

## Análise bacteriológica para avaliação da qualidade da água superficial da sub-bacia do baixo Guamá em Belém do Pará

O município de Belém está entre os que possuem pior índice de saneamento básico do país, com destaque para o esgotamento sanitário que eleva a carga de poluentes nos corpos receptores, dentre eles o rio Guamá. Considerando este cenário onde apenas 13% da população possui coleta de esgoto, a situação requer alerta, pois a história nos revela que a saúde da população está relacionada ao nível de saneamento e ao modo como os recursos hídricos são utilizados. Neste sentido, a pesquisa visou determinar as condições das águas superficiais do rio Guamá, na sub-bacia do baixo Guamá em Belém, com análise de parâmetros microbiológicos e identificar quais fatores têm influenciado nos resultados obtidos. Dados primários foram alcançados mediante coleta de água em 08 pontos da sub-bacia, no trecho de Belém, em período chuvoso e não chuvoso de 2020 para posterior análise da concentração de coliformes termotolerantes - CT. Ademais, dados secundários foram obtidos quanto ao número de notificações das principais doenças de veiculação hídrica e relacionadas à falta de saneamento, através do Datasus entre 2007 a 2017. A análise dos dados pautou-se na comparação dos limites legais da Res. CONAMA 357/05, bem como testes estatísticos. Como resultado, os limites legais (1.000 NMP/100ml) foram ultrapassados em diversos pontos, onde no período menos chuvoso obteve média de 3.799,5 NMP/100ml, alcançando máxima de 12.098 NMP/100ml no ponto 05. No período mais chuvoso, apresentou-se resultados maiores que 24.000 NMP/100ml em todos os pontos. Estatisticamente os CT obtiveram diferença significativa na sazonalidade. Os dados secundários indicam um total de 17.304 notificações das doenças pesquisadas no período analisado, tendo a dengue e leptospirose, relacionadas à falta de saneamento, com maiores incidências. Conclui-se que a capital tem tido reflexo tanto na qualidade do corpo receptor, quanto na saúde da população. Fatores socioambientais nos pontos coletados podem ter relação com a alta concentração resultante de CT encontrada e de doenças em decorrência do saneamento precário.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos; Coliformes termotolerantes; Saneamento básico.

## Bacteriological analysis for surface water quality assessment of the lower Guamá sub-basin in Belém do Pará

The municipality of Belém is among those with the worst basic sanitation index in the country, with an emphasis on the sanitary sewage system that increases the load of pollutants in the receiving bodies, among them the Guamá River. Considering this scenario where only 13% of the population has sewage collection, the situation calls for alert, as history reveals that the population's health is related to the level of sanitation and the way in which water resources are used. In this sense, the research aimed to determine the conditions of the surface waters of the Guamá River, in the lower Guamá sub-basin in Belém, with analysis of microbiological parameters and to identify which factors have influenced the results obtained. Primary data were obtained by collecting water from 08 points of the sub-basin, in the Belém section, in the rainy and non-rainy seasons of 2020 for further analysis of the concentration of thermotolerant coliforms - CT. Furthermore, secondary data were obtained regarding the number of notifications of the main waterborne diseases and related to lack of sanitation, through Datasus between 2007 and 2017. Data analysis was based on the comparison of the legal limits of Res. CONAMA 357/05, as well as statistical tests. As a result, the legal limits (1,000 NMP/100ml) were exceeded at several points, where in the less rainy period it had an average of 3,799.5 NMP/100ml, reaching a maximum of 12,098 NMP/100ml at point 05. In the wettest period, it presented results greater than 24,000 NMP/100ml at all points. Statistically, the TC had a significant difference in seasonality. Secondary data indicate a total of 17,304 notifications of the diseases surveyed in the period analyzed, with dengue and leptospirosis, related to lack of sanitation, with higher incidences. It is concluded that the capital has been reflected both in the quality of the receiving body and in the health of the population. Social and environmental factors in the collected points may be related to the high concentration resulting from TC found and diseases due to poor sanitation.

**Keywords:** Water resources; Thermotolerant coliforms; Sanitation.

Topic: **Microbiologia Agrícola e Ambiental**

Received: **02/10/2021**

Approved: **25/10/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Carla Renata de Oliveira Carneiro**   
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7643211119221660>  
<http://orcid.org/0000-0003-4147-2605>  
[carlacarneiro7@outlook.com](mailto:carlacarneiro7@outlook.com)

**Hebe Morganne Campos Ribeiro**   
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2399134205919272>  
<http://orcid.org/0000-0001-7154-9947>  
[hebemcr@gmail.com](mailto:hebemcr@gmail.com)

**Eliane de Castro Coutinho**   
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7392327864420841>  
<http://orcid.org/0000-0003-3152-7828>  
[elianecoutinho@uepa.br](mailto:elianecoutinho@uepa.br)

**Altem Nascimento Pontes**   
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5993352890364998>  
<http://orcid.org/0000-0002-9001-4603>  
[altempontes@gmail.com](mailto:altempontes@gmail.com)

**Danielle Nazaré Salgado Mamede Pantoja**   
Universidade do Estado do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2293923003896598>  
<http://orcid.org/0000-0001-9795-2726>  
[danielle.salgado@hotmail.com](mailto:danielle.salgado@hotmail.com)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0009

### Referencing this:

CARNEIRO, C. R. O.; RIBEIRO, H. M. C.; COUTINHO, E. C.; PONTES, A. N.; PANTOJA, D. N. S. M.. Análise bacteriológica para avaliação da qualidade da água superficial da sub-bacia do baixo Guamá em Belém do Pará. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.10, p.93-108, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0009>

## INTRODUÇÃO

Ao se discutir temas inerentes à água, é salutar iniciar apontando a questão alarmante sobre a crise de água doce no planeta, onde fatores como a quantidade disponível e a qualidade adequada têm sofrido desequilíbrio de forma global, com diversas pesquisas sobre o tema ao longo dos anos (CLARKE et al., 2003; SHIVA, 2006; RIBEIRO et al., 2017). Na região amazônica, com concentração de aproximadamente 70% de água doce do país, este paradoxo se torna mais evidente, pois tomando como exemplo a região norte, esta é caracterizada por alta disponibilidade hídrica, contudo enfrenta obstáculos para se adequar aos parâmetros legais e manter sua qualidade (BORDALO, 2017; LIMA, 2020a).

Vem se destacando nos últimos tempos os vários modos de uso e exploração dos recursos hídricos em áreas urbanas, e no estado do Pará, o rio Guamá cuja sub-bacia do baixo Guamá abrange a cidade de Belém, tem dentre os vários usos (transporte, turismo, pesca) o principal que é o abastecimento urbano, porém recebe constantemente direta ou indiretamente resíduos sólidos e líquidos advindos do consumo da sociedade em seu entorno (SANTOS et al., 2015). A cidade de Belém, está entre as que possuem pior índice de saneamento básico do país, com destaque para o esgotamento sanitário que propicia aumento da carga de poluentes nos corpos receptores de efluentes domésticos, dentre eles o rio Guamá e a baía do Guajará.

Um dos fatores que contribuem para o *status* negativo de saneamento gira em torno de Belém ser marcada pela organização de comunidades que cresceram ao redor das margens de rios, surgindo aglomerados familiares desordenados dotados de vulnerabilidade socioeconômica, com evidente ausência de infraestrutura urbana e de serviços de saneamento como drenagem, coleta de lixo, água encanada e baixo esgotamento sanitário, potencializando os problemas socioambientais e afetando os corpos d'água receptores (DUARTE et al., 2016; LOPES et al., 2021).

Neste sentido, os corpos hídricos sofrem impactos em razão das atividades antrópicas, prejudicando não apenas o meio natural, mas também a população que necessita deste recurso para manter a qualidade de vida (LIMA, 2020b). Acrescenta-se que a qualidade da água não é resultante apenas das ações do homem, mas também de condições naturais, como o escoamento superficial e infiltração do solo em razão da precipitação atmosférica, que promove o contato da água com partículas e substâncias presentes no ambiente terrestre (VON SPERLING, 2014).

A Lei 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, define a poluição da água como as alterações artificiais das características físico-químicas resultando em condições estéticas ou sanitárias desfavoráveis, que afetam a biota, criam condições socioeconômicas adversas, prejudicam a saúde e promove lançamento de matéria e energia em desconformidade com os parâmetros legais (BRASIL, 1981; GLÓRIA et al., 2017). Além disso, os corpos d'água são vulneráveis à contaminação, um termo empregado que busca caracterizar situações em que determinada substância não causa um dano aparente como na poluição, porém ela pressupõe a presença de microrganismos potencialmente causadores de doenças (bactérias, protozoários, vírus e helmintos) em quantidade que gerem prejuízo à saúde da população (MATOS, 2013).

A qualidade dos recursos hídricos está diretamente relacionada com a condição sanitária das populações que usufruem deste recurso, e historicamente, com o advento das civilizações, crescimento tecnológico e o aumento das aglomerações urbanas, os problemas com os resíduos e dejetos, agravado no final do século XVIII, impulsionaram a procura por estratégias que viabilizassem melhores condições sanitárias, sendo até hoje um desafio em maiores proporções para os países com baixa capacidade econômica (GOMES, 2020).

As descobertas nas áreas da microbiologia abriram o campo do entendimento quanto a alguns meios de transmissão de doenças, com destaque as de veiculação hídrica, obrigando as autoridades a encontrar soluções para os problemas de saúde e de poluição que aumentavam com o crescimento do consumo humano, clareando desde então a importância de métodos para a avaliação microbiológica dos corpos d'água como meio de prevenção e qualidade da saúde social (RIBEIRO et al., 2010; PINTO JÚNIOR, 2018).

Sob esta ótica quanto à análise de agentes microbiológicos, entende-se que nas águas naturais, regra geral os microrganismos são normalmente inofensivos, porém, devido às ações do homem pode ocorrer proliferação e inserção de outros agentes patogênicos deixando suscetíveis à contaminação, como por exemplo pelo esgoto sanitário e descarte de resíduos sólidos, agravando-se ainda mais com a malha urbana e com saneamento que não atende a expansão populacional (FUNASA, 2013, PORCY et al., 2020).

Agentes patogênicos precisam ser objetos de estudo nos corpos d'água, pois interferem na saúde dos usuários, assim, a análise de bioindicadores de contaminação fecal constitui-se em satisfatória indicação de quando a água está contaminada com fezes humanas/animais, os chamados coliformes, que são bastonetes gram-negativos pertencentes à família *Enterobacteraceae* (SILVEIRA et al., 2018). Dentre eles destacam-se os coliformes termotolerantes, um grupo de bactérias fermentadoras da lactose em temperaturas elevadas entre 44° - 45°C, com produção de ácido, gás e aldeído, que pela Resolução 357/2005 do CONAMA estão presentes em excretas humanas e de animais de sangue quente, também recorrentes em ambientes terrestres como solos que não tenham sido contaminados por material fecal (ABREU et al., 2017; BRASIL, 2005; FUNASA, 2013).

Portanto, considerando que em Belém é estimado que apenas 13% da população possui atendimento de coleta de esgoto e 0,8% são tratados, a situação requer atenção, uma vez que a história nos revela que a saúde da população está diretamente relacionada ao nível de saneamento e ao modo como os recursos hídricos são utilizados como fonte receptora, como no caso do rio Guamá, que dentre seus diversos usos, tem função precípua o abastecimento urbano.

Assim, perante tal cenário, o presente trabalho visou determinar as condições das águas superficiais do rio Guamá, na sub-bacia do baixo Guamá, localizada em Belém, capital do estado do Pará, sob a perspectiva dos parâmetros microbiológicos (coliformes termotolerantes) e diante dos resultados buscou identificar quais fatores têm influenciado para os resultados obtidos e seus desdobramentos socioambientais e de saúde na região.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Identificação da área de estudo

A pesquisa foi realizada na cidade de Belém, capital do estado do Pará, na sub-bacia do baixo Guamá (Figura 1), que faz parte da bacia hidrográfica do rio Guamá (ROCHA et al., 2020). Este rio é considerado um importante afluente da capital, que deságua na baía do Guajará, margeia a cidade pelo Sul, com margem direita correspondente à orla da cidade e à esquerda encontram-se ilhas, como a do Combu e ilha Grande (SANTOS et al., 2012; VARELA et al., 2020).

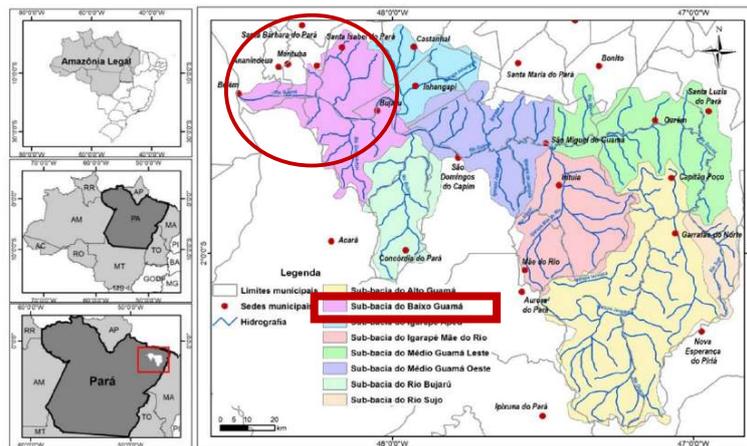


Figura 1: Localização da área de estudo - Sub-bacia do baixo Guamá. Fonte: Rocha et al. (2019).

A bacia hidrográfica do rio Guamá localiza-se na mesorregião do nordeste do Pará e possui 8 sub-bacias, dentre elas a do baixo Guamá, que abrange 19 municípios, com nascente às proximidades da cidade de Ourém e afluentes os rios Acará, Capim e Moju (SANTOS et al., 2014). Possui variações altimétricas com maior expressividade no percurso da sub-bacia do alto Guamá em direção à sub-bacia do baixo Guamá, e esta última apresenta vulnerabilidade baixa em relação aos processos erosivos, dinâmica da paisagem com pouca atividade e alto percentual de cobertura vegetal (KUBOTA et al., 2020).

Somado a isso, a precipitação é cíclica, marcada por dois períodos diferentes: de dezembro a maio (chuvoso) influenciado pela Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e de junho a novembro (menos chuvoso), advindo de efeitos locais como brisas terrestres e marítimas (ALENCAR et al., 2019).

Na região em tela, é característico a alta pluviosidade típica de regiões tropicais, em que nos meses de dezembro a maio há uma maior taxa de precipitação quando se compara à média anual dos meses de junho a novembro, assim, a variação de pluviosidade da área também norteou os procedimentos metodológicos, haja vista que foi observada a sazonalidade entre os períodos chuvoso e não chuvoso para realização das coletas (ROCHA NETO et al., 2017). No ano da pesquisa, a precipitação média foi de 360,20mm, em que nos meses entre junho a novembro (menos chuvoso) a média foi de 229,45mm e entre dezembro a maio (mais chuvoso) foi de 490,95mm.

A figura abaixo apresenta a média de precipitação pluviométrica no ano de 2020, coletados a partir dos registros do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, no ano em que se realizou as coletas da água superficial do rio objeto de estudo.

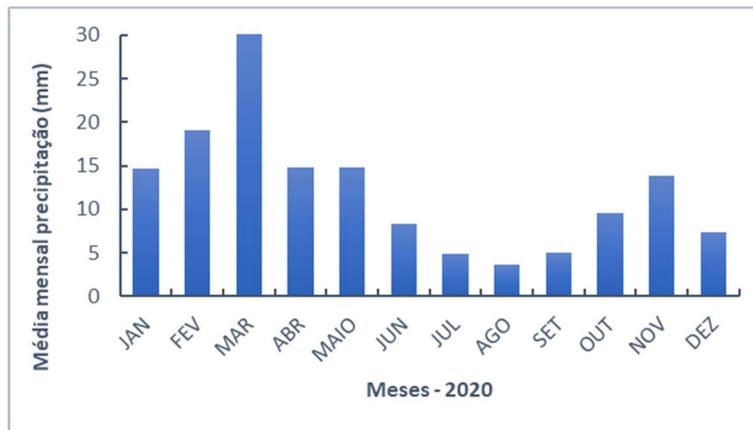


Figura 2: Média da precipitação no ano de coleta, em 2020, no município de Belém.

## Modelo de pesquisa

A organização metodológica inicial foi pautada em uma pesquisa bibliográfica e documental, para obtenção de conhecimento teórico sobre qualidade de água, recursos hídricos, legislações pertinentes, poluição e contaminação hídrica, indicadores microbiológicos e demais termos similares, construído a partir da coleta de pesquisas já publicadas, que dentre as categorias de gêneros, cita-se livros, artigos científicos e documentos legislativos.

Paralelamente foi realizada uma pesquisa exploratória, com o objetivo de aprofundar e constatar os documentos disponíveis e artigos já publicados, através do contato direto, *in loco* e realizar a coleta de amostras, identificar fatores que contribuem para os resultados e ocorrência dos fenômenos. Neste sentido, a referida pesquisa teve abordagem tanto quantitativa, para análise dos dados primários e secundários, quanto qualitativa, uma vez que analisou os fatores e desdobramentos dos fenômenos da pesquisa.

## Dados primários

Os dados primários foram obtidos a partir de atividades técnicas na área de estudo, para coleta das amostras de água no rio Guamá e posterior análise dos parâmetros necessários.

## Pontos de coleta e amostragem

Para concretização da pesquisa, foram realizadas coletas em 08 (oito) pontos da área do rio Guamá, no trecho de Belém, com cerca de 4 km de distância de um ponto para o outro e distanciamento da margem de aproximadamente 200 metros, perfazendo um espaço amostral de 16.169,84 km de área pesquisada, em seção transversal, selecionados com intuito de obter variabilidade espacial (Figura 3).

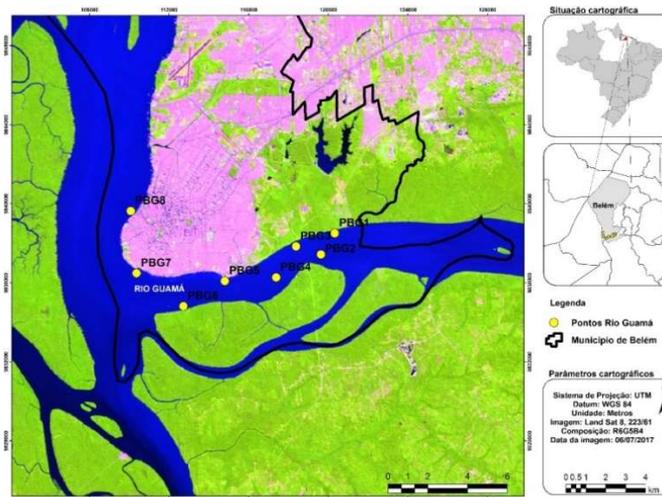
A localização geográfica dos oito pontos amostrais está apresentada conforme abaixo (Tabela 1), buscando alcançar desde o local de captação de água do rio para tratamento, até áreas próximas aos pontos com atividades comerciais e turísticas como Portal da Amazônia e Estação das Docas da capital.

A seleção e coleta dos pontos amostrais iniciou-se no ponto 1 próximo à estação de captação de água para os reservatórios que abastecem a capital e região metropolitana após o tratamento e finalizou no ponto 8, próximo ao mercado do Ver-o-Peso e Estação das Docas, locais com intensa atividade antrópica decorrente

de atividades comerciais e turísticas.

**Tabela 1:** Localização geográfica dos pontos de coleta.

Ponto	Coordenadas geográficas UTM	
PBG1	01° 27' 30,6" S	048° 24' 40,1" W
PBG2	01° 28' 05,3" S	048° 25' 02,8" W
PBG3	01° 27' 52" S	048° 25' 43" W
PBG4	01° 28' 42,9" S	048° 26' 15,3" W
PBG5	01° 28' 48,7" S	048° 27' 38,7" W
PBG6	01° 29' 30,1" S	048° 28' 45,9" W
PBG7	01° 28' 35" S	048° 30' 2,2" W
PBG8	01° 26' 53,3" S	048° 30' 11,3" W



**Figura 3:** Pontos de coleta na Sub-bacia do baixo Guamá.

A amostragem foi realizada em 08 pontos da sub-bacia do baixo Guamá, em períodos sazonais, chuvoso e menos chuvoso, com maré baixa, nos meses de outubro e dezembro de 2020, de acordo com os protocolos de amostragem de corpos d'água, seguindo o padrão da *Standard Methods for Water and Wastewater* (APHA, 2005).

Foi observada a distância de aproximadamente 10 a 20 cm da superfície da água para a coleta das amostras, onde foram armazenadas em frascos de polietileno estéril de 120 ml. Na atividade de campo, os frascos, após ambientação, foram acondicionados com água do próprio corpo hídrico e colocados em contracorrente para retirada das amostras, e finalmente armazenados em caixas de isopor em refrigeração para posterior análise dos parâmetros com observância de armazenamento e acondicionamento seguindo a metodologia da CETESB (2013) e posterior envio ao laboratório responsável pelas análises.

### **Análise das amostras para obtenção dos dados**

O uso de indicadores ambientais é de fundamental importância para o monitoramento da qualidade da água dos recursos hídricos, bem como propicia apontar se a mesma se encontra adequada para o uso a que se destina conforme a Resolução do CONAMA 357/2005. Neste sentido, o índice desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* – NSF, utilizado pela CETESB/SP desde a década de 70 e demais estados brasileiros, norteia pesquisas sobre qualidade da água e no que tange à pesquisa, para analisar os valores de coliformes termotolerantes foi utilizado o método de Tubos Múltiplos de acordo com o estabelecido pelo

*Standard Methods for the Examination of Water & Wasterwater Method 9221 (APHA, 1995).*

## **Tratamento dos dados**

Foi realizada análise comparativa entre os valores obtidos em cada ponto com a legislação vigente, qual seja, Resolução do CONAMA 357/2005, que determina os valores máximos permitidos de acordo com seu uso e dispõe sobre os padrões de qualidade tomando como base o valor de salinidade do corpo hídrico, que no caso do rio Guamá é classificado como rio de água doce, classe 2, com salinidade variando entre 0,1 a 0,2, de acordo com pesquisas recorrentes (VARELA et al., 2020).

Além disso, o tratamento dos dados buscou verificar estatisticamente a diferença significativa entre os períodos menos chuvoso e mais chuvoso, ou seja, outubro e dezembro de 2020. Para tanto, com as médias dos dados obtidos fez-se o teste de normalidade e o teste de homocedasticidade, onde não se obtendo a normalidade dos dados, foi realizado o teste de Wilcoxon, não paramétrico. Foram utilizados para os cálculos estatísticos os programas Minitab 19, Bioestat 5.0 e Excel.

## **Dados secundários**

Paralelo às pesquisas de campo, dados secundários foram obtidos em relação à quantidade de notificações das principais doenças com veiculação hídrica e relacionadas à falta de saneamento dentro da capital, através do banco de dados do Ministério da Saúde – Datasus, obedecendo à seguinte sequência de busca no sistema: 1. Informações de saúde (Tabnet); 2. Epidemiológicas e Morbidade; 3. Doenças e Agravos de notificação 2007 em diante (Sinan); 4. Doenças selecionadas – dengue, febre tifoide, leptospirose, hepatite viral A, entre os períodos de 2007 a 2017 no município de Belém do Pará.

## **RESULTADOS**

Os valores obtidos de coliformes termotolerantes foram interpretados com base na referência da legislação brasileira que regula os valores máximos pré-estabelecidos através da Resolução do CONAMA 357/05 para o referido parâmetro nos corpos d'água. De acordo com a legislação, para águas classe 2, que é a classe de água bruta coletada no rio Guamá, os níveis de coliformes termotolerantes não devem exceder 1.000 NMP/100ml, em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Embora este estudo não tenha sido realizado nesta situação, este valor foi utilizado como referência para a comparação dos dados.

### **Coliformes termotolerantes nos períodos menos chuvoso e mais chuvoso**

Apresentando os resultados, a Figura 4 aponta que os limites pré-estabelecidos pelo CONAMA foram ultrapassados em diversos pontos do rio Guamá, tanto no período menos chuvoso, cuja média foi de 3.799,5 NMP/100ml, com valor máximo alcançando 12.098 NMP/100ml no ponto 05 e valor mínimo de 466 NMP/100ml no ponto 02, quanto no período mais chuvoso, onde a totalidade dos pontos coletados alcançaram limites acima do pré-estabelecido, com resultados maiores que 24.000 NMP/100ml.

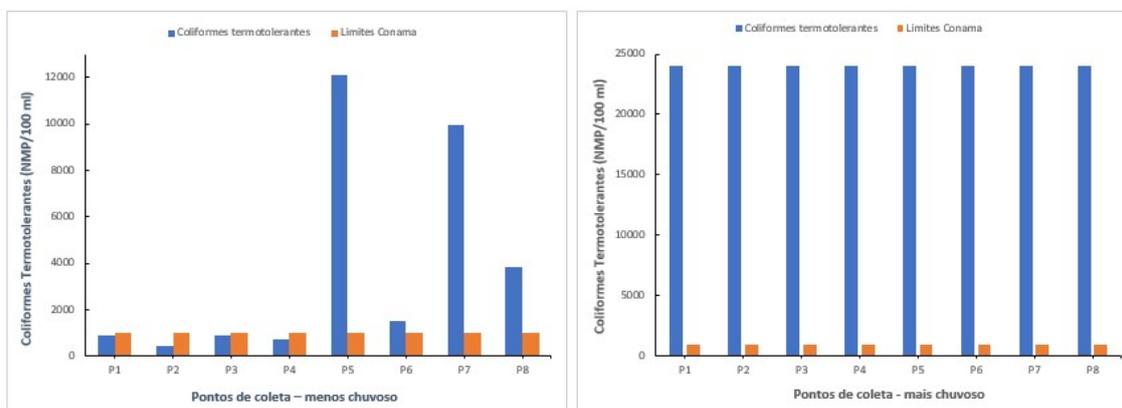


Figura 4: Resultado dos coliformes termotolerantes nos pontos de coleta em período menos e mais chuvoso de 2020.

Tais resultados, somados a outros fatores, podem fornecer um cenário sobre a qualidade do corpo d'água analisado e as consequências à sociedade que utiliza diretamente tal recurso. Em relação aos testes estatísticos, foi possível verificar que na variabilidade sazonal os coliformes termotolerantes obtiveram diferença significativa ( $p = 0,0117$ ) entre os períodos chuvoso e menos chuvoso, além de variação no conjunto dos dados, conforme Figura 5.

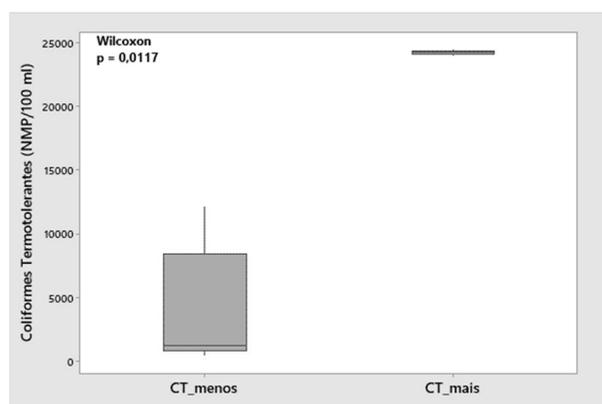


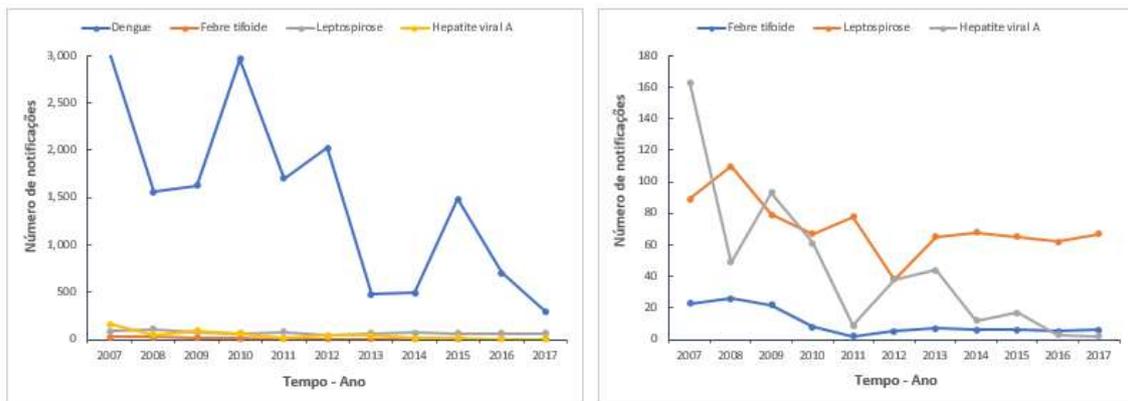
Figura 5: Boxplot da variação sazonal dos coliformes termotolerantes e a indicação do  $p$ -valor.

É possível verificar maior variabilidade dos resultados no período menos chuvoso, porém alcançando valores maiores de concentração de coliformes termotolerantes nas amostras do período com maior índice pluviométrico.

### Doenças relacionadas ao saneamento básico na capital

Paralelo à pesquisa de campo, dados secundários coletados junto ao Datasus indicam no período de 10 anos a existência de doenças relacionadas à falta de saneamento básico em Belém, (dengue, febre tifoide, leptospirose e hepatite viral A), que podem ter relação com deposição irregular de resíduos sólidos, despejo de esgoto doméstico sem tratamento e má utilização da água com potencial transmissão por veiculação hídrica, conforme Figura 6.

As doenças apontadas são de notificação compulsória para médicos e demais profissionais dos órgãos da saúde, com relevância por conterem informações que dão suporte às medidas de prevenção, com intuito de monitorar e revisar periodicamente pelo Poder Público as doenças com potencial de disseminação de surtos e epidemias (SIQUEIRA et al., 2020).



**Figura 6:** Notificações de doenças de veiculação hídrica ligadas ao saneamento na cidade de Belém entre 2007 e 2017.

Diante dos resultados, vislumbra-se que doenças como a dengue, que possui relação direta com a falta de saneamento por potencializar a proliferação dos vetores, apesar de queda nos números, têm tido destacável incidência na capital em relação às demais nos últimos 10 anos, com 15.909 casos entre 2007 a 2017, seguido da leptospirose com 788 casos no mesmo período.

No total, foram contabilizadas 17.304 notificações das doenças apresentadas no período pesquisado, as quais foram escolhidas em razão da relação com a falta de saneamento, veiculação hídrica e transmissão predominantemente feco-oral.

## DISCUSSÃO

Diante de dados que apontam Belém como uma das capitais com pior índice de saneamento no país, os resultados indicam que o município pode estar sofrendo desdobramentos tanto na qualidade do corpo receptor quanto na saúde da população, logo fatores sociais e ambientais nos pontos coletados sugerem relação com a concentração resultante de coliformes termotolerantes encontrada e de doenças em decorrência do saneamento precário.

### Fatores socioambientais identificados nos pontos de coleta 05, 06, 07 e 08



**Figura 7:** Pontos de coleta P5, P6, P7 e P8, no rio Guamá, Belém, Pará.

Os níveis de coliformes termotolerantes nos pontos de coleta 5, 6, 7 e 8 durante o período menos

chuvoso apontaram severa desconformidade com o número mais provável – NMP descrito na Resolução do CONAMA nº. 357/2005. Na Figura 7, constam os registros de imagens dos pontos que obtiveram valores acima do limite legal neste período, em cujas margens de tais pontos existem modificações da paisagem natural, com diminuição de áreas verdes e/ou interferências antrópicas em decorrência da urbanização.

#### Do ponto 5 – Próximo ao canal do Tucunduba

No ponto 5, cujo resultado apontou 12.098 NMP/100 ml, sua margem está localizada próxima ao bairro do Guamá, à Av. Bernardo Sayão, que possui em seu entorno hotéis, restaurantes, inúmeros portos privados e a saída do canal do Tucunduba que desemboca no rio Guamá.

O resultado do ponto 5 no período menos chuvoso foi 12 vezes maior que o permitido legalmente, o que indica possível contribuição do escoamento de rejeitos para o rio advindos de canais com alta carga de resíduos sólidos e líquidos urbanos, como o Tucunduba (Figura 8). Na Bacia do Tucunduba, constata-se que os sinais de assoreamento, impermeabilização do solo, derramamento inadequado de efluentes líquidos, despejo de resíduos sólidos, ausência de um sistema de tratamento de esgoto e ocupação desordenada ao longo dos anos, implicou na degradação dos corpos hídricos gerando aumento dos coliformes fecais, que alcançam o rio Guamá (SOUTO et al., 2019).



**Figura 8:** Poluição no canal do Tucunduba, em Belém, Pará. Fonte: Silva Júnior (2018).

Em 2016, uma pesquisa de campo aplicada ao longo dos 3.600 metros do igarapé do Tucunduba em moradias ribeirinhas, concluiu que doenças do tipo gastrointestinais, como esquistossomose, leptospirose, entre outras, além de comuns na área pesquisada, mantiveram-se presentes ao longo dos últimos 16 anos sem avanços na diminuição de casos, com presença em 2016 de 47% de doenças gastrointestinais, 20% de esquistossomose, 25% de leptospirose e 8% de outras doenças entre os moradores da região (REBÊLO et al., 2018).

Amostras com altos níveis de coliformes termotolerantes podem indicar contaminação recente devido a excretas humanas ou de animais que margeiam os corpos d'água, bem como lançamentos de esgoto sem tratamento ao longo dos rios. Situação que é evidenciada às proximidades da margem do referido ponto, com baixo saneamento e ausência de tratamento de esgoto e dos resíduos sólidos produzidos (NUNES et al., 2019; SANTOS et al., 2018).

## **Do ponto 6 – Próximo à ilha do Combu**

À margem esquerda do rio Guamá, onde localizam-se as ilhas que compõem a cidade de Belém, o ponto amostral 6, que resultou em 1.538 NMP/100ml no período menos chuvoso está próximo à ilha do Combu. Ela caracteriza-se como uma ilha turística da capital em razão dos restaurantes existentes em forma de palafitas, com vegetação de mangue e parte da economia local do tipo extrativista de produtos como pupunha, açaí, cupuaçu, chocolates, andiroba entre outros (VIRTANEN, 2020).

Inobstante todo o atrativo turístico, a ilha do Combu perpassa por diversos problemas de saneamento básico, dentre eles destacam-se a falta de distribuição de água potável, ausência de coleta e tratamento de esgoto e de resíduos sólidos, agravando-se que com a falta de infraestrutura os ribeirinhos utilizam a água diretamente do rio para as necessidades básicas ou dependem da aquisição onerosa de galões de água de origem desconhecida vindos em pequenas embarcações e/ou de escavação de poços artesianos para este fim (AIRES et al., 2019; ROSA et al., 2017).

E neste sentido, a utilização de poços artesianos na ilha do Combu sempre gerou preocupação quanto à transmissão de doenças, pois a água utilizada apresenta coliformes fecais em razão da falta de saneamento e despejo irregular de dejetos urbanos no rio Guamá, com relatos constantes da ocorrência de doenças gastrointestinais entre os moradores da ilha (AIRES et al., 2019).

Assim, na ilha do Combu, quando se trata dos padrões de qualidade da água, muitas são as fontes de contaminação que podem alterar o equilíbrio do recurso hídrico comprometendo seu uso, além disso, uma população com aproximadamente 247 famílias e 1.800 pessoas, com atividade econômica predominantemente extrativista (açaí e cacau), artesanal e turística não possui saneamento básico satisfatório, ensejando em diversas consequências, dentre elas possibilidade de contaminação da água e veiculação de doenças (LIMA et al., 2020; MENEZES, 2018).

Fatores estes preocupantes, pois sem canalização para esgotamento sanitário e para distribuição de água tratada, o recurso hídrico disponível tem sido utilizado de forma direta pelas comunidades para suprir as necessidades básicas, sem perpassar pelo tratamento convencional que inclui o processo de desinfecção da água para o seu consumo.

## **Dos pontos 7 e 8 – Próximos ao Portal da Amazônia e Estação das Docas**

Os pontos 7 e 8, com valores no período menos chuvoso apontando 9.931,5 NMP/100ml e 3.850 NMP/100ml, respectivamente, se destacam pela existência às margens do rio do Portal da Amazônia e a Estação das Docas, que são locais com atividades de turismo e comerciais com intervenção humana.

No Portal da Amazônia, o projeto realizado pela Prefeitura Municipal de Belém reconfigurou parte da orla sul e foi norteadada pela busca do embelezamento urbano bem como para a promoção do turismo na cidade, porém, circundada pela Bacia Hidrográfica da Estrada Nova, terceira maior da cidade, as proximidades do local sempre foram marcadas pela baixa infraestrutura urbana, com 72,70% dos solos alagáveis por influência do fluxo das marés e chuvas intensas e população de aproximadamente 250.000 mil

habitantes vivendo em condições insalubres propícias ao surgimento de doenças de veiculação hídrica (CRUZ et al., 2015).

Atualmente, como parte do projeto, as famílias que residiam no entorno da Avenida Bernardo Sayão tiveram que ser remanejadas para um conjunto habitacional denominado Antônio Vinagre, sendo alvo de discussões e dúvidas quanto à melhoria da qualidade de vida desta população que ainda enfrenta muitos desafios quanto aos fatores socioambientais, culturais e *modus vivendi* dos mesmos (RODRIGUES et al., 2017).

Moradores remanescentes de vilas e passagens atingidas pelo projeto não foram contemplados com rede de esgoto prevista pelo programa, registrando-se um histórico de muitas palafitas sem esgotamento sanitário, sem fossa séptica, cujo despejo de dejetos sempre ocorreu diretamente na água, além de dificuldade dos moradores no acesso aos serviços de saúde no local em razão da demolição das salas destinadas para tal fim, resultando em um cenário de urbanização precário do ponto de vista socioambiental, que influencia diretamente na qualidade da água (CHAGAS et al., 2019),

No que tange à Estação das Docas, este complexo turístico se encontra na área do porto de Belém, no bairro da Campina, ao lado da maior feira livre da América Latina, o Ver-o-Peso (ARRUDA et al., 2021). Caracterizado pela movimentação aos finais de semana, é frequentado por turistas, ambulantes com barracas na parte externa e restaurantes, bares e lanchonetes fixos no complexo (PEREIRA et al., 2021).

Inobstante não predominar residências no entorno, o local encontra-se em um bairro comercial e mantém-se próximo ao Ver-o-Peso que é objeto de inúmeras pesquisas no que tange às condições higiênico-sanitárias impróprias, falta de saneamento e dificuldade de gerenciamento dos resíduos sólidos e líquidos despejados diretamente no rio (SOUZA et al., 2019; PINHEIRO et al., 2021; MIRANDA et al., 2021). Tal cenário propicia aumento da carga de poluentes no rio Guamá, potencializado pelos vários canais de Belém que desembocam no rio, que de acordo com a Secretaria Municipal de Saneamento – SESAN, Belém possui um total de 65 canais cuja extensão é de 94 km, advindos das 15 bacias hidrográficas existentes no município.

As condições socioambientais que circundam todos os pontos discutidos dão indícios de contribuição para os valores elevados de coliformes termotolerantes apresentados e ensejam o surgimento de doenças, haja vista terem relação com a falta de saneamento básico. Também se destaca a preocupação quanto ao uso do corpo receptor, principalmente quando se trata do contato direto pelas comunidades ribeirinhas e urbanas que vivem principalmente em palafitas e que necessitam do rio para subsistência, pois a água não tratada potencializa a transmissão de doenças.

Analisando a quantidade de notificações de doenças entre 2007 e 2017, a redução do número de casos pode se justificar em razão de campanhas de outros órgãos estaduais e municipais ligados à saúde e direcionados à prevenção, contudo persiste o aparecimento de notificações, haja vista uma das causas ser a precariedade do saneamento persistir.

## **Período chuvoso**

No período chuvoso, destacou-se a elevada presença de coliformes termotolerantes em todos os

pontos de coleta. Isto pode ser compreendido em razão da precipitação que provoca aumento do volume de água de escoamento, carreando microrganismos do solo diretamente para o rio, alterando a qualidade da água, além disso, coletas realizadas próximo aos dias chuvosos possuem a característica de causar o transporte de uma grande quantidade de sedimentos e efluentes localizados de montante a jusante do rio (SANTOS et al., 2018).

Tal constatação é destacada na literatura, que enfatiza que níveis consideráveis de coliformes termotolerantes indicam que em uma determinada região pode haver lançamento recente de esgoto, um dado preocupante para a saúde da população, pois aumenta a possibilidade da presença de outros organismos patogênicos na água coletada, que também podem causar outras doenças por transporte aquaviário (ASSUNÇÃO et al., 2017).

Os dados apresentados geram preocupação quanto à qualidade das águas superficiais do rio Guamá, uma vez que tais valores são indicativos de exacerbada disposição de esgotos sem tratamento no rio exigindo sistema de tratamento compatível com os níveis de poluição encontrados, pois quando os efluentes são lançados no meio ambiente a montante e são novamente utilizados a jusante, na sua forma diluída de maneira não intencional e não controlada, acaba-se utilizando uma água com padrões de esgoto, fora dos limites estabelecidos pela legislação (HESPANHOL, 2015).

Portanto, utilizá-la com valores muito acima do permitido pela Resolução do CONAMA 375/05, torna-se uma prática prejudicial atingindo o meio ambiente e a saúde pública da população que utiliza tal recurso para suprir suas necessidades, em especial às comunidades ribeirinhas que a utilizam sem tratamento para seu uso cotidiano.

## **CONCLUSÕES**

O rio Guamá sofreu alterações nos parâmetros microbiológicos em ambos os períodos, influenciando na qualidade da água e aumentando a possibilidade de transmissão de doenças por veiculação hídrica. Pontos onde em suas margens predominam atividades econômicas e de turismo tendem a ser propensos à impactos ambientais, cujo ambiente natural, no caso o rio, torna-se vulnerável quando o saneamento básico é precário.

Concentrações elevadas de coliformes termotolerantes em períodos chuvosos pode ter explicações com base no alto carregamento de material biológico do solo para o corpo receptor, porém em períodos menos chuvosos esta alta concentração também pode indicar outros meios de contaminação, como a ausência de tratamento de esgoto despejado diretamente no rio.

Elevados índices de coliformes termotolerantes também estão relacionados com a urbanização desordenada, haja vista a densidade populacional promover um aumento da produção de dejetos aliado à rede de esgotamento sanitário que não acompanha a demanda populacional, assim desdobramentos como aumento da carga de poluentes no corpo receptor torna-se evidente no município de Belém.

Inobstante termos elementos indicativos quanto aos fatores que influenciam no aumento de coliformes nas águas superficiais do rio Guamá, é importante para maior clareza das causas, novas

observações e análises, contudo, os resultados aqui apresentados já demonstram que a utilização da água pela população, sem a passagem pelo tratamento não é segura, potencializando o aparecimento de várias doenças, haja vista este recurso não desfrutar de parâmetros aceitáveis para seu uso direto, muitas vezes com característica de água de reuso.

O grande risco encontra-se nas populações ribeirinhas, que na ausência de esgotamento sanitário e abastecimento de água, vê nas águas do rio Guamá o recurso hídrico necessário para as atividades de subsistência. De qualquer forma, sabe-se que apesar dos resultados, quando se trata de abastecimento urbano dentro da cidade as águas passarão pelas estações de tratamento, desde a captação, direcionamento para os lagos Bolonha e Água Preta até à estação de tratamento de água e a distribuição para as residências dos municípios de Belém e parte de Ananindeua.

Porém, em Belém aproximadamente 70% das águas superficiais são usadas para o abastecimento urbano e com elevada concentração de bactérias nestas águas superficiais, importante a atenção para o tratamento adequado, pois uma concentração de microrganismos elevada pode demandar maior quantidade de desinfetantes, como no processo de cloração, abrindo caminhos para outras discussões quanto aos seus desdobramentos e à qualidade da água que chega às torneiras das casas da população.

## REFERÊNCIAS

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C.. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.1, p.45-56, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522016144803>

AIRES, R. K. D.; MACIEL, D. O.; SILVA, L.C.; FONSECA, L. C. M. M.; SANTOS, C. C. G.; LIMA, A. C. G.; RODRIGUES, A. C. D.; CASTRO, R. G.. Captação da água da chuva através de cisternas para uso doméstico pela população ribeirinha e os impactos para a qualidade de vida local: resultados preliminares. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.11, p.25196-25201, 2019. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv5n11-190>

ALENCAR, V. E. S. A.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA JÚNIOR, J. A.; CARNEIRO, B. S.. Análise de Parâmetros de Qualidade da Água em Decorrência de Efeitos da Precipitação na Baía de Guajará – Belém – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.2, p.661-680, 2019. DOI: <http://doi.org/10.26848/rbgf.v12.2.p661-680>

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: APHA, 1995.

APHA. American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. Washington: APHA, 2005.

ARRUDA, M. E. I.; LUCAS, A. T.; DOEBELI, L. S.. Integração global e dissociação local: uma análise temporal do planejamento de GPDUs por meio dos projetos Estação das Docas e Belém Porto Futuro. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v.23, 2021. DOI: <http://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202113>.

ASSUNÇÃO, A. W. A.; PEDRO JÚNIOR, G.; ALMEIDA, R. V.; GASPAROTTO, Y.; AMARAL, L. A.. Utilização de macrófitas aquáticas de três diferentes tipos ecológicos para remoção de *Escherichia coli* de efluentes de criação de pacu. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, p.657-663, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522017144278>

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: DOU, 1981.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, v.357, 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: CONAMA, 2005.

BORDALO, C. A.. O paradoxo da água na região das águas: o caso da Amazônia brasileira. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v.21, n.1, p.120-137, 2017. DOI: <http://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.107531>

CHAGAS, M. P.; SANTANA, J. V.; SOARES, P. P. M. A.. Condições de moradia dos sujeitos remanescentes do projeto Portal da Amazônia em Belém-PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ASSISTENTES SOCIAIS. **Anais**. 2019.

CLARKE, T. BARLOW, M.. **Ouro azul**: como as grandes corporações estão se apoderando da água doce do nosso planeta. São Paulo: M. Books, 2003.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

### Qualidade das águas superficiais. CETESB, 2013

CRUZ, S. H. R.; SILVA, I. S.; SÁ, M. E. R.. Segregação social do trabalho e da moradia: "Portal da Amazônia" em Belém-PA. **Temporalis**, v.15, n.29, p.223-246, 2015. DOI: <http://doi.org/10.22422/2238-1856.2015v15n29p223-246>

DUARTE, M. L.; ZANCHI, F. B.; NEVES, J. R. D.; COSTA, H. S.; JORDÃO, W. H. C.. Vulnerabilidade à contaminação das águas subterrâneas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.11, n.2, 2016. DOI: <http://doi.org/10.4136/ambi-agua.1797>

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília: FUNASA, 2013.

GOMES, F. D.. Falta de Saneamento: O preço que o estado e a população pagam. **Paradiplomacia ambiental**. Santos: Leopoldianum, 2020.

GLÓRIA, L. P.; HORN, B. C.; HILGEMANN, M.. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-iqa. **Revista Caderno Pedagógico**, v.14, n.1, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.22410/issn.1983-0882.v14i1a2017.1421>

HESPAHOL, I.. A inexorabilidade do reúso potável direto. **Revista Dae**, v.63, n.198, p.63-82, 2015. DOI: [10.4322/dae.2014.141](http://dx.doi.org/10.4322/dae.2014.141)

KUBOTA, N. A.; LIMA, A. M. M.; ROCHA, N. C. V.; LIMA, I. F.. Hidrogeomorfologia da bacia hidrográfica do rio Guamá-Amazônia Oriental-Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.21, n.4, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v21i4.1920>

LIMA, L. F. A.. A importância do Brasil em um provável cenário de crise hídrica mundial. **A Defesa Nacional**, v.107, n.840, 2020a.

LIMA, M. S.. Recursos hídricos e vulnerabilidade ambiental: o caso da bacia hidrográfica do Rio Acaraú. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.3, p.2062-2070, 2020b. DOI: <http://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-118>

LIMA, A. M. M.; FERREIRA, K. M. N.; COSTA, T. N. C.. Turismo e Segurança Hídrica: desafios na Ilha do Combu, Pará. **Turismo e Sociedade**, v.13, n.1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ts.v13i1.72643>

LOPES, M. S. B.; PONTES, W. R.; COSTA, A. N.; CUNHA, M. V. P. O.; CHAVES, A. F. F.; LOPES, D. F.. Uso de indicadores de saneamento ambiental, na bacia hidrográfica do Tucunduba, visando a redução das doenças de veiculação hídrica. **Nature and Conservation**, v.14, n.1, p.107-115, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.001.0012>

MATOS, A. T.. **Poluição ambiental**: impactos no meio físico. UFV, 2013.

MENEZES, J. A. S.. Holisticidade da responsabilidade social: Um olhar pontual na comunidade do Combu. **ScientiaTec**, v.5, n.1, p.105-121, 2018. DOI: <http://doi.org/10.35819/scientiatec.v5i1.2493>

MIRANDA, J. F. A.; LENZ, T. M.. Aspectos sanitários e geração

de resíduos na comercialização do pescado na Feira do Ver-o-Peso, Belém, Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v.8, n.18, p.77-92, 2021. DOI: [http://doi.org/10.21438/rbgas\(2021\)081804](http://doi.org/10.21438/rbgas(2021)081804)

NUNES, L. M.; MONTEIRO, M. F. G.; SOUSA JÚNIOR, D. L.; AQUINO, P. E. A.; SARAIVA, C. R. N.; LEANDRO, M. K. N. S.; MARQUES, A.E.F.; SILVA, R. O. M.; LEANDRO, L. M. G.. Pesquisa de coliformes totais e termotolerantes no rio Salgadinho no município de Juazeiro do Norte, CE. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v.7, p.e2243-e2243, 2019. DOI: <http://doi.org/10.25248/react.e2243.2019>

PEREIRA, P. V. V.; BAHIA, M. C.. Práticas sociais de lazer e suas relações no espaço público Estação das Docas em Belém-Pará. **Papers do NAEA**, v.1, n.2, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/papersnaea.v28i2.8219>

PINHEIRO, C. P. S.; TORRES, L. M.; AZEVEDO, S. D.; ROSA, A. G.. Análise preliminar de riscos (APR) aplicada as atividades desenvolvidas por trabalhadores do Complexo do Ver-O-Peso, Belém/PA. **Research, Society and Development**, v.10, n.2, p.e12210212332-e12210212332, 2021. DOI: <http://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12332>

PINTO JÚNIOR, V. L.. Introdução ao Pensamento Epidemiológico. **Revista de Medicina e Saúde de Brasília**, v.7, n.1, 2018.

PORCY, C.; COSTA, T. S.; NASCIMENTO, V. H. P. C.; MONTEIRO, V. S.; NOGUEIRA, J. N.; MENEZES, R. A. O.. Avaliação microbiológica da água de consumo de casas localizadas em área alagada em um município do estado Amapá. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v.12, n.4, p.e2938-e2938, 2020. DOI: <http://doi.org/10.25248/reas.e2938.2020>

REBÊLO, M. V. S.; PERES, R.; DUARTE, C. K. A. R.; MOREIRA, F. N. C.; REBÊLO, M. S.; FERREIRA, J. F. H.. Avaliação do impacto sobre a saúde humana ocasionado por obras de macrodrenagem do Igarapé Tucunduba, Belém/PA. **Brazilian Applied Science Review**, v.2, n.5, p.1839-1847, 2018. DOI: <http://doi.org/10.34115/basr.v2i5>

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S.. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Monografia (Bacharelado) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

RIBEIRO, L. G. G.; ROLIM, N. D.. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce enquanto direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v.7, n.1, 2017.

ROCHA, N. C. V.; LIMA, A. M. M.. A sustentabilidade hídrica na bacia do rio Guamá, Amazônia Oriental/Brasil. **Sociedade & Natureza**, v.32, p.141-160, 2020. DOI: <http://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-45694>

ROCHA NETO, O. D.; SILVA, B. M.; PAIVA, R. S.. Variação dos parâmetros físico-químicos, composição e biomassa fitoplanctônica em uma estação fixa na Foz do Rio Guamá, Belém, Pará-Brasil. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, v.16, n.1, p.19-28, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.32519/tjfas.v16i1.2132>

RODRIGUES, F. C. C.; FONSECA, M. F.. Produção e organização do espaço urbano: impactos socioambientais na

orla da estrada nova de Belém. **Terceira Margem Amazônia**, v.2, n.7, 2017. DOI: <http://doi.org/10.36882/2525-4812.2017v2i7p%25p>

ROSA, C. C.; CABRAL, E. R.. Os impactos socioambientais e econômicos do turismo: O caso da ilha do Combú, no entorno da cidade de Belém-PA. **Colóquio Organizações, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, v.7, p.364-383, 2017.

SANTOS, M. L. S.; HOLANDA, P.; PEREIRA, I.; RODRIGUES, S.; PEREIRA, J. A. R. P.; MESQUITA, K.. Influências da condição de maré na qualidade de água do rio Guamá e Baía do Guajará. **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v.14, n.1, p.17-25, 2014. DOI: <http://doi.org/10.17080/1676-5664/btcc.v14n1p17-25>

SANTOS, S. N.; LAFON, J. M.; CORRÊA, J. A. M.; BABINSKI, M.; DIAS, F. F.; TADDEI, M. H. T.. Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da Foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém-Pará). **Química Nova**, v.35, n.2, p.249-256, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200004>

SANTOS, R. C. L.; LIMA, A. S.; CAVALCANTI, E. B.; MELO, C. M.; MARQUES, M. N.. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.1, p.33-46, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522017159832>

SILVA JÚNIOR, A. R.. **Indicadores de vulnerabilidade, risco socioambiental e Educação Ambiental para prevenção e mitigação de desastre natural na bacia hidrográfica do Tucunduba, Belém-PA**. Dissertação (Mestrado em Gestão de Riscos e Desastres Naturais na Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

SIQUEIRA, A. F.; CASTRO, F. S.. Doenças de notificação compulsória no laboratório escola da Pontifícia Universidade Católica de Goiás no ano de 2018. **Revista Brasileira Militar de Ciências**, v.6, n.15, 2020. DOI:

<http://doi.org/10.36414/rbmc.v6i15.49>

SILVEIRA, C. A.; CASTRO, F. B. G.; GODEFROID, R. S.; SILVA, R. C.; SANTOS, V. L. P.. Análise microbiológica da água do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.23, n.5, p.933-938, 2018. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522018163474>

SHIVA, V.. **Guerras por água: privatização, poluição e lucro**. São Paulo: Radical livros, 2006.

SOUTO, C. K. B.; TELES, A. I. L.; ANDRADE, A. A.; XAVIER, B. V. M. P.; TORRES, E. E. S. A.; DIAS, E. C.; SILVA, G. P. C.; BARROS, K. C.; SOUZA, L. P.; PRATA, L. K. F.. Fatores antrópicos de poluição hídrica na bacia do Tucunduba em Belém-PA. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.9, p.13824-13834, 2019. DOI: <http://doi.org/10.34117/bjdv5n9-014>

SOUZA, E. R. O.; SILVA, B. P.; CANTO, L. O.; PONTES, A. N.. Resíduos de peixe do Mercado de Ferro, Complexo do Ver-o-Peso, Belém, Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.14, n.4, p.562-570, 2019. DOI: <http://doi.org/10.18378/rvads.v14i4.6687>

VARELA, A. W. P.; SOUZA, A. J. N.; AVIZ, M. D.; SANTOS, M. L. S.. Qualidade da água e índice de estado trófico no rio Guamá, município de Belém (Pará, Brasil). **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.9, n.4, p.695-715, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v9e42020695-715>

VIRTANEN, K.. Áreas protegidas e urbanização: o caso da APA da ilha do Combú, Belém (PA). **Cadernos De Estudos Sociais**, v.35, n.2, 2020. DOI: [http://doi.org/10.33148/DOI:10.33148/CES25954091V35n2\(2020\)1890](http://doi.org/10.33148/DOI:10.33148/CES25954091V35n2(2020)1890)

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

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.