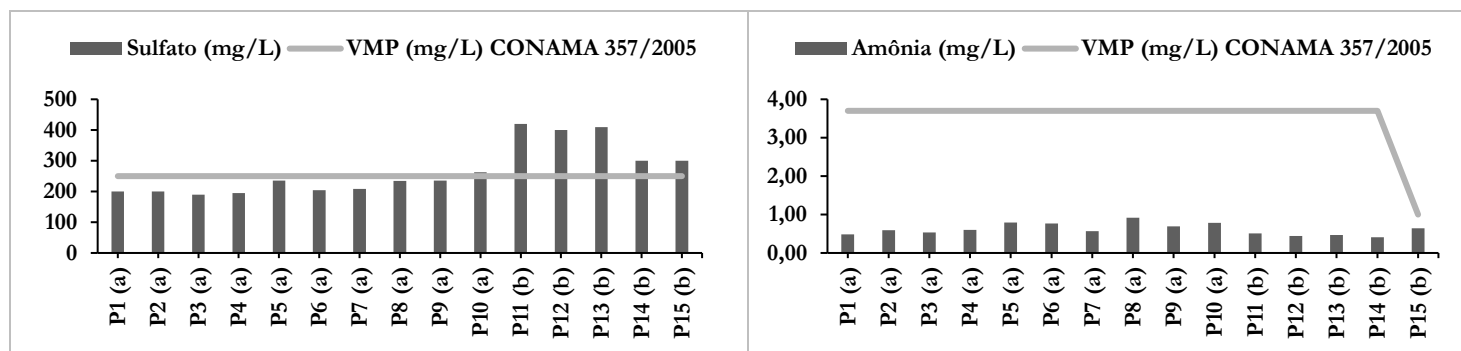
Resultados e Discussão

Análise físico-química, microbiológica e a relação com a resolução vigente

Segundo os autores Miranda et al. (2015), as águas superficiais do estudo estão enquadradas em água doce, classe II, em decorrência da salinidade apresentada, sendo preponderante para comparar se os parâmetros analisados ultrapassaram o valor máximo permitido pela CONAMA 357/2005. A Figura 3 apresenta gráficos de cada parâmetro com o limite da legislação vigente no país.

Figura 3 - Gráficos para cada parâmetro com o limite da legislação vigente no país.





VMP: Valor Máximo Permitido

Fonte: LACEN, 2016

Os dados referentes a sólidos dissolvidos totais (SDT) em todos os pontos coletados apresentaram valores maiores que o permitido pela legislação. Importante mencionar que os maiores índices ocorreram no período mais chuvoso e na maré vazante (P15). Os estudos de Alencar et al. (2019) apontam na Baía do Guajará, particularmente em Outeiro, uma média de 273,69 mg/L no período menos chuvoso, associada a entrada da água oceânica do Atlântico de forma mais intensa próximo a foz. Por outro lado, os dados elevados no período mais chuvoso deveriam apresentar maior diluição, conseqüentemente, menor valor de SDT. No entanto, se observou, principalmente no distrito de Mosqueiro, que os resultados elevados podem estar associados a contribuição de maiores concentrações de poluentes da montante, no caso as praias de Outeiro e Icoaraci, em direção à jusante, além da influência da chuva, como exemplo, o escoamento superficial e outros problemas relacionado a saneamento básico no local.

Nesse contexto, Von Sperling (2014) descreve que a origem natural é de menor importância e que a origem antropogênica tem maior expressividade. Assim, a área de estudo é caracterizada por uma intensa urbanização sem infraestrutura adequada em que recebe um volume de efluentes domésticos por meio dos igarapés/rios/canais favorecendo um aumento poluentes na água (MIRANDA et al., 2009; RIBEIRO, 2002). Os valores obtidos se assemelham ao estudo no rio Aurá, próximo ao aterro sanitário, em que se apresentou em média 2.950 mg/L no período mais chuvoso e 3.410 mg/L de SDT no período menos chuvoso (FILHO; JUNIOR; MORALES, 2008). No caso da DAMOS, o plano de abastecimento de água e esgotamento sanitário indica que não há aeradores e o tanque de contato, já deteriorado, tendo apenas uma estação de tratamento com capacidade de funcionamento de 55%, ou seja, uma considerável parte de efluentes doméstico é lançada *in natura* nas praias (PBM, 2014).

Para o potencial hidrogeniônico, em todos os locais mantiveram-se entre 6 a 9, limite aceito pela legislação. No período mais chuvoso a média de pH foi 7,25 e no período menos chuvoso de 7,09, valores estes na faixa da neutralidade. Esteves (1998) menciona que o pH é um parâmetro difícil de interpretar devido ao número de elementos que podem influenciar sua quantificação. Nesse sentido, a chuva, formação geológica, matéria orgânica e região estuarina podem ser um fator influenciador (SIQUEIRA; APRILE; MIGUÉIS, 2012). Nesse caso, importante mencionar que com o aumento de chuvas o pH tende a torna-se mais próximo da neutralidade devido a maior diluição dos compostos dissolvidos. (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000; PIRATOBA et al., 2017). Nesse sentido, valores semelhantes demonstraram a proximidade do pH a neutralidade no estudo de Santos (2018) na baía do Guajará onde o pH varia de 6,2 a 6,9 no período mais chuvoso.

Para o parâmetro de indicador microbiológico *E. coli*, nenhum dos resultados extrapolou o limite máximo permitido pela legislação, porém se pode observar um aumento na quantificação deste micro-organismo nos pontos coletados no período menos chuvoso o que vem a corroborar com dados descritos em Miranda et al. (2015) que descrevem a maior concentração de micro-organismos em períodos de menor pluviosidade, onde a capacidade de diluição do corpo hídrico é menor. A *E. coli* é a bactéria presente em animais de sangue quente, encontradas em esgoto, indicando contaminação recente e exclusivamente fecal (VON SPERLING, 2014). No estudo, a presença desses organismos patogênicos na água é decorrente dos esgotos urbanos lançados e localizados nas praias, em razão disso, há potencialidade de transmitir de doenças.

A turbidez é caracterizada por partículas em suspensão, por exemplo matéria orgânica e compostos inorgânicos, que pode reduzir a entrada de luz na água, afetando a vida aquática, pois diminui a reposição de oxigênio (CETESB, 2017; ALENCAR et al., 2019). Nos estudos de Miranda et al. (2015), em Mosqueiro, os valores para turbidez em média para o período mais chuvoso foi de 39,57 UNT e para o menos chuvoso de 35,55 UNT. Já os autores Miranda et al. (2017) indicam no rio Parafuso, no município do Moju, Pará, valores de 14,06 e 25,95 UNT para período mais chuvoso e menos chuvoso respectivamente. Os valores de ambos autores apresentam similaridade com o apresentado nessa pesquisa. A particularidade foi o P1 que pode ser explicada por parada e lavagem de barcos pesqueiros que pode contribuir para a elevada turbidez na água, além do escoamento superficial nesse período (VIANA, 2013).

A demanda de cor verdadeira está associada ao grau de redução da intensidade da luz no momento de atravessar, ou seja, quanto maior o valor da cor menor a penetração da luz (BRASIL, 2014; CETESB, 2017). Este parâmetro se apresentou sensível à influência pluviométrica unida ao lançamento de esgoto doméstico, visto que a maioria dos pontos está em desacordo com o CONAMA 357 (HAGEMANN; GASTALDINI, 2016). Pode-se observar que no período menos chuvoso apresentou o maior valor, contrário que apresenta os trabalhos de Piratoba et al. (2017) no rio Pará, Alencar et al. (2019) e Araújo (2018) na baía do Guajará em que indica valores maiores no período mais chuvoso. Entretanto, este fator pode ser elucidado, de acordo com Sousa et al. (2015), que mapeou as tubulações de drenagem que, na maioria, encaminham esgoto de forma bruta para as praias, sendo sete pontos em Outeiro e uma em Icoaraci.

As diferentes formas de nitrogênio não ultrapassaram o limite permitido em nenhuma área de estudo. A poluição remota está associada ao nitrato e nitrito. Estes são solúveis em água e sua ingestão em elevadas concentrações pode provocar risco à saúde humana como o aparecimento do câncer e em mulheres gestantes pode resultar na “síndrome do bebe azul” (COSTA; KEMPKA; SKORONSKI, 2016). No trabalho de Santos (2018), nitrato e nitrito mantiveram-se no padrão da legislação na baía do Guajará, com valor máximo de 1,6 mg/L e 0,2 mg/L, respectivamente. Por outro lado, a amônia indica uma poluição mais recente por esgoto doméstico e está relacionada à concentração de matéria orgânica. Silva (2006) menciona que para ambos os parâmetros há similaridade por influência da chuva, pelo processo de carreamento e por fontes sanitárias próximas ao curso d’água, corroborando com o estudo de Miranda et al. (2015) nas praias de Mosqueiro, onde a variação para este parâmetro variou pouco para os diferentes regimes de chuvas e dentro do limite aceitável.

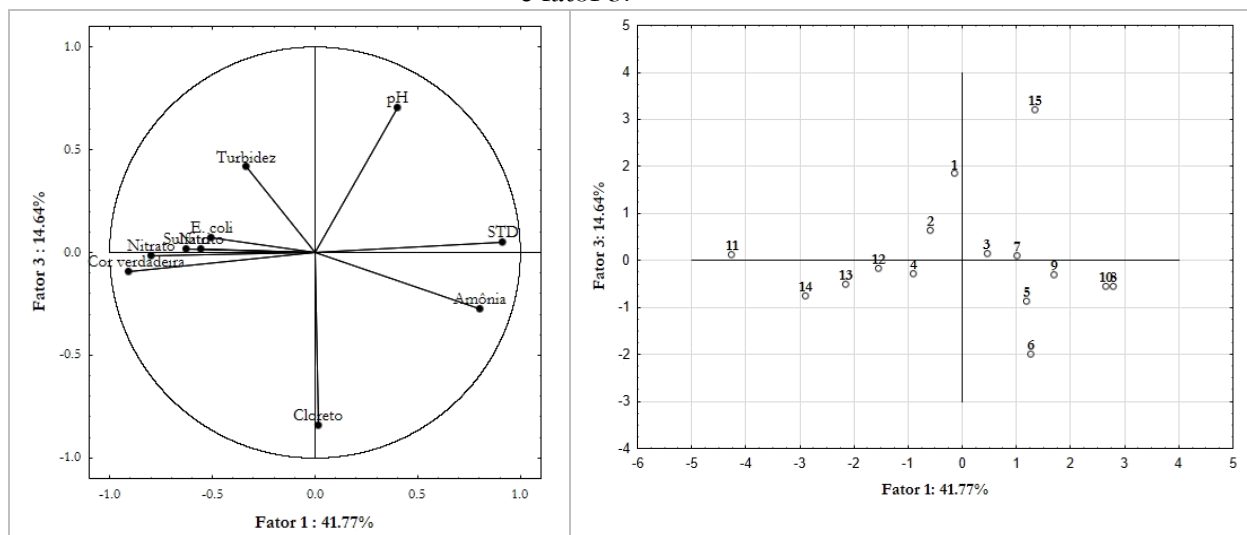
Os íons sulfato (SO_4^{-2}) e cloreto Cl^- são solúveis em água e o aumento indica, em águas superficiais, poluição por esgotos domésticos próximos às praias (STELLATO, 2017). Esses parâmetros são de origem natural, dissolução de solos e rochas, e de origem antropogênica, representada pelo esgoto doméstico, onde o cloreto é responsável por até 95% de excretas humanas expelidas por dia (CETESB, 2017). Portanto, nota-se que as praias que ultrapassam o limite permitido pela CONAMA 357 estão presentes em áreas urbanas, onde o impacto da ocupação irregular, sem planejamento urbano e infraestrutura, compromete a qualidade ambiental do local (PEREIRA; VIEIRA, 2016).

Análise estatística

Os fatores apresentados descreveram 56,41% da variância total. A escolha dos fatores 1 e 3 ocorreu devido à coerência dos dados. Nonato et al. (2007, p. 5) acrescentam que “quanto mais paralelo é o vetor de peso ao eixo da componente principal maior é a importância do parâmetro correspondente”.

No fator 1 (eixo horizontal) observou-se o coeficiente positivo para STD e amônia, enquanto *E. coli*, sulfato, nitrato, nitrito e cor verdadeira possuíram coeficientes negativos. Já o fator 3 (eixo vertical) apresentou o coeficiente positivo maior para pH e cloreto para o negativo. Diante disso, pode-se atribuir aos pontos próximos ao eixo horizontal que há introdução de esgoto doméstico, poluição orgânica e fatores biológicos recorrentes do precário tratamento sanitário (GUEDES et al., 2012; SILVA; GOVEIA, 2019). Por outro lado, o eixo vertical aponta o processo de carreamento, lixiviação de materiais, ações antrópicas e até processos naturais geológicos da região, como a intrusão da água estuarina e a presença de substâncias fúlvicas e húmicas (PIRATOBA et al., 2017), como ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Gráfico *biplot* de scores e pesos (*loadings*) para as componentes principais fator 1 e fator 3.



Portanto, a região de estudo, apesar de estar presente em uma área estuarina e sofrer influência, por exemplo de cloreto, os altos valores do mesmo estão somados à ação antrópica nas praias. Assim, os fatores 1 e 3 mostram os maiores coeficientes para parâmetros associados a despejo inadequado de esgoto doméstico *in natura* e a influência do regime de

chuvas no processo de escoamento e diluição. O ponto 15 foi o único coletado no período vazante e, por isso, apresenta-se de forma mais isolada dos demais agrupamentos.

Considerações finais

A degradação da qualidade ambiental é resultante de atividades direta ou indireta que alteram as características do meio ambiente, que pode prejudicar o ecossistema, a população e os aspectos socioeconômicos. Nesse sentido, o lançamento de efluentes domésticos em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos foram avaliados na qualidade das águas superficiais onde permitiu a discussão com aspectos ambientais e urbanos de acordo com a especificidade de cada área de estudo.

O estudo mostrou que os principais problemas para a qualidade ambiental da água estão relacionados à pressão populacional, expansão urbana desordenada e saneamento básico precário. Estes fatos são evidenciados pela alteração em alguns parâmetros que apresentaram valores maiores que o permitido pela legislação brasileira.

Nesse contexto, os parâmetros como cloreto, sulfato, cor verdadeira, SDT e um ponto em turbidez mostraram-se em desacordo com a legislação. Este fato implica indicar que a influência estuarina é de menor expressividade, destacando os problemas e a deficiência no tratamento de efluentes domésticos. Nitrato, nitrito, *E. coli* e amônia estão nos padrões estabelecidos, no entanto, a estatística indicou que a maioria dos pontos das amostras estão concentrados no eixo horizontal, fator 1 da PCA, que agrupa e evidencia por estudos de diagnóstico a localização dos pontos margeado por lançamento de esgoto *in natura* nas praias.

Portanto, é imprescindível um olhar mais crítico a essas áreas com o investimento de políticas públicas, como a implantação de rede coletora e tratamento de esgoto atrelada a melhores condições e infraestrutura para moradia, além da introdução de uma educação ambiental para a população, por exemplo, descarte correto de resíduos sólidos para que esse material não seja carregado para às praias.

Referências

ALENCAR, V. E. S. A. et al. Análise de parâmetros de qualidade da água em decorrência de efeitos da precipitação na baía do Guajará – Belém – Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 661-680, 2019.

ALMEIDA, W. R. F. de; SOUZA, F. M. de. Análise Físico-Química da Qualidade da Água do Rio Pardo no Município de Cândido Sales – BA. **Id On Line Revista de Psicologia**,

[s.l.], v. 13, n. 43, p.353-378, 18 dez. 2018. Lepidus Tecnologia.
<http://dx.doi.org/10.14295/idonline.v13i43.1534>. Disponível em:
<<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1534/2262>>. Acesso em: 16 julho 2019

ALVES, R. I. da S. et al. Evaluation of heavy metal levels in surface water and sediments of Monte Alegre Stream and tributaries, Ribeirão Preto, SP, Brazil (doi: 10.4136/ambi-agua.157) (Portuguese). **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [s.l.], v. 5, n. 3, p.122-132, 30 dez. 2010. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.157>

ARAÚJO, V. E. S. Análise de alguns parâmetros de qualidade da água na baía do Guajará em Belém – Pa e os efeitos do regime pluviométrico e de mares. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2018. 121f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987b.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem com estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário oficial da união**. Brasília, 17 mar. 2005. Disponível em:
<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 16 julho 2019.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 de agosto de 1981. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 16 julho 2019

BRASIL. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

CABRAL, E. R.; DIAS, J. S.; GOMES, S. C. Gestão ambiental em espaços de lazer e Turismo: as praias urbanas da Amazônia Brasileira. **Rosa dos Ventos**, v. 7, n. 2, p. 269–287, 2015.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 618-622, 2000.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras. 2011.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. Apêndice E Significado Ambiental das variáveis de qualidade. 2017

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E. The contamination of fresh water by nitrate: the background of the problem in Brazil, the consequences and the emerging solutions. **REDE: Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 10, n. 02, p. 49–61, 2016.

CPTEC. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://ondas.cptec.inpe.br/>. Acesso: 02.03.2020

EL-ROBRINI, M. et al. Erosão e progradação do litoral brasileiro – Pará. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_arquivos/pa_erosao.pdf. Acesso em: 02.03.2020

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia**, Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 601 p.

FILHO, O. B. Q. O.; JUNIOR, A. R. M., MORARES, G.P. Avaliação hidrogeoquímica na área de abrangência do Parque Ambiental de Belém – PA. **Anais. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. 2008

GUEDES, H. A. S. et al. Aplicação da análise multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.5, p-558-563, 2012.

HAGEMANN, S. E.; GASTALDINI, M. DO C. C. Variação da qualidade da água de chuva com a precipitação: aplicação à cidade de Santa Maria-RS. **RBRH** [online], v.21, n.3, pp.525-536, 2016. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011615010>.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. O. de. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering And Science**, Cuiabá, v. 5, n. 1, p.83-90, 2016. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/3398>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama. População estimada para 2018. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama. Esgotamento sanitário adequado. 2010.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Chuva acumulada mensal x Chuva. Belém (PA) para o ano de 2016.

MIRANDA, C. et al. Uso e qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio Parafuso (Moju, Pará, Brasil). **Revista Recursos Hídricos**, v. 38, n. 2, p.51-62, dez. 2017. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rh38n2-cti2>

MIRANDA, M. V. T. de. et al. Índices de qualidade da água da Ilha de Mosqueiro-PA. **Revista Dae**, v. 64, n. 201, p.74-81, 2015. Revista DAE. <http://dx.doi.org/10.4322/dae.2015.005>.

MIRANDA, R. et al. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia - Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Ambiente e Água**, v. 4, n. 2, p.75-92, 30 ago. 2009. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.88>.

NBR 9898. Associação Brasileira de Normas Técnicas: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 1987b.

NONATO, E. A. et al. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DA BACIA DO ALTO CURSO DO RIO DAS VELHAS. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 4, p.797-804, 2007. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=1801>. Acesso em: 15 jul. 2019.

NOVAES, V. G. B.; SILVA, I. M. da. Valoração do recurso "água" a partir da disposição a pagar dos usuários: Estudo aplicado nas áreas atendidas pela cosanpa na Região Metropolitana de Belém. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 16, p.49-57, 2016. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/holos.v16i1.10406>. Disponível em: <<https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/10406>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

PARÁ. Secretaria dos Portos da Companhia Docas do Pará. Diagnóstico Ambiental do Porto Organizado de Belém. 2016

PEREIRA, F. da S.; VIEIRA, I. C. G. Expansão urbana da Região Metropolitana de Belém sob a ótica de um sistema de índices de sustentabilidade. **Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, Taubaté, v. 11, n. 3, p.731-744, 23 jun. 2016. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1878>. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n3/1980-993X-ambiagua-11-03-00731.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

PIRATOBA, A. R. A. et al. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 435-456. May/Jun. 2017. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>.

PMB. Prefeitura Municipal de Belém. Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão (SEGEP). Divisão Política Administrativa dos Distritos Administrativos do município de Belém conforme a Lei nº 7.682 publicado no Diário Oficial do Município, em 05 de janeiro de 1994.

PMB. Prefeitura Municipal de Belém. Anuário estatístico do município de Belém. 2011

PMB. Prefeitura Municipal de Belém. Plano municipal de saneamento básico de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Belém – Pará. 2014

RIBEIRO, K. T. S. Qualidade sanitária da água e saúde humana em áreas de influência de duas bacias hidrográficas do município de Belém. Tese (Doutorado em desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido). Núcleo de Altos Estudos Amazônicos. Universidade Federal do Pará. Belém: UFPA-NAEA/PTU, 2002, p.285.

RIBEIRO, K. T. S. Água e saúde humana em Belém. 1 ed. Coleção Megam, Belém. 2004.

SANTOS, L. F. dos. Avaliação da qualidade ambiental da baía do Guajará em Belém/PA. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2018. 103f.

SILVA, C. O. F.; GOVEIA, D. Avaliação da qualidade ambiental de corpos hídricos urbanos utilizando análise multivariada. **Interações; Campo Grande**, v. 20, n. 3, p.947-958, 2019. <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v0i0.1832>.

SILVA, D. F. S. Utilização de indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água da baía do Guajará e do rio Guamá (Belém-PA). Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Centro de Ciências Agrárias, Nucleo de Estudos em Ciência Animal, 2006, 72f.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). *Acta Amazonica*, Manaus, v. 42, n. 3, p. 413 – 422, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000300014>.

SOUZA, D. R. D. et al. Mapeamentos dos pontos de lançamento de esgoto nas praias de Outeiro, Icoaraci e Mosqueiro, no município de Belém-PA. **Anais**. 67ª Reunião Anual da SBPC. 2015.

SNIS. Sistema Nacional de informações de Saneamento. Parcela da população total que mora em domicílios sem acesso ao serviço de coleta de esgoto. 2017.

STELLATO, T. B. **Avaliação da qualidade da água superficial e subterrânea da área de instalação do futuro reator multipropósito brasileiro -RMB, como uma ferramenta para a obtenção da licença de instalação**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Universidade de São Paulo), São Paulo, 2017. 209 f

TRATA BRASIL. Belém comemora 403 anos, porém com deficiências em saneamento. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/01/15/belem-comemora-403-anos-porem-com-deficiencias-em-saneamento/>. Acesso em 16 de julho 2019

VIANA, I. G. S. Estrutura e fisiologia da paisagem da praia do Areião, Ilha de Mosqueiro (Belém-PA). Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Belém, 2013. 87f.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

Submetido em: abril de 2020.

Aceito em: setembro de 2021.