



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**MADSON ANDREY PEREIRA RODRIGUES**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MUNICÍPIOS AFETADOS PELA USINA  
HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE**

ALTAMIRA-PA, 04 DE OUTUBRO DE 2023

**MADSON ANDREY PEREIRA RODRIGUES**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MUNICÍPIOS AFETADOS PELA USINA  
HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciatura em Ciências Biológicas, pela Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Profa. Dra. Aline Andrade de Sousa

ALTAMIRA-PA, 04 DE OUTUBRO DE 2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

P436a PEREIRA RODRIGUES, MADSON ANDREY.  
ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MUNICÍPIOS  
AFETADOS PELA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE  
/ MADSON ANDREY PEREIRA RODRIGUES. — 2023.  
42 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Aline Andrade de Sousa  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade  
Federal do Pará, Campus Universitário de Altamira, Faculdade de  
Ciências Biológicas, Altamira, 2023.

1. Poluição hídrica. 2. Escherichia coli. 3. Coliformes. 4.  
Análises físico-químicas e microbiológicas. I. Título.

CDD 579.092


---

**MADSON ANDREY PEREIRA RODRIGUES**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA EM MUNICÍPIOS AFETADOS PELA USINA  
HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE**

Trabalho de Conclusão de Curso orientado pela Prof.<sup>a</sup>. Dra. Aline Andrade de Sousa, apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Faculdade de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará, *campus* Universitário de Altamira, como requisito para obtenção de grau de Licenciatura em Ciências


**Orientador:**

Documento assinado digitalmente  
 **ALINE ANDRADE DE SOUSA**  
Data: 30/01/2024 10:40:48-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---


Prof.<sup>a</sup>. Dra. Aline Andrade de Sousa  
Faculdade de Ciências Biológicas – UFPA

**Banca examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 **TATIANA DA SILVA PEREIRA**  
Data: 31/01/2024 15:44:58-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup>. Dra. Tatiana da Silva Pereira  
Faculdade de Ciências Biológicas – UFPA

Documento assinado digitalmente  
 **PAULA MORAES COSTA**  
Data: 30/01/2024 11:17:45-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

Prof.<sup>a</sup>. Ma. Paula Moraes Costa  
Faculdade de Medicina – UFPA

ALTAMIRA-PA, 04 DE OUTUBRO DE 2023

Dedico:

A Deus pela sua infinita bondade, aos meus pais Paulo e Cleide por todo amor, companheirismo e cuidado, aos meus avós Máximo (*in memoriam*) e Rosiana que sempre serão meus maiores exemplos, a minha sobrinha Emanuely, presente de Deus em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pois foi meu alívio e tudo que eu precisei para continuar, obrigado Deus por nunca ter desistido de mim.

A minha orientadora **Profa. Dra. Aline Andrade de Sousa**, que me motivou todos os dias para continuar, e por ter desempenhado tal função com dedicação e amizade que contribuíram muito para realização deste trabalho. Ao **GEPSEA** (Grupo de Estudo e Pesquisa em Saúde e Educação na Amazônia), que confiou em mim e dedicou seu apoio intelectual e financeiro para esse trabalho.

Aos meus amados pais **Paulo** e **Cleide**, que me incentivaram nos momentos difíceis, me deram apoio nessa jornada e sempre foram meu alicerce quando mais precisei, e entenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à graduação.

A minha querida sobrinha **Emanuelly Sophia**, que me inspirou e inspira todos os dias a continuar servindo como seu exemplo para um futuro, você sempre será a razão do meu viver. Te amo demais minha filha. Ao meu querido irmão **Cristian**, amo você incondicionalmente.

Aos meus avós **Máximo Rodrigues** (*in memoriam*) e **Rosiana Rodrigues**, que me ensinaram valores importantes para toda a vida, pelas orações que me guiaram e me guiam pelo caminho da vida.

Aos meus tios **Ademar Narro** e **Maria Navarro** que tanto me ajudaram e me encorajaram para continuar, aos meus amigos **Anderson Navarro** e **João Gabriel** vocês foram uma das peças fundamentais na minha trajetória.

A minha **família e amigos** que me apoiaram direta e indiretamente, me motivando e me dando forças a continuar, tenho certeza de que sempre acreditaram em mim, torcendo pela minha vitória, obrigado por todo amor a mim dedicado.

A minha amiga **Fabiana Gomes** (*in memoriam*), que em muitos momentos me apoiou e encorajou a ir em busca dos meus objetivos. Torceu por mim em todos os momentos de sua vida, saudades.

A minha melhor amiga **Rosário Silva**, por sempre estar comigo nos meus melhores e piores momentos e por toda companhia diária durante esses quatro anos de graduação. Por ter estendido a mão nos momentos que mais precisei.

Aos meus queridos amigos **Amanda Kessiah, Suelane Oliveira, Julia França, João Vitor, Jaciane dos Santos, Vinicius Mardergam, Shamyia Thilara** que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo do curso, vocês se tornaram minha família nesses anos.

Aos meus colegas da turma **BIO 18**, com quem convivi intensamente durante os últimos quatro anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

## RESUMO

A água é indispensável para todos os seres vivos, além de ser a base dos ecossistemas, torna-se uma fonte que em breve se extinguirá se for utilizada de forma irracional e insustentável. Megaprojetos energéticos como Belo Monte apresentam desafios previsíveis, como aumento populacional, perda de biodiversidade e mudanças na qualidade da água. O despejo de esgoto não tratado no Rio Xingu representa uma ameaça à qualidade da água, acarretando uma série de problemas que afetam não só o meio ambiente, mas também a saúde pública e a economia local. Portanto, a avaliação bacteriológica da água desempenha um papel essencial na prevenção de doenças transmitidas pela água. Este trabalho teve como objetivo analisar a qualidade da água do Rio Xingu, em três municípios: Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio. Para isso foram analisados alguns parâmetros limnológicos, como: Potencial de Hidrogênio (pH), Turbidez, Temperatura da água e condutividade elétrica; E para parâmetros microbiológicos: *Escherichia coli* e coliformes totais. Na análise dos parâmetros físico-químicos, em todos os pontos, os dados obtidos estiveram dentro dos limites estabelecidos pela resolução do CONAMA, para águas doces classe 2. Entretanto, os aspectos microbiológicos para coliformes totais e *E. coli* estão fora dos parâmetros considerados aceitáveis pelo CONAMA nº. 357/2005. Desta forma, a instalação da hidrelétrica revelou uma realidade preocupante em relação à qualidade da água nas áreas sob influência direta deste grande projeto, destacando a urgência de ações efetivas para melhorar a infraestrutura de saneamento básico, reduzir a poluição das águas e proteger a saúde dos à população que depende desses recursos hídricos.

**Palavras-chaves:** Poluição hídrica. *Escherichia coli*. Coliformes. Análises físico-químicas e microbiológicas.

## ABSTRACT

Water is indispensable for all living beings, in addition to being the basis of ecosystems, it becomes a source that will soon become extinct if it is used irrationally and unsustainably. Energy megaprojects like Belo Monte present predictable challenges, such as population growth, loss of biodiversity and changes in water quality. The dumping of untreated sewage into the Xingu River represents a threat to water quality, causing a series of problems that affect not only the environment, but also public health and the local economy. Therefore, bacteriological assessment of water plays an essential role in preventing waterborne diseases. This work aimed to analyze the water quality of the Xingu River, in three municipalities: Altamira, Vitória do Xingu and Senador José Porfírio. For this, some limnological parameters were analyzed, such as: Hydrogen Potential (pH), Turbidity, Water Temperature and electrical conductivity; And for microbiological parameters: *Escherichia coli* and total coliforms. In the analysis of the physicochemical parameters, at all points, the data obtained were within the limits established by the CONAMA resolution, for class 2 freshwaters. However, the microbiological aspects for total Coliforms and *E. coli* are outside the parameters considered acceptable by CONAMA no. 357/2005. In this way, the installation of the hydroelectric plant revealed a worrying reality in relation to water quality in areas under the direct influence of this large project, highlighting the urgency of effective actions to improve basic sanitation infrastructure, reduce water pollution and protect the health of the population that depends on these water resources.

**Keywords:** Water pollution. *Escherichia coli*. Coliform. physical-chemical and microbiological analyzes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição da População x Disponibilidade Hídrica no Brasil (%).....	1
Figura 2 - Municípios sedes e de entorno da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Pará.....	3
Figura 3 - Localização da área de estudo. Os pontos amostrais são representados em vermelho (P1); Amarelo (P2); Azul (P3).....	9
Figura 4 - Procedimento de coleta de amostras.....	9
Figura 5 - (A) kit Colipaper da ALFAKIT. (B) Mini-estufa da ALFAKIT.....	11
Figura 6 - Média de valores de pH nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.....	13
Figura 7 - Média de valores de turbidez (NTU) nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.....	14
Figura 8 - Média da Temperatura (°C) das águas dos municípios Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.....	14
Figura 9 - Média de valores de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.....	15
Figura 10 - Comparação entre as médias dos valores de E. coli nos municípios avaliados.....	16
Figura 11 - Comparação entre as médias dos valores de coliformes totais nos municípios avaliados.....	17

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coletas de em cada município. ....	8
Quadro 2 - Comparação entre as medias dos parâmetros físico-químicos e os padrões do CONAMA nos municípios avaliados .....	15
Quadro 3 - Comparação entre as médias dos parâmetros microbiológicos e os padrões da CONAMA nos municípios avaliados. ....	17

## **LISTA ABREVEATURA E SIGLAS**

E. coli	Eseherichia coli
pH	Potencial hidrogeniônico
CE	Condutividade elétrica
VMP	Valor máximo permitido
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
UHE	Usina Hidrelétrica
UHBM	Usina Hidrelétrica de Belo Monte

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 - DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO BRASIL E NA REGIÃO DO MÉDIO XINGU .....	1
1.2 - A USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE (UHBM) E SEUS IMPACTOS NA REGIÃO DO MÉDIO XINGU .....	2
1.3 - IMPACTOS DE MEGAPROJETOS .....	4
1.4 - IMPACTOS DA QUALIDADE DA ÁGUA NA SAÚDE.....	5
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1 - OBJETIVO GERAL .....	7
2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>8</b>
3.1 - TIPO DE PESQUISA/ESTUDO .....	8
3.2 - ÁREA DE ESTUDO.....	8
3.3 - COLETA DE MATERIAL.....	8
3.4 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....	10
3.4.1 Análise Físico-química.....	10
3.4.2 Análise Microbiológica .....	10
3.5 - ELABORAÇÃO DE MATERIAL INSTRUCIONAL .....	11
3.6 - ANÁLISE DOS DADOS.....	11
3.7 - ASPECTOS ÉTICOS.....	12
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
4.1 - ASPECTOS Físico-químicos.....	13
4.2 - Aspectos Microbiológicos .....	16
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>18</b>
5.1 - Análise dos parâmetros físico-químicos da água.....	18
5.2 - Análise dos parâmetros Microbiológicos da água .....	20
5.3 - elaboração do material de instrução.....	22
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>23</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>25</b>
<b>APÊNDICE 1 – Cartilha.....</b>	<b>32</b>

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 - DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO BRASIL E NA REGIÃO DO MÉDIO XINGU

A questão da disponibilidade de água para abastecimento e consumo tem emergido como um dos principais desafios neste período histórico, uma vez que a percebida abundância de água no planeta pode erroneamente sugerir um recurso inesgotável. De toda a água presente na Terra, aproximadamente 97,5% é de natureza salina, tornando-a inadequada para o consumo humano. Cerca de 2,493% da água é doce, mas se encontra inacessível em reservatórios subterrâneos, como aquíferos, enquanto apenas 0,007% está disponível em rios, lagos e na atmosfera, representando a fração apropriada para o consumo humano (Yamaguchi, *et al.*, 2013).

Embora o Brasil seja considerado uma potência mundial, quanto à disponibilidade hídrica concentrando em torno de 12% de toda reserva de água doce superficial existente no mundo, contudo, 70% desse volume de água encontra-se na região Amazônica onde a quantidade de habitantes é a menor do país, seguindo uma ordem inversamente proporcional ao número de habitantes dessas regiões (Figura 1) (Augusto et al. 2012; Pena, 2020). A região Nordeste concentra 30% da população brasileira e dispõe apenas 5% de água doce, as regiões Sul e Sudeste concentram cerca de 60% da população e dispõem apenas de 12,5% de água doce (Olivo; Ishiki, 2014).

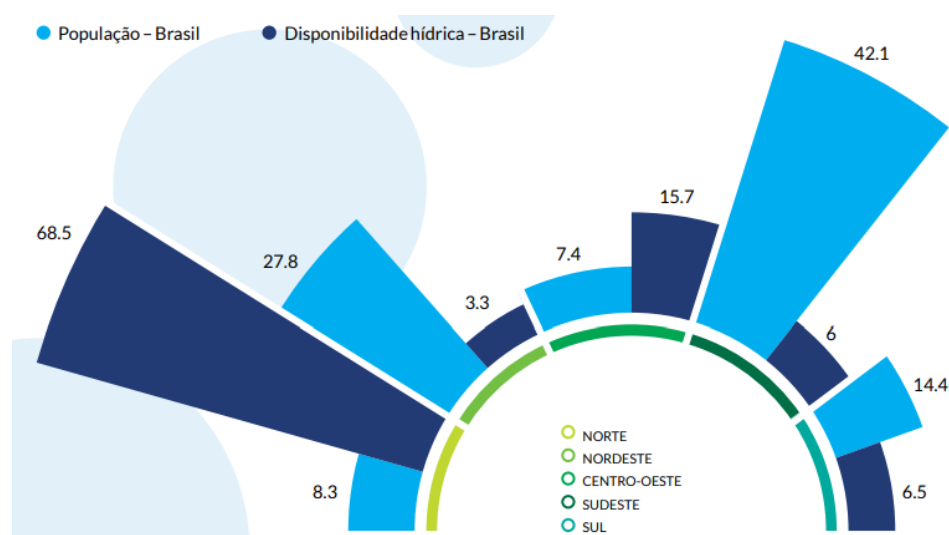


Figura 1 - Distribuição da População x Disponibilidade Hídrica no Brasil (%)

Fonte: Retirado de TONELO, K.C, 2011. Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil: conceitos, legislações e aplicações. São Carlos: Coleção UAB-UFSCar, 2011, 115 p. - Portal Brasil/Demografia: <http://www.brasil.gov.br/governo/2011/02/demografia>.

A extensão do Rio Xingu é de aproximadamente 1.815 km possuindo a 4ª maior bacia hidrográfica da Amazônia, com cerca de 7% de área, é um dos maiores rios de águas claras, sendo responsável por cerca de 5% da vazão do rio Amazonas (Oliveira, 2017). Apresenta-se dividido em Alto, Médio e Baixo Xingu. Na região do Alto Xingu, estão suas nascentes no estado do Mato Grosso; no médio Xingu, o rio cruza a divisa do Mato Grosso com o Pará e segue, quase que completamente, inserido no município de Altamira no Pará; no Baixo Xingu, apresenta-se em um curso mais largo, com várias localidades ao seu redor (Novo Acordo, Paquiçamba, Belo Monte do Pontal, Vitória do Xingu, Aricaria, Senador José Porfírio e Altamira), se abrindo em um grande lago até encontrar as águas do rio Amazonas (Santos, *et al*, 2019).

No Estado do Pará a bacia do Xingu abrange os municípios de Altamira, São Félix do Xingu, Senador José Porfírio, Vitória do Xingu, Brasil Novo, parte de Medicilândia, Placas e a parte oeste do município de Anapu cobrindo uma área de 314.427,790 km<sup>2</sup> (Oliveira, 2017). Na cidade de Altamira, mais especificamente a área urbana da cidade, é predominantemente ocupada pelas planícies fluviais do Rio Xingu e por igarapés de menor calibre (sub-bacias), dos quais não se possui informações detalhadas, por serem escassas ou confidenciais, uma vez que se trata de áreas estratégicas para o Estado (Ana, 2013). Nesse contexto, três igarapés (Ambé, Altamira e Panelas) são mais conhecidos e explorados dentro da cidade de Altamira, pois possuem hidrodinâmica local (relação cheia e vazante) profundamente alterada em diferentes épocas do ano (Morelli, 2010).

## 1.2 - A USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE (UHBM) E SEUS IMPACTOS NA REGIÃO DO MÉDIO XINGU

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte foi instalada no trecho do Médio Curso do Rio Xingu (Médio Xingu), impactando áreas dos municípios de Vitória do Xingu, Altamira e Brasil Novo, principalmente (Sillva, 2012). Atualmente o projeto é constituído de uma barragem principal no Rio Xingu, localizada a 40 km da cidade de Altamira, no Sítio Pimental, formando o Reservatório do Xingu. A partir deste reservatório, parte da água é desviada por um canal de derivação de 20 km de comprimento e 200m de largura para um reservatório intermediário. No projeto original estavam previstos dois canais de derivação, entretanto, em 2009 foi modificado para apenas um canal (Morelli, 2010) (Figura 2).

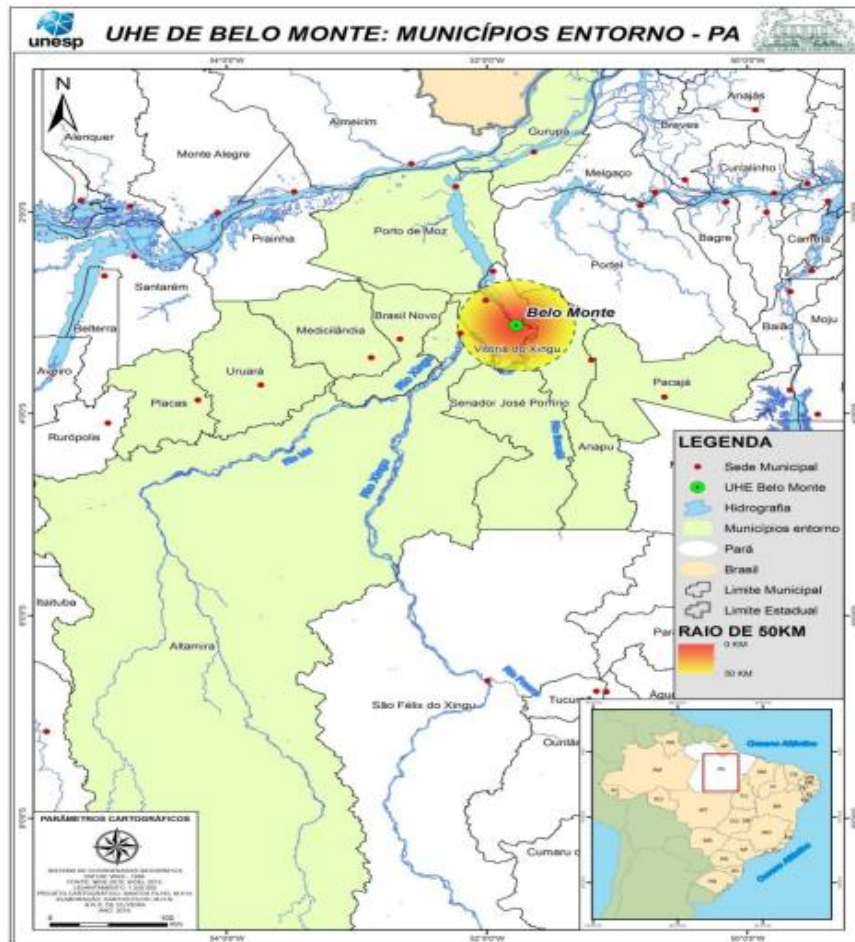


Figura 2 - Municípios sedes e de entorno da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, Pará.

Fonte: Retirado de Oliveira (2017)

A UHE Belo Monte foi estruturada para operar a fio d'água, ou seja, utilizando a vazão natural do rio Xingu, o que a diferencia da maior parte das hidrelétricas brasileiras (Brasil, 2009). Outro aspecto interessante é que o projeto da obra não exigiu que fosse construída uma queda artificial d'água, para a geração de energia, foi aproveitada a característica natural do Rio Xingu, na região da Volta Grande, onde há um declive de 90 metros (Oliveira, 2017). Com a instalação da usina, houve várias modificações nessas regiões como o barramento de rios, formação de reservatórios, supressão da vegetação, alterações da dinâmica hidráulica do rio e essas modificações podem afetar ou alterar as características físico-química e microbiológica da água. Sendo que essas modificações podem atingir à exploração de recursos naturais, a relação do homem com seu meio, relações econômicas, culturais e sociais da população local (Gonçalves *et al.*, 2016).

### 1.3 - IMPACTOS DE MEGAPROJETOS

A implantação de megaprojetos energéticos demanda uma série de problemáticas, previsíveis, que permeiam desde o inchaço populacional, perda da rica biodiversidade local, contudo sucederam diversos impactos inesperados, dentre eles, a ocupação irregular e desordenada da região, o conflito no uso da água, proliferação intensa de mosquitos, a oferta de empregos incompatíveis com a mão-de-obra atraída para a região e a emissão de gases de efeito estufa a partir dos reservatórios (Freitas e Soito, 2008; Fearnside, 2004; Oliveira, 2017).

Conforme Freire (2021), o Relatório de Impacto Ambiental da Usina Hidrelétrica de Belo Monte previu um acréscimo de mais de 90 mil habitantes em toda a área afetada pelo projeto, tendo Altamira como o município paraense mais impactado (Eletrobrás, 2009). Nesse contexto, observou-se um novo fluxo de migração de pessoas de diversas regiões do Brasil em direção a Altamira, em busca de oportunidades de emprego durante a fase de construção da usina, com a expectativa de permanecerem na região após a conclusão da obra (Freire, 2021).

Apesar dos esforços e melhorias percebidas desde as políticas de colonização até os dias atuais, a região ainda apresenta uma densidade populacional relativamente baixa quando comparada ao restante do país (Freire, 2021). Além dos impactos ambientais decorrentes das atividades econômicas que se estabeleceram na região, a área ao longo do rio Xingu enfrenta desafios sociais significativos, especialmente relacionados à carência de infraestrutura para atender às necessidades da população, como serviços de saúde, educação e formalização do trabalho, esses problemas sociais incluem questões de desigualdade econômica e concentração de renda (FAPESPA, 2015).

O barramento no rio Xingu pode causar a piora da qualidade da água do rio, se o esgoto urbano continuar a ser jogado sem tratamento no Xingu e nos lençóis freáticos. A estação de tratamento de esgoto está construída, mas sem as ligações domiciliares, o sistema não pode receber o esgoto e funcionar adequadamente (Brasil, 2014). Acarretando, além dos impactos ambientais, sociais e econômicos, à degradação da qualidade das águas que se traduz, não apenas na perda da biodiversidade, mas no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e industrial, na perda de produtividade na agricultura, na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (Brasil, 2014; Leturcq, 2016). Por isso, o padrão no controle da qualidade da água, leva à melhoria dos recursos hídricos que é fornecido para a população (Flora, 2020).

#### 1.4 - IMPACTOS DA QUALIDADE DA ÁGUA NA SAÚDE.

A qualidade da água pode ser afetada pelos mais diferentes tipos de uso, tendo como principais fontes de contaminação os esgotos sem tratamento, lançados em rios e lagos; aterros sanitários que afetam os lençóis freáticos; defensivos agrícolas que escoam com a chuva para os rios e lagos; os garimpos que lançam produtos químicos, como o mercúrio, em rios e córregos; indústrias que utilizam os rios como carreadores de seus resíduos tóxicos, navegação, despejos de efluentes e a geração de energia (hidrelétricas) (EMBRAPA, 1994; RSC, 1992; Derisio, 2012), que trazem a presença de patógenos, matéria orgânica e inorgânica para os sistemas hídricos naturais (Queiroz; Silva; Strixino, 2008).

O despejo de resíduos de origem fecal pode aumentar suas concentrações na coluna de água e conseqüentemente comprometer a integridade do corpo hídrico, causando a proliferação de outros microrganismos patogênicos (Lautenschlager, 2003; Pereira, 2004; CONAMA, 2005).

De acordo com Amorim e Porto (2001) pesquisas relacionadas a microrganismos patogênicos na água exigem procedimentos muito complexos e longos, tornando-se necessário a utilização de organismos indicadores de contaminação fecal para poder avaliar a qualidade bacteriológica da água. Conforme destacado por Pelczar *et al.* (1996), esses marcadores biológicos específicos têm uma ampla disseminação na biodiversidade natural, o que os torna alvo de significativo interesse por parte das autoridades de saúde pública. Os coliformes termotolerantes têm relevância substancial na epidemiologia das infecções intestinais humanas. A mais significativa entre as bactérias patogênicas termotolerantes de origem fecal é a *Escherichia coli*, sinalizando que a presença dela na água indica contaminação por matéria fecal (Hofstra, 1988).

Além das infecções gastrointestinais, os coliformes podem estar envolvidos em uma variedade de outras condições patológicas, como meningites, casos de intoxicação alimentar e infecções do trato urinário (Koneman, 2001). A avaliação bacteriológica da água emerge como um instrumento eficaz para a avaliação da qualidade da água e, por conseguinte, desempenha um papel crucial na prevenção de doenças transmitidas pela água (Brasil, 2005).

O rio Xingu e vários outros rios e igarapés da região sofrem há anos, com o despejo direto de esgoto hospitalar e doméstico em seu leito, além dos impactos ainda imensuráveis causados pela implantação da UHE Belo Monte, à jusante do rio (Lopes *et al.*, 2013). Para minimizar ou evitar os impactos ambientais, no processo de licenciamento são determinadas condicionantes a fim de conciliar o desenvolvimento à sustentabilidade, uma dessas

condicionantes de Belo Monte foi o projeto de recomposição das praias, transformando-as em ambientes de recreação e lazer para a população (Pinto, 2016).

As condições de balneabilidade possuem uma grande importância social, pela relação direta com os problemas de saúde pública e degradação ambiental (Andrade, *et al.* 2012; Campos & Cunha, 2015). Com isso, a avaliação bacteriológica da água se revela como uma ferramenta vital na prevenção de doenças transmitidas pela água, abrangendo não apenas infecções gastrointestinais, mas também uma série de outras condições patológicas. Este fator ganha ainda mais destaque em regiões afetadas por problemas como o despejo de esgoto hospitalar e doméstico em corpos d'água, bem como os impactos decorrentes de grandes empreendimentos, como a UHE Belo Monte. Condições de balneabilidade adequadas são fundamentais não apenas para a preservação ambiental, mas também para a saúde pública e o bem-estar da população, destacando a necessidade contínua de medidas e políticas que promovam a qualidade da água e a sustentabilidade dos recursos hídricos em nosso país.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 - OBJETIVO GERAL

Analisar os parâmetros limnológicos e microbiológicos da água do Rio Xingu, com base nos limites estabelecidos nas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a fim de traçar um perfil de sua qualidade, em municípios da região do Xingu e transamazônica, afetados pela UHE Belo Monte.

### 2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (I). Determinar os parâmetros limnológicos da água através da determinação do potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, temperatura e condutividade elétrica.
- (II). Determinar as concentrações de coliformes fecais (termotolerantes) totais e *Escherichia coli*;
- (III). Analisar os aspectos de qualidade da água e de balneabilidade, verificando se as concentrações estão de acordo com a resolução estabelecida pelo CONAMA.
- (IV). Relacionar os padrões de qualidade da água e balneabilidade com as questões socioambientais trazidas pela instalação da UHE Belo Monte.
- (V). Desenvolver material instrucional de educação em saúde, relacionado à qualidade de água e à saúde, para informação da população em geral.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - TIPO DE PESQUISA/ESTUDO

Trata-se de uma pesquisa de campo, com abordagem qualitativa e quantitativa de parâmetros relacionados à qualidade da água, do rio Xingu, na região da Transamazônica e Xingu, que foram afetados pela implementação da UHE Belo Monte.

#### 3.2 - ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada em trechos do rio Xingu, em municípios da região da Transamazônica e Xingu, que foram afetados pela implementação da UHE Belo Monte. Fazem parte desses municípios afetados: Altamira, Anapu, Brasil Novo, Medicilândia, Pacajá, Placas, Porto de Moz, Senador José Porfírio, Uruará e Vitória do Xingu, porém apenas Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio fizeram parte da amostra do projeto.

#### 3.3 - COLETA DE MATERIAL

Foram selecionados três municípios: Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio, os mais impactados pela UHE Belo Monte na região do médio Xingu. Nestes municípios foram escolhidos três pontos para coleta aleatórios denominadas de P1, P2 e P3 (com o registro da posição - latitude e longitude) (Quadro 1), os quais foram avaliados a cada 2 meses de outubro de 2020 a abril de 2021, em um período de 8 meses, totalizando 4 Coletas (C1, C2, C3 e C4) de cada município (Figura 3).

<b>Municípios</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	
Altamira	67°L 3° 12' 25" S / 52° 11' 56" O	222°SO 3° 12' 49" S / 52° 12' 15" O	131°SE 3° 14' 19" S / 52° 12' 57" O	Elevação 90m
Vitoria do Xingu	97°L 2° 52' 52" S / 52° 1' 11" O	344°N 2° 52' 51" S / 52° 0' 47" O	217°SO 2° 52' 42" S / 52° 0' 36" O	Elevação 10m
Senador José Porfírio	237°SO 2° 35' 23" S / 51° 57' 25" O	346°N 2° 35' 12" S / 51° 57' 31" O	352°N 2° 35' 2" S / 51° 57' 34" O	Elevação 0m

Quadro 1 - Coordenadas geográficas dos pontos de coletas de em cada município.

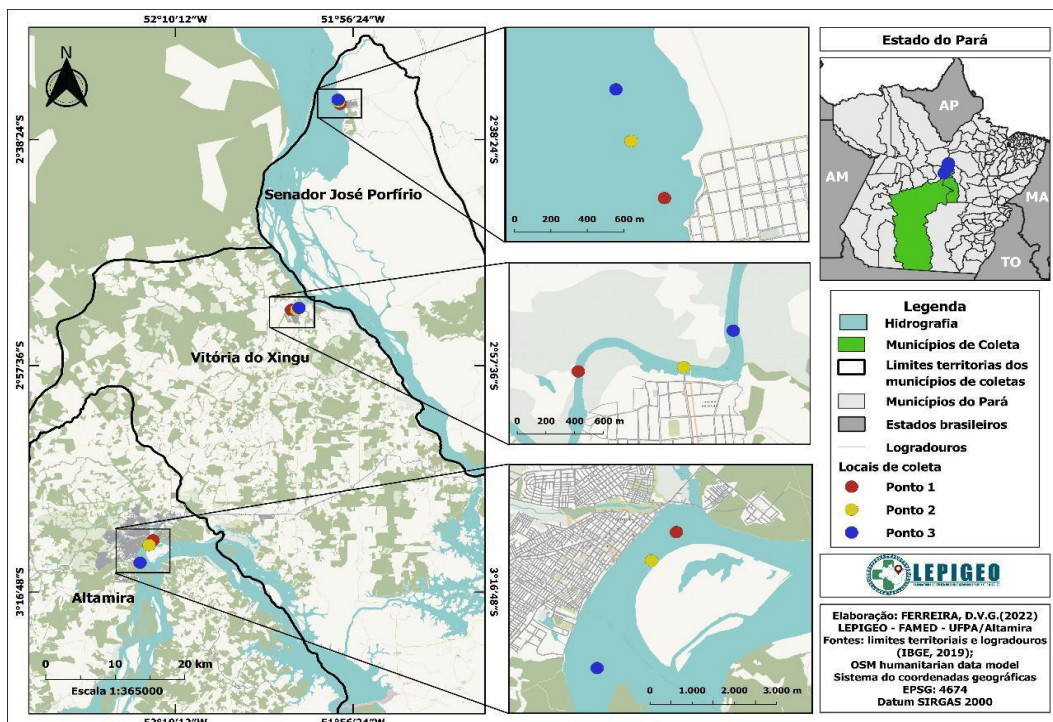


Figura 3 - Localização da área de estudo. Os pontos amostrais são representados em vermelho (P1); Amarelo (P2); Azul (P3).

Fonte: LAPGEO, 2022.

Todas as coletas foram realizadas sempre no mesmo horário, entre às 8H e 10H da manhã. Em cada ponto de coleta para obter as amostras, foram coletados 2 frascos de coletor universal needs estéril de 80 ml cada (um para a análise físico-química e outro para a análise microbiológica). Foram utilizados recipientes esterilizados em autoclave, para que não haja interferência de nenhum outro microrganismo externo a não ser os contidos na água.

O recipiente foi colocado na superfície contra a corrente do rio no momento da coleta e, posteriormente, fechado para evitar possíveis contaminações.



Figura 3 - Procedimento de coleta de amostras.

## 3.4 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS

### 3.4.1 Análise Físico-química

Com o intuito de identificar e quantificar os elementos e espécies iônicas presentes nas amostras de água para posterior associação com seus efeitos às questões ambientais e à saúde humana foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, temperatura e condutividade elétrica.

Ainda no local da coleta foram quantificados o pH, Temperatura e condutividade, utilizando, respectivamente, um aparelho de peagâmetro, microprocessador e um termômetro digital.

Para a análise da Turbidez, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, devidamente acondicionadas em um caixa térmica e mantidas à temperatura ambiente, onde foram analisadas por um aparelho turbidímetro Plus Microprocessador.

A qualidade da água foi avaliada comparando-se os resultados obtidos com os valores mínimos e máximos permitidos e recomendados pela Portaria nº518 de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde. Também, foi utilizada a resolução nº357 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que classifica as águas doces, salobras e salinas do país.

### 3.4.2 Análise Microbiológica

A análise microbiológica das amostras de água foi iniciada o mais rápido possível, evitando mudanças na população microbiana (GAUDY, 1998).

As amostras para análise microbiológica foram processadas utilizando o kit Colipaper da ALFAKIT (Figura 5 A), que consiste em uma cartela com meio de cultura em forma de gel desidratado empregado para análise microbiológica indicando a presença de coliformes fecais e totais em DIPSLIDE de papel, sendo recomendado para análises como água, efluentes domésticos e industriais, rios, lagoas, piscina, leite, superfícies e verduras, com faixa de sensibilidade da análise entre 80 a 25000 UFC/100 mL (ALFAKIT, 2012). Sua utilização é rápida, fácil e eficiente, quando comparada a outros métodos de quantificação, como a técnica tradicional dos múltiplos tubos, obtendo resultados semelhantes (Bettega *et al*, 2006).

Existem alguns procedimentos que precisaram ser realizados antes da coleta e durante a realização do teste com o kit: Lavar bem as mãos antes de manusear a cartela microbiológica, para evitar contaminações que possam interferir nos resultados; e nunca tocar a cartela de teste abaixo do picote. Utilizamos a miniestufa da ALFAKIT (Figura 5 B), para que as cartelas do

kit Colipaper, após a coleta, possam ser acondicionadas, por 15H até a leitura do resultado (ALFAKIT, 2012).

A partir dos dados microbiológicos foi possível determinar a potabilidade da água para consumo humano, de forma que os resultados obtidos foram analisados conforme os parâmetros estabelecidos na Portaria do MS nº 2914, de 2011.



Figura 4 - (A) kit Colipaper da ALFAKIT. (B) Mini-estufa da ALFAKIT.

### 3.5 - ELABORAÇÃO DE MATERIAL INSTRUCIONAL

Ao final do projeto foram elaborados materiais de instrução (APÊNDICE 1), foi elaborado por meio de um programa gráfico Canva, o conteúdo nele incluído foi pesquisado em diversas referências. A cartilha tem como objetivo divulgar sobre a importância da qualidade da água. Sendo o público-alvo a população em geral dentro e fora da universidade.

### 3.6 - ANÁLISE DOS DADOS

Os dados do trabalho foram tabulados em Microsoft Excel® e analisados por meio de estatística descritiva, utilizando os programas BioEstat, versão 5.0.

Foi aplicada a Análise de Variância (ANOVA), que de acordo com Ferreira (2009) é um procedimento utilizado para comparar três ou mais tratamentos, sendo usado especificamente para testar a hipótese nula. Será realizada, para a comparação de médias entre os pontos de coleta do estudo, o teste de Tukey ( $p < 0,01$ ) para verificar possíveis diferenças significativas entre as médias dos dados analisados.

### 3.7 - ASPECTOS ÉTICOS

De acordo com o que preconizam as resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde o presente trabalho está isento de avaliação ou qualquer aquiescência pelo sistema Comitê de Ética em Pesquisa/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CEP/CONEP).

## 4. RESULTADOS

Após a análise dos dados obtidos nas coletas em campo e no laboratório, ao longo das quatro coletas nos 3 pontos selecionados, para os aspectos (1) Físico-químicos e (2) Microbiológicos das águas do rio Xingu, os seguintes resultados foram gerados.

### 4.1 - ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS

Para analisar os dados e elaborar as tabelas e gráficos, utilizamos a média entre os três pontos de coleta (P1, P2 e P3) durante as quatro Coletas realizadas (C1, C2, C3 e C4), para cada parâmetro físico-químico nos municípios.

Na avaliação do pH, não houve diferença estatística significativa entre os municípios ( $p= 0,5731$ , ANOVA um critério) (Figura 6). No entanto, em Altamira o pH apresentou maior valor médio (7,49) e Senador José Porfírio menor média (7,12). Os valores de pH não variaram entre os municípios amostrados.

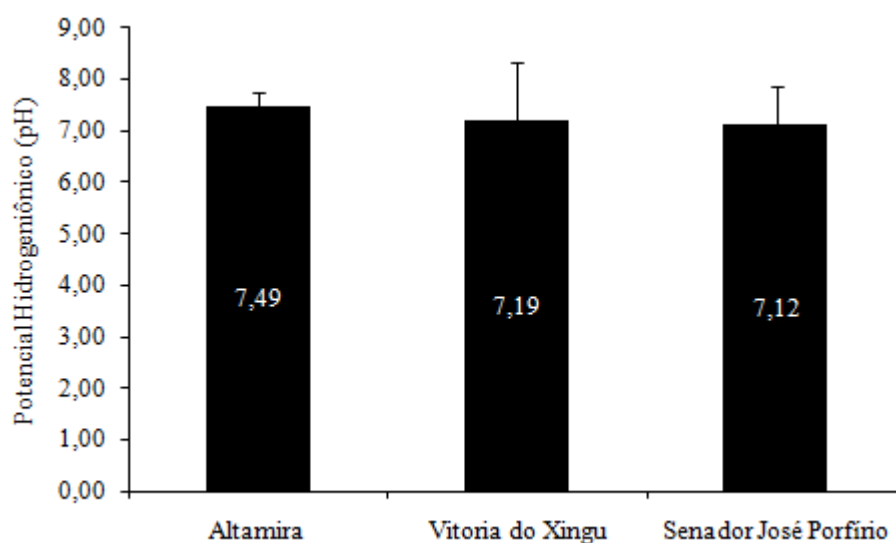


Figura 5 - Média de valores de pH nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.

Quanto à turbidez, os valores obtidos em Altamira e Senador José Porfírio foram bem próximos (3,36 NTU e 3,40 NTU, respectivamente), porém o que foi registrado em Vitória do Xingu chegou a quase o dobro dos demais municípios (5,64 NTU), com diferença estatística entre Altamira – Vitória do Xingu e entre Vitória do Xingu – Senador José Porfírio ( $*p<0,01$ , ANOVA um critério, Teste Tukey) (Figura 7).

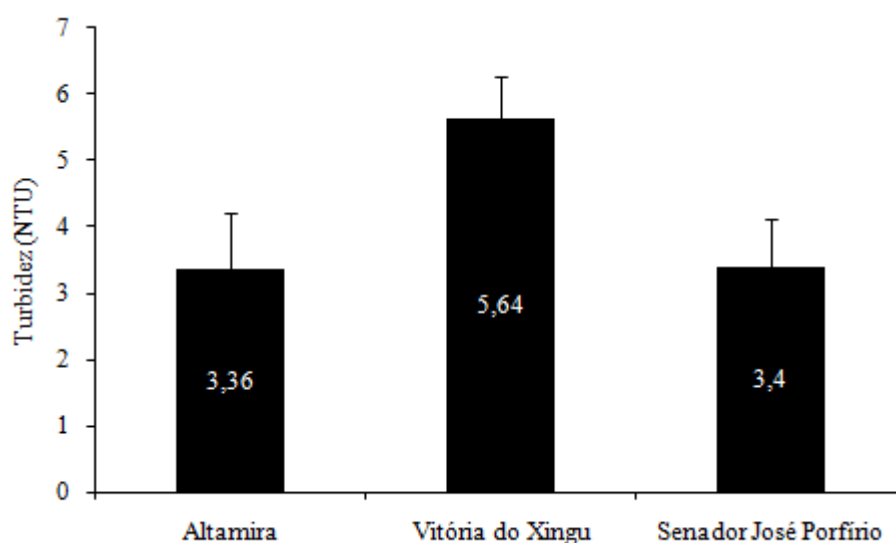


Figura 6 - Média de valores de turbidez (NTU) nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.

A temperatura da água foi um dos parâmetros que se manteve semelhante entre os municípios, com uma leve redução em Vitória do Xingu, com média de 28,4 °C, mas sem diferença estatística significativa ( $p = 0,1214$ , ANOVA um critério) (Figura 8).

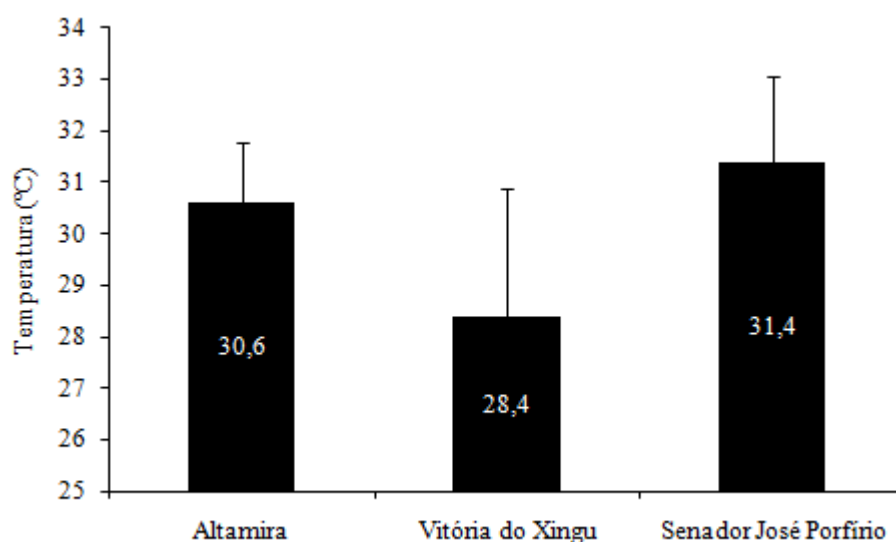


Figura 7 - Média da Temperatura (°C) das águas dos municípios Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.

No que tange a condução elétrica nas amostras de água (Condutividade elétrica; CE), Vitória do Xingu apresentou a menor média (11,08  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), enquanto a maior foi registrada em Senador José Porfírio (20,91  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), com diferença estatística entre Altamira e Vitória do Xingu, e entre Vitória do Xingu e Senador José Porfírio ( $p < 0,01$ , ANOVA um critério, Teste Tukey) (Figura 9).

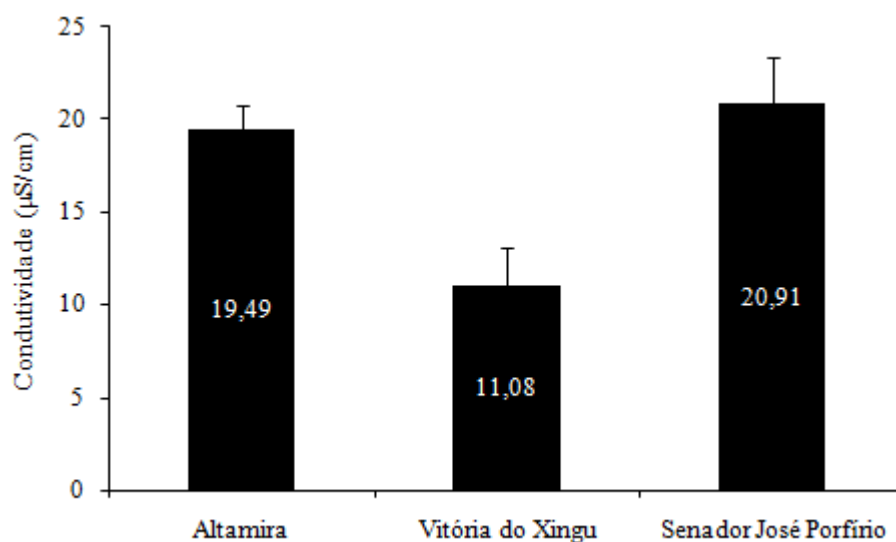


Figura 8 - Média de valores de Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio.

Na comparação entre as médias dos parâmetros físico-químicos da água, nos municípios avaliados, e os padrões preconizados pela CONAMA, todos os municípios encontram-se dentro dos padrões exigidos pelas resoluções do órgão regulador (Quadro 2).

Parâmetros	Altamira	Vitória do Xingu	Senador José Porfírio	CONAMA (resolução 357/2005)
Ph	7,49	7,19	7,12	6 a 9
Turbidez (NTU)	3,36	5,64	3,4	até 100 NTU
Temperatura (°C)	30,6	28,4	31,4	n/d*
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	19,49	11,08	20,91	n/d*

\*n/d - Valor não determinado

Quadro 2 - Comparação entre as médias dos parâmetros físico-químicos e os padrões do CONAMA nos municípios avaliados

## 4.2 - ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS

Os resultados obtidos na análise de *Escherichia coli* nas amostras coletadas, estão demonstrados na Figura 10. O município de Vitória do Xingu obteve a maior concentração de *E. coli*, obtendo o valor de 4433,3 UFC/100 mL. Houve diferença estatística significativa na concentração de *Escherichia coli* entre os municípios de Altamira - Vitória do Xingu e entre Vitória do Xingu - Senador José Porfírio ( $p < 0,01$ , ANOVA um critério, Teste Tukey). Porém, não houve diferença na concentração de *Escherichia coli* entre os municípios de Altamira - Senador José Porfírio ( $p = 0,6697$ , ANOVA um critério).

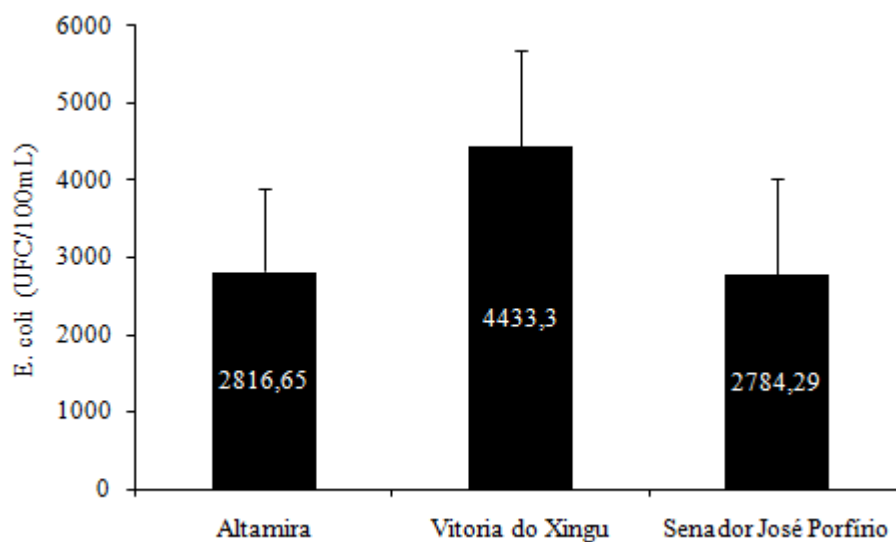


Figura 9 - Comparação entre as médias dos valores de *E. coli* nos municípios avaliados.

Os resultados obtidos através das análises de coliformes totais entre os municípios estão demonstrados na Figura 11. No qual, o município de Senador José Porfírio obteve a maior concentração de coliformes totais, obtendo a média de 19618,89 UFC/100 mL, com diferença estatística significativa entre todos os municípios ( $p < 0,01$ , ANOVA um critério, Teste Tukey).

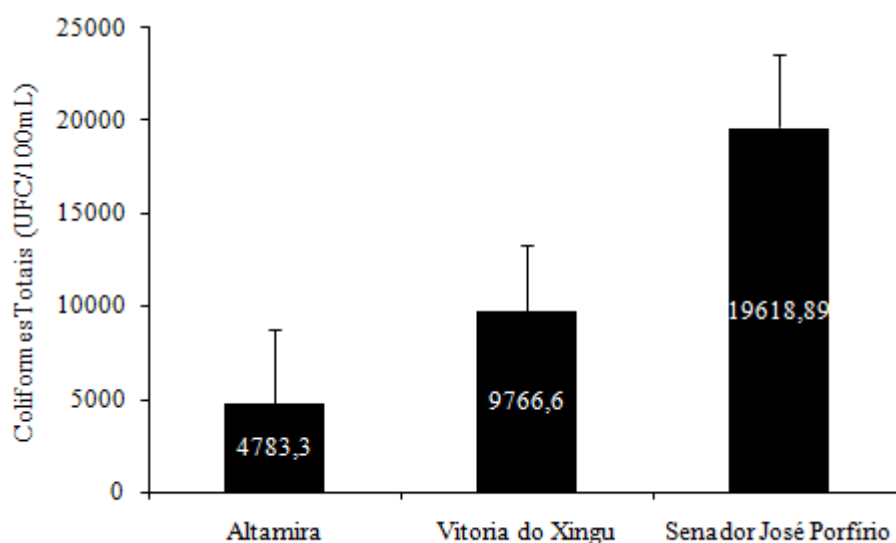


Figura 10 - Comparação entre as médias dos valores de coliformes totais nos municípios avaliados.

Na comparação entre as médias dos parâmetros microbiológicos da água, nos municípios avaliados, e os padrões preconizados pela CONAMA, todos os municípios encontram-se fora dos padrões de potabilidade exigidos pelas resoluções do órgão regulador, para água doces Classe 2 (RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005) (Quadro 3).

Parâmetros	Altamira	Vitória do Xingu	Senador José Porfírio	CONAMA (resolução 357/2005)
<i>E. coli</i> (UFC/100mL)	2.816,65	4.433,3	2.784,29	Até 800
Coliformes Totais (UFC/100mL)	4.783,3	9.766,6	19.618,89	Até 1000

Quadro 3 - Comparação entre as médias dos parâmetros microbiológicos e os padrões da CONAMA nos municípios avaliados.

## 5. DISCUSSÃO

As amostras das águas coletadas nos municípios que compõem a área de estudo do presente trabalho, no que se refere os parâmetros físico-químicos da água, se mostraram dentro dos padrões aceitos pela CONAMA para balneabilidade, porém as análises dos aspectos microbiológicos se encontram fora do estabelecido pelo CONAMA.

### 5.1 - ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA.

Observando a análise das amostras, não houve variação significativa do valor de pH nas águas em análise entre os períodos de coleta, sendo que o valor máximo observado no município de Altamira, e o valor mínimo no município de Senador José Porfírio.

Skorupa *et al.* (2017) diz que os baixos valores de pH são relatados com frequência estando relacionado com a característica natural dos rios da região. Como exemplo, Nascimento, Araújo e Dias-Silva (2021), que analisando o pH do rio Xingu, obtiveram os valores máximo de 8,22 durante o período chuvoso e a mínima de 6,3 durante o período seco. No entanto, Bulhões *et al.* (2018) explica, que isso provavelmente está relacionado com a disponibilidade de matéria orgânica presente no reservatório, ou ações antrópicas, tais como lançamento de esgoto doméstico, despejos de efluentes.

Conforme estabelecido na Resolução CONAMA de 2005, os valores de pH nos três municípios estão em conformidade com os padrões estabelecidos para águas doces de Classe 2, que variam de 6,0 a 9,0.

No entanto, durante as coletas, observou-se que Altamira e Senador José Porfírio apresentaram valores de turbidez próximos, com 3,36 NTU e 3,40 NTU, respectivamente. Em contrapartida, Vitória do Xingu registrou uma turbidez significativamente maior, atingindo 5,64 NTU, quase o dobro dos outros municípios. Esse aumento pode estar relacionado com a concentração de material lixiviado que é proveniente do uso do solo e atividades antrópicas como o lançamento de esgoto ou desmatamento, conforme mencionado por Leme (2009).

Um estudo realizado por Martins *et al.* (2017), ao analisar cinco pontos ao longo do córrego Guará Velho, também encontrou variações significativas na turbidez. Os resultados variaram de 3,36 NTU/100 mL no primeiro ponto a 143,0 NTU/100 mL no quinto ponto. Essa variação notável foi atribuída à quantidade de sedimentos presente ao longo do córrego.

Portanto, tanto no caso do Rio Xingu quanto no córrego Guará Velho, a turbidez da água demonstra ser influenciada por diversos fatores, incluindo atividades humanas, mudanças ambientais e sazonais, e a quantidade de sedimentos presentes na água. Essas observações

destacam a importância da monitorização constante e da implementação de medidas de gestão para manter a qualidade da água em conformidade com os padrões ambientais estabelecidos.

Conforme a Resolução CONAMA 357/2005, que define um limite máximo permitido de turbidez para águas de Classe 2 em 100 NTU, é evidente que os resultados obtidos para este parâmetro estão abaixo do limite estabelecido pelo CONAMA.

Em relação ao parâmetro temperatura, os valores foram medidos *in situ*, e é possível observar que não houve variações significativas e se mantiveram semelhantes entre os municípios. Entretanto, a temperatura no município de Vitória do Xingu teve o menor valor registrado, com média de 28,4 °C, e o município de Senador José Porfírio apresentou o maior valor de 31,4 °C, respectivamente, podendo ser explicado pela época do ano, no qual, uma parte das coletas foram realizadas no verão (seca) e a outra parte foram realizadas no inverno (chuva).

De acordo com o trabalho de Leme (2009) o valor mais baixo registrado para temperatura foi no período de cheia, com ênfase no trecho da Volta Grande com a média de 27,3 °C. No entanto, Nascimento, Araújo e Dias-Silva (2021), analisando as águas do rio Xingu registraram o valor máximo de 32,5 °C durante o período seco e o valor mínimo de 28,3 °C no período chuvoso, levando em consideração, que a região amazônica não dispõe de umas diferenças climáticas muito expressivas.

Ao longo das coletas houveram variações significativas para os valores da condutividade elétrica (CE), sendo o valor mínimo decorrente do município de Vitória do Xingu, que apresentou a média de 11,08 µS/cm e o valor máximo no município de Senador José Porfírio, com 20,91 µS/cm.

Além disso, a condutividade elétrica pode ser um indicador valioso de mudanças ambientais. Em áreas próximas a usinas hidrelétricas, a água frequentemente entra em contato com materiais geológicos que liberam minerais dissolvidos, contribuindo para a condutividade (Menezes *et al.* 2017). No entanto, também pode refletir práticas de uso da terra, como desmatamento ou agricultura intensiva, que afetam a quantidade e a composição desses íons dissolvidos na água (Scopel; Teixeira; Binotto, 2005). A condutividade elétrica é uma ferramenta importante para monitorar a qualidade da água ao longo do tempo e identificar tendências que podem exigir intervenções de gestão. Isso é particularmente relevante em regiões próximas a usinas hidrelétricas, onde as mudanças ambientais podem ser significativas e têm implicações diretas para a conservação dos recursos hídricos e da vida aquática (Rios-Villamizar *et al.*, 2019).

Parâmetros como condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e temperatura mostram uma correlação direta com a distância das amostras coletadas. Menezes *et al.* (2017) e Fernandes *et al.* (2015) destacam que as práticas de conservação do solo têm um impacto significativo na qualidade da água e nos ecossistemas aquáticos. Mudanças no uso da terra podem afetar diretamente as características dos rios, devido às transformações no ecossistema. Ademais, as propriedades físico-químicas da água refletem a geologia local (Andrade *et al.*, 2020).

De modo geral, apesar de ser considerado um parâmetro de qualidade da água, no entanto a resolução do CONAMA 357/2005, não estabelece um valor específico para CE. No entanto, precisa-se bastante atenção, uma vez que, esse parâmetro determina a presença de substância dissolvidas na água, que se decompõem em ânions e cátions (Bulhões *et al.*, 2018). Nascimento, Araújo e Dias-Silva (2021) em seu trabalho, obtiveram valores com a máxima de 31  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e mínima de 11  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , seguindo a influência do período sazonal.

## 5.2 - ANÁLISE DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA

Os resultados para as análises dos parâmetros microbiológicos realizados nos três municípios, foram comparados aos valores exigidos pelo CONAMA, para águas doces, que em sua resolução n° 357/05 estabelece valores máximos permitidos (VMP) para balneabilidade.

A análise dos pontos de coleta nos três municípios, observa-se uma concentração muito elevada de *E. coli*. e coliformes totais com seus valores muito acima do VMP pela resolução do CONAMA n° 357/05. Quando observamos a média de valores obtidos nas análises de *E. coli*., o município de Vitória do Xingu obteve a mais alta concentração, com uma diferença estatística significativa, entre os três municípios. Já a média de valores obtidos na análise de coliformes totais, o município de Senador José Porfírio obteve uma concentração muito alta com a média, com diferença estatística significativa entre todos os municípios.

Os resultados dos parâmetros de qualidade da água, em particular os níveis de *E. coli* e coliformes totais, nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio, apontam para preocupações significativas em relação à saúde da água e à conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo CONAMA (Resolução 357/2005).

Primeiramente, é importante observar que os valores de *E. coli* em Altamira, Vitória do Xingu e Senador José Porfírio estão muito acima do limite estabelecido pelo CONAMA, que é de até 800 UFC/100 mL. Isso indica uma contaminação séria da água por coliformes fecais, que são indicadores de poluição por resíduos humanos e animais. A presença de *E. coli* em

níveis tão elevados sugere riscos significativos à saúde pública e a possibilidade de contaminação por patógenos relacionados (Derisio, 2016).

Em relação aos coliformes totais, novamente os valores em todos os municípios superam e muito o limite estabelecido pelo CONAMA, que é de até 1000 UFC/100 mL. A presença em altas concentrações desses organismos indica uma possível poluição da água por fontes diversas, como esgotos, atividades agrícolas intensivas, efluentes industriais e outros resíduos orgânicos. Isso pode afetar negativamente a qualidade da água, tornando-a inadequada para usos diversos, como abastecimento público e recreação, além de representar riscos para a vida aquática (Neves, 2023).

A presença elevada de coliformes no Rio Xingu nos três municípios levanta preocupações significativas sobre a qualidade da água e a saúde ambiental na região. Os coliformes são bactérias presentes no trato digestivo de seres humanos e animais de sangue quente (Motta; Neumann, 2020). Sua presença na água indica a possível contaminação por fezes e patógenos associados, o que representa um risco à saúde pública. A elevação dos níveis de coliformes totais e fecais em corpos d'água, como as dos trechos dos municípios do Rio Xingu, pode ser atribuída a várias fontes de poluição.

Esses resultados destacam a urgência de implementar medidas eficazes de gestão ambiental e saneamento para mitigar a contaminação da água nesses municípios. Isso inclui a melhoria dos sistemas de tratamento de esgoto, a regulamentação e fiscalização rigorosa das atividades poluentes e a conscientização pública sobre práticas sustentáveis para proteger os recursos hídricos. Além disso, é fundamental investir em monitoramento contínuo da qualidade da água para avaliar a eficácia das medidas adotadas e garantir a segurança da população e do meio ambiente.

Segundo Teixeira *et al.* (2022), os microorganismos de coliformes não estão presentes em sua forma natural na água, sendo inseridos por meio de fezes humanas. Silveira *et al.*, (2018), explica que a alta concentração de *E. coli* e Coliformes totais, pode estar relacionada ao lançamento de esgoto doméstico, ao crescimento desordenado da população, pois, na maioria dos casos não há uma estrutura de saneamento básico para essa população.

Percebe-se que os resultados obtidos para as análises microbiológicas nos três municípios, estão com seus valores fora dos limites estabelecidos para o consumo. Entretanto, os municípios mais poluídos foram Vitoria do Xingu e Senador José Porfírio, tendo em vista que tiveram os valores mais altos entres os três municípios nas análises microbiológicas.

Muitas áreas afetadas pela Usina Hidrelétrica de Belo Monte enfrentam desafios significativos em termos de infraestrutura de tratamento de esgoto. A ausência de sistemas eficientes de coleta e tratamento de esgoto resulta no lançamento direto de resíduos domésticos e hospitalares nas águas dos rios e corpos d'água, contaminando a qualidade da água.

Além disso, o crescimento desordenado da população, muitas vezes impulsionado pela construção de grandes projetos como usinas hidrelétricas, sobrecarrega ainda mais os sistemas de saneamento, tornando difícil acompanhar a demanda crescente por serviços de tratamento de água e esgoto. O desmatamento, a agricultura intensiva e outras atividades humanas também podem contribuir para a erosão do solo e o aumento da carga de sedimentos nas águas, afetando negativamente a qualidade da água.

### 5.3 - ELABORAÇÃO DO MATERIAL DE INSTRUÇÃO

A cartilha, intitulado “A importância da qualidade da água para a saúde humana” (APÊNDICE 1), para a comunidade em geral, apontando a importância da água e da preservação de sua qualidade, dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, além do seu impacto sobre a saúde humana.

A cartilha possui muitas imagens, curtos textos com a linguagem mais clara, visando um fácil entendimento pelo público-alvo, sendo assim ficando um material mais lúdico, pois, segundo Rosa (2015) a ludicidade emprega em conjunto com o conteúdo abordado remetendo um processo de ensino aprendizagem de forma ampla. O material também apresenta conceitos básicos acerca do assunto abordado. Ao final da cartilha, possui uma atividade que foi planejada com a finalidade de fixar o conteúdo apresentado na cartilha.

## 6. CONCLUSÃO

O estudo revela uma realidade preocupante em relação à qualidade da água nas áreas sob influência direta dessa grande obra. Embora os parâmetros físico-químicos estejam em conformidade com as normas estabelecidas pelo CONAMA, as análises microbiológicas apontam para níveis alarmantes de contaminação por *E. coli* e coliformes totais, muito além do valor máximo permitido para balneabilidade. Essa situação ressalta a urgência de ações efetivas no sentido de melhorar a infraestrutura de saneamento básico, reduzir a poluição das águas e proteger a saúde da população que depende desses recursos hídricos.

Destaca-se ainda a importância da monitorização contínua da qualidade da água em áreas por empreendimentos de grande porte, como usinas hidrelétricas. Isso não apenas garante a saúde da população, mas também ajuda a preservar os ecossistemas aquáticos e a biodiversidade da região. Considerando o cenário de mudanças climáticas e a crescente demanda por recursos hídricos, é essencial que os órgãos governamentais, as comunidades locais e as empresas envolvidas em projetos desse tipo trabalhem em conjunto para implementar medidas de mitigação e melhorar a qualidade da água, assegurando assim um futuro sustentável para as gerações presentes e futuras.

Os resultados da análise dos parâmetros físico-químicos da água nas amostras coletadas nos municípios da área de estudo indicam que, em termos de balneabilidade, as águas se encontram dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA. Observou-se que o pH das amostras não variou significativamente entre os diferentes locais de coletas, mantendo-se dentro dos limites aceitáveis. No entanto, a turbidez da água em Vitória do Xingu foi notavelmente maior em comparação com os outros municípios, possivelmente devido ao despejo de esgoto, desmatamento ou variações sazonais. Apesar disso, os valores de turbidez estiveram abaixo do VMP pelo CONAMA.

Quanto à temperatura da água, os valores permaneceram relativamente constantes entre os municípios, mas variaram de acordo com a estação do ano. A condutividade elétrica (CE) apresentou variações significativas, sendo mais baixa em Vitória do Xingu e mais alta em Senador José Porfírio. Embora o CONAMA 357/05 não estabeleça um valor específico para a CE, é importante monitorar esse parâmetro, uma vez que ele reflete a presença de substâncias dissolvidas na água.

No que diz respeito aos parâmetros microbiológicos, as análises revelaram concentrações alarmantemente elevadas de *E. coli* e coliformes totais nos três municípios, muito acima dos valores máximos permitidos estipulados pelo CONAMA. Vitória do Xingu

apresentou a maior concentração de E. coli, enquanto Senador José Porfírio registrou a maior concentração de coliformes totais. Esses altos níveis de contaminação microbiológica podem estar relacionados ao despejo de esgoto doméstico e ao crescimento desordenado da população, uma vez que muitas vezes falta infraestrutura adequada de saneamento básico.

O impacto provocado pela construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte na região Transamazônica e do Xingu transcendeu o âmbito ambiental, refletindo-se em mudanças significativas na dinâmica populacional e nos desafios sociais enfrentados pela área. O aumento previsto na população e a migração de trabalhadores de diversas partes do Brasil para Altamira durante a fase de construção da usina evidenciam a magnitude desse empreendimento. No entanto, apesar dos esforços e melhorias observadas ao longo do tempo, a região ainda enfrenta uma baixa densidade populacional em comparação com o restante do país, e a infraestrutura inadequada para atender às demandas da população local representa um desafio significativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAKIT, 2012. Polikit Potabilidade – Kit desenvolvido para controle de qualidade da água para consumo humano

ALONSO & CASTRO. Processo de transformação e representações rural- urbano em Altamira. In: CARDOSO, A.C.D (org.). O rural e o Urbano na Amazônia: diferentes olhares e perspectivas- Belém: EDFPA. p. 161-215. 2006.

AMARAL, G. Conhecimento Atual da Geologia da Região Amazônica. In: Simpósio Sobre as Características Geológico-Geotectônicas da Região Amazônica. ABGE, pp. 01-43. 1980.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard methods for the examination of water and waste water. 21. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association. 2005.

AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE BACTERIOLÓGICA DAS ÁGUAS DE CISTERNAS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE PETROLINA-PE. **Embrapa Semiárido**, Petrolina, v. 1, n. 1, p. 1-8, nov. 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/9058/1/OPB132.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2022.

ANDRADE, M. P. et al. Avaliação da Balneabilidade das praias do Município de Santos/SP nos últimos dez anos, Revista Ceciliana Jun 4(1):55-59, 2012.

ANDRADE, Thiago et al. Análise multivariada para caracterização da qualidade da água próxima a uma pequena central hidroelétrica. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, p. 66-85, 2020.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standards methods for the examination of water and wastewater. 20th edition. Washington DC, 1998.

AURELIANO, J. T. Balneabilidade das praias de Pernambuco o núcleo metropolitano, Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2000.

BASTOS, R.K.X., BEVILACQUA, P.D., NASCIMENTO, L.E. et al. Coliformes como indicadores da qualidade da água. Alcance e limitações. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

BETTEGA, J.M.P.R., et al. Métodos analíticos no controle microbiológico da água. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 5, p. 950-954, set./out., 2006.

BIO. Água no mundo. Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente, [S.l.], v. 10, n. 11, p. 41, jul./set. 1999.

BULHÕES, L. E. L. *et al.* AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO SÃO FRANCISCO NA ÁREA URBANA DE UM MUNICÍPIO DO SERTÃO ALAGOANO.

In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA. Maceió: Contecc, 2018.

BRASIL, ELETROBRÁS/LEME. EIA- Relatório de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte. Leme Engenharia Ltda. Eletrobrás. 197p. 2009.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. Cuidando das águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos / Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2. ed. -- Brasília: ANA, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 275, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico de Características Microbiológicas para Água Mineral Natural e Água Natural. DOU, Brasília, 23 de setembro de 2005.

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.

BRASIL. Portaria 36, de 19 de janeiro de 1990. Dispõe sobre a água para o consumo humano. Brasília, DF: Governo Federal, 1990.

BRASIL. Portaria nº. 2914/2011. Estabelece as responsabilidades e procedimentos relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, n. 18, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71. 2000.

BROWN, M.T. Energy Analysis of a Hydroelectric Dam near Tucuruí. p. 82-91.9pp. 1986.

CAMPOS, J. S. CUNHA, H. F. A. Análise comparativa de parâmetros de balneabilidade em Fazendinha, Macapá-AP. Biota Amazônia, n. 4, p. 110-118, 2015. Disponível em <http://periodicos.unifap.br/index.php/biota>.

CLEASBY, J. L. Filtration. In: Water quality and treatment: a handbook of community water supplies. 4. ed. AWWA. McGraw-Hill, 1990.

CUNHA, Ananda Helena et al. O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. Enciclopédia Biosfera, v. 7, n. 13, 2011.

DERISIO, José Carlos. Introdução ao controle de poluição ambiental. 4. ed atual. – São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

ELETRONORTE. Equipe técnica. Complexo Hidrelétrico Belo Monte e sua inserção regional. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Atlas do meio ambiente do Brasil. Brasília, DF: Terra Viva, 138 p. 1994.

FEARNSIDE, P. M. Barragens na Amazônia: Belo Monte e o Desenvolvimento Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu. INPA. Manaus-AM. 20pp. 2005.

FEARNSIDE, P. M. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Represas Hidrelétricas: Controvérsias Fornecem um Trampolim para Repensar uma Fonte de Energia Supostamente "Limpa". INPA. Manaus – AM. 9 pp. 2004.

FEARNSIDE, P. M. Impactos ambientais da barragem de Tucuruí: lições ainda não aprendidas para o desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia. 35p. 2002.

FERNANDES, Milton Marques; CEDDIA, Marcos Bacis; MAY, Peter Herman; BOCHNER, Julia Kishida; GRANADEIRO, Livia Cabral; FERNANDES, Márcia Rodrigues de Moura. Valoração dos serviços ambientais prestados pela Mata Atlântica na manutenção da qualidade da água em microbacias na Área de Proteção Ambiental do Sana, Rio de Janeiro. Scientia Plena, v.11, p1-8, 2015.

FRANÇA, D.L. Controle de qualidade microbiológico da água filtrada disponível nos bebedouros da UniRV. Monografia (Graduação em Farmácia) – Faculdade de farmácia, da Universidade de Rio Verde - UniRV– Campus Rio Verde, 2016.

FREITAS & FREITAS. A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Ciência & Saúde Coletiva, v. 10, n. 4, p. 993-1004, 2005.

FREITAS, M. A. V.; SOITO, J. L. S. Energia e Recursos Hídricos: possibilidades de adaptação de energia hidrelétrica no Brasil às mudanças climáticas globais. In: Parcerias Estratégicas. Brasília, DF. N.27. Dezembro. p.177-215. 2008.

FREIRE, Luciana Martins; LIMA, Joselito Santiago de; SILVA, Edson Vicente da. Belo Monte: fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região Amazônica Paraense. Sociedade & Natureza, v. 30, p. 18-41, 2019.

FUMEAUX, I. Capítulo 7.2. Informe sobre a “Vazão ecológica” determinada para a Volta Grande do rio Xingu. In: SEVÁ Fº, A.O. (org). Tenotã-mo - Alertas sobre as consequências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu. 2005.

FVPP (Fundação Viver Produzir e Preservar). Pesquisa de Campo. Out/Nov. 2010.

GALVÃO-JUNIOR, A.C. ACESSO À ÁGUA NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE DO BRASIL: DESAFIOS E PERSPECTIVAS. INSTITUTO TRATA BRASIL. SP. 2018.

GAUDY, F. A. Microbiology for environmental scientists and engineers. London: McGraw Hill International Book Company, 1998.

HAHN, Norma Segatti; ROSEMARA, Fugi. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e consequências nos estágios iniciais do represamento. Maringá: 2007.

HOFSTRA, H., Huisin't Veld. JHJ Methods for the detection and isolation of Escherichia coli including pathogenic strains. J Appl Bacterio. 65(Suppl):197S-212S. 1988.

JAWETZ, E., Melnick JL, Adelberg EA. Microbiologia Médica. 20a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.

KONEMAN, E.W, Allen SD, Janda WM, Schreckenberger PC, Winn Jr WC. Diagnóstico Microbiológico. 5a ed. Rio de Janeiro: MEDSI; p. 1465. 2001.

LAPGEO - Laboratório de Epidemiologia e Geoprocessamento em Saúde. Faculdade de Medicina, Campus Altamira. UFPA. 2022

LATRUBESSE, E.M., et al. Tropical Rivers. Geomorphology 70, 187-206. 2005.

LAUTENSCHLÄGER, J. Cidade: Águas do Laranjal liberadas para o banho. 2003. Disponível em: <[http://www.diariopopular.com.br/15\\_11\\_03/j1111101.html](http://www.diariopopular.com.br/15_11_03/j1111101.html)>.

LEITE, Andrea Cristine Coelho et al. Qualidade da água e uso e cobertura do solo em bacias contribuintes do Lago de Furnas (MG): implicações na balneabilidade. 2020.

LEME Engenharia (2009). Estudos de Impacto Ambiental do AHE Belo Monte. Capítulos I a IV. 6365-EIA-G90-001b. Brasília, DF. Disponível em: [https://philip.inpa.gov.br/publ\\_livres/Dossie/BM/DocsOf/EIA-09/Vol%2015/TEXTO/Qualidade%20da%20C3%A1gua-Liminologia.pdf](https://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Dossie/BM/DocsOf/EIA-09/Vol%2015/TEXTO/Qualidade%20da%20C3%A1gua-Liminologia.pdf). Acesso em: 24 jan. 2024.

LETURCQ, G. Diferenças e similaridades de impactos das hidrelétricas entre o Sul e o Norte do Brasil. Ambiente & Sociedade São Paulo v. XIX, n. 2 abr.-jun. p. 267-290. 2016.

LOPES, F. de A. et al. Balneabilidade em Águas Doces no Brasil: Riscos à Saúde, Limitações Metodológicas e Operacionais, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia>. p.28 - 47. 2013.

MACEDO, J. A. B. Águas & águas. São Paulo: Varela, 1000 p. 2001.

MARTINS, G. A. P.; ROBERTO, M. da C.; RIBEIRO, J. L.; CARVALHO, A. V.; IBIAPINA, N. J. C.; CERQUEIRA, F. B. AVALIAÇÃO DO pH, TURBIDEZ E ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO Córrego Guará Velho em Guará, Estado do Tocantins. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 3–14, 2017. DOI: 10.20873/uft.2359-3652.2017v4n4p3. Disponível em: <https://betas.uft.edu.br/periodicos/index.php/desafios/article/view/4108>. Acesso em: 17 ago. 2023.

MENEZES, João Paulo Cunha; BITTENCOURT, Ricardo Parreira; FARIAS, Matheus de Sá; BELLO, Italoema Pinheiro; FIA, Ronaldo; OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.21, p.519-534, 2017.

MORELLI, M.M. Avaliação Energética e Energética de Usina Hidrelétrica – Estudo de Caso: Complexo Hidrelétrico de Belo Monte - Rio Xingu. Dissertação de mestrado. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS FACULDADE DE ENGENHARIA MEC NICA. 2010.

MOTTA, Marcelo Barbosa; NEUMANN, Elisabeth. Hazard assessment and categorization of microbiological risk in a water treatment and distribution system located in a municipality in the interior of Minas Gerais, Brazil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal Of Applied Science**, [S.L.], v. 15, n. 3, p. 1, 22 maio 2020. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2450>. Acesso em: 25 jan. 2024.

NEVES, Quellya Ketllen Dantas. Influência da piscicultura na qualidade da água da barragem Saulo Maia. 2023.

NOGUEIRA, Fábio Fernandes; COSTA, Isabella Almeida; PEREIRA, Uendel Alves. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**. 2015. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015. Disponível em: <https://acrobat.adobe.com/link/review?uri=urn:aaid:scds:US:6cf8d6cd-dc7d-3c09-ab2f-a16a208bd2ec> Acesso em: 21 jun. 2022.

NASCIMENTO, A. C. L.; ARAÚJO, K. R; DIAS-SILVA, K. VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL E CORRELATOS DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS DO RIO XINGU A MONTANTE DA USINA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE, ALTAMIRA-PA. **Enciclopédia Biosfera**, [S.L.], v. 18, n. 36, p. 1-48, 30 jun. 2021. Centro Científico Conhecer. [http://dx.doi.org/10.18677/encibio\\_2021b24](http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2021b24).

OLIVEIRA, E. J. A. A poluição das águas e as cianobactérias. / Eduardo José Alcécio de Oliveira, Renato José Reis Molica. – Recife : IFPE, 2017.

OLIVEIRA, R.D. Dinâmica de inundação das planícies fluviais do rio Xingu, na região do complexo hidrelétrico de Belo Monte - Altamira – Pa. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO Faculdade de Ciências e Tecnologia Campus de Presidente Prudente. Presidente Prudente. 2017.

OLIVO, A. M.; ISHIKI, H. M. BRASIL FRENTE À ESCASSEZ DE ÁGUA. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente. 2014. Disponível em: [file:///C:/Users/USER\\_/Downloads/garciajr.,+BRASIL+FRENTE+%C3%80+ESCASSEZ+DE+%C3%81GUA+OK.pdf](file:///C:/Users/USER_/Downloads/garciajr.,+BRASIL+FRENTE+%C3%80+ESCASSEZ+DE+%C3%81GUA+OK.pdf). Acesso em: 19 abr. 23.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Água e Saúde. 6 p. 2001

PELCZAR, M.J. et al. Microbiologia: Conceitos e aplicações. 2a ed. São Paulo: Makron Books;. v. 1. 1996.

PENA, R.F.A. Distribuição da água no Brasil"; Brasil Escola. 2020.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista eletrônica de recurso hídricos. IPH-UFRGS. V. 1, n. 1. P. 20-36. 2004. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/informacoes/rrh.pdf>.

PINTO, T. C. M. dos S. P. LICENCIAMENTO AMBIENTAL E SUAS QUESTÕES CONTROVERSAS NA BUSCA DA SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA: ESTUDO DE CASO DA USINA DE BELO MONTE. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2016.

QUEIROZ, J. F; MOURA, M. S. G; STRIXINO, S. T. Organismos bentônicos: biomonitoramento da qualidade da água. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2008.  
SANTOS, F.A.A. et al; Dinâmica da Paisagem e seus Impactos Ambientais na Amazônia. Revista Brasileira de Geografia Física v.12, n.05: 1794-1815. 2019.

ROSA, Sabrina Vale Rodrigues. **LUDICIDADE NO ENSINO DE CIÊNCIAS**. 2015. 39 f. Monografia (Especialização) - Curso de Licenciatura em Pedagogia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, São Gonçalo, 2015. Disponível em: <http://www.ffp.uerj.br/arquivos/dedu/monografias/131016/svrr.2015.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

SCOPEL, Rejane Maria; TEIXEIRA, Elba Calesso; BINOTTO, Raquel Barros. Caracterização hidrogeoquímica de água subterrânea em área de influência de futuras instalações de usinas hidrelétricas: bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas/RS, Brasil. **Química Nova**, v. 28, p. 383-392, 2005.

SIQUEIRA, et al. Médio e baixo Xingu: acumulação de processos na produção do espaço regional. Instituto Tecnológico Vale. Anais do XX Encontro Nacional de Estudos Populacionais. 2017.

SIQUEIRA, L.P., Shinohara NKS, Lima RMT, Paiva JE, Lima Filho JL, Carvalho IT. Avaliação microbiológica da água de consumo empregada em unidades de alimentação. *Ciênc Saúde Colet.*;15(1):63-6. 2010.

RÍOS-VILLAMIZAR, Eduardo Antonio et al. Hidroquímica dos corpos de água no Rio Madeira e afluentes em áreas próximas a UHE Jirau/RO. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, p. 24-28, 2019.

SILVA, J. P. Avaliação da diversidade de padrões de canais fluviais e da geodiversidade Amazônica – aplicação e discussão na bacia Hidrográfica do Rio Xingu. Tese apresentada na Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, Faculdade de Geografia. São Paulo, 277p. 2012.

SILVEIRA, Carlos Augusto da *et al.* Análise microbiológica da água do Rio Bacacheri, em Curitiba (PR). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 5, p. 933-938, out. 2018. *FapUNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018163474>.

SKORUPA, Ladislau Araújo *et al.* Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Suiá-Miçu. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna, Sp, v. 1, n. 1, p. 1-62, nov. 2017. Disponível em: [file:///C:/Users/madso/Downloads/2017DC03%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/madso/Downloads/2017DC03%20(1).pdf). Acesso em: 04 ago. 2023.

TEIXEIRA, H. S. *et al.* **Análise da qualidade da água para o consumo humano do assentamento Jerusalém no município de Rubim-MG.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 02, Vol. 01, pp. 119-130. Fevereiro de 2022. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-agricola/qualidade-da-agua>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-agricola/qualidade-da-agua

TONELO, K.C. Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos no Brasil: conceitos, legislações e aplicações. São Carlos: Coleção UAB-UFSCar, 2011, 115 p. - Portal Brasil/Demografia: <http://www.brasil.gov.br/governo/2011/02/demografia>. 2011.

YAMAGUCHI, M.U. Qualidade microbiológica da água para consumo humano em instituição de ensino de Maringá-PR. O Mundo da Saúde, São Paulo;37(3):312-320. 2013.

## APÊNDICE 1 – Cartilha

### A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA A SAÚDE HUMANA



"A água é um fator chave para o desenvolvimento sustentável. Precisamos dela para a saúde, segurança alimentar e progresso econômico." Ban Ki-moon – Secretário-geral da Organização das Nações Unidas.

ALTAMIRA-PA  
2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
Campus Universitário de Altamira  
Faculdade de Ciências Biológicas

**Autoria:**

**Madson Andrey Pereira Rodrigues  
Prof. Dra. Aline Andrade de Sousa**

ALTAMIRA-PA  
2023



# A IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE DA ÁGUA PARA A SAÚDE HUMANA



ALTAMIRA-PA  
2023

# SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	1
<b>1 - ÁGUA NO MUNDO</b>	
ÁGUA NO MUNDO .....	3
<b>2 - VIGIAGUA</b>	
VIGIAGUA .....	5
MONITORAMENTO DA ÁGUA .....	6
<b>3 - CONAMA</b>	
CONAMA .....	8
PADRÕES DE QUALIDADE DETERMINADOS NA RESOLUÇÃO DO CONAMA .....	9
<b>4 - IMPACTOS DAS GRANDES CONSTRUÇÕES</b>	
IMPACTOS DAS GRANDES CONSTRUÇÕES .....	11
<b>5 - ÁGUA E SAÚDE</b>	
ÁGUA E SAÚDE .....	14
PRINCIPAIS DOENÇAS CAUSADAS POR CONTAMINAÇÃO HÍDRICA .....	15
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>16</b>
<b>CAÇA-PALAVRAS .....</b>	<b>17</b>

## APRESENTAÇÃO

1

Esta cartilha foi elaborada com intuito de conscientizar a comunidade em geral, sobre a Importância da Qualidade da Água para a Saúde Humana.

Nesta cartilha abordaremos algumas questões importantes relacionado a água se não cuidarmos da forma correta. E também a importância da prevenção de doenças hídricas causadas por água contaminada.

Esperamos que esta cartilha contribua para a conscientização da população em geral, sobre a importância e o cuidado com a água.



Boa Leitura!

1

## A ÁGUA NO MUNDO



## A ÁGUA NO MUNDO

3



Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada, não sendo adequada ao nosso consumo direto e nem à irrigação da plantação.

Dos 2,5% de água doce, a maior parte (69%) é de difícil acesso, pois está concentrada nas geleiras, 30% são águas subterrâneas (armazenadas em aquíferos) e 1% encontra-se nos rios.



O Brasil compartilha cerca de 82 rios com os países vizinhos, incluindo importantes bacias como a do Amazonas e a do Prata, além de compartilhar os sistemas de aquíferos Guarani e Amazonas.

Agência Nacional de Águas (ANA) tem um amplo conjunto de projetos já executados, em negociação ou em implementação, os quais, por se enquadrarem na tipologia da cooperação técnica internacional, são tratados conjuntamente com a Agência Brasileira de Cooperação do Ministério de Relações Exteriores (ABC/MRE).



# 2

## VIGIAGUA

**Programa Nacional de Vigilância  
da Qualidade da Água para  
Consumo Humano**



## VIGIAGUA

5



Vigiagua consiste no conjunto de ações adotadas continuamente para garantir que a água consumida pela população atenda ao padrão de potabilidade estabelecido na legislação vigente.

O monitoramento realizado pelo setor Saúde, no âmbito da vigilância da qualidade da água para consumo humano, pressupõe assumir uma abordagem de avaliação direta, por meio da execução de procedimentos analíticos.



A qualidade microbiológica da água tratada é usualmente avaliada por meio de indicadores, microbianos ou não, da presença/ausência de patógenos, ou de indicadores da eficiência do tratamento na remoção/inativação de patógenos.



## MONITORAMENTO DA ÁGUA

6

**O monitoramento realizado pela vigilância da qualidade da água para consumo humano tem como objetivo:**

- Avaliar a qualidade da água consumida pela população.
- Aferir o monitoramento realizado pelo controle da qualidade da água.
- Avaliar a eficiência do tratamento da água.
- Avaliar a integridade do sistema de distribuição.
- Subsidiar a associação entre agravos à saúde e situações de vulnerabilidade.
- Identificar pontos críticos/vulneráveis (fatores de risco) em sistemas e soluções alternativas de abastecimento.
- Verificar se as condições de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica interferem na qualidade da água bruta e/ou tratada.
- Verificar se o tratamento empregado é adequado às características da água do manancial de captação.
- Identificar grupos populacionais expostos a situações de risco.



3

## CONAMA

CONSELHO NACIONAL DO MEIO  
AMBIENTE

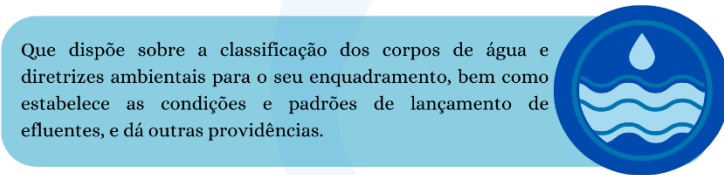


## CONAMA

8



É o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente-SISNAMA, foi instituído pela [Lei 6.938/81](#), que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, regulamentada pelo [Decreto 99.274/90](#).



Que 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.



Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida.



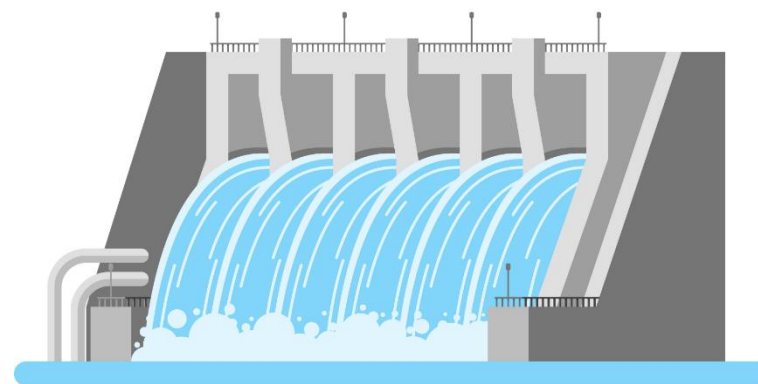
### PADRÕES DE QUALIDADE DAS ÁGUAS DETERMINADOS NA RESOLUÇÃO DO CONAMA

- O conjunto de parâmetros de qualidade de água selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público.
- Também deverão ser monitorados os parâmetros para os quais haja suspeita da sua presença ou não conformidade.
- As possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes não listados nesta Resolução, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas.
- O Poder Público poderá, a qualquer momento, acrescentar outras condições e padrões de qualidade, para um determinado corpo de água, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais, mediante fundamentação técnica.



# 4

## IMPACTO DAS GRANDES CONSTRUÇÕES NA REGIÃO DO MÉDIO XINGU



## IMPACTOS DAS GRANDES COSTRUÇÕES 11



As construções das UHEs na Amazônia, vem gerando inúmeros impactos ambientais iniciais – desmatamento, emissões de gases poluentes, inundações de áreas de cultivo e patrimônio cultural, deslocamento da população, doenças, entre outros.

As UHEs, impactam principalmente o meio substancial e primordial para a população que é a Água, onde são abastecidas todas as cidades que ficam ao redor.



Os projetos econômicos estão em curso na Amazônia, e certamente, contribuirão com danos e impactos ambientais e sociais, ainda maiores, na sua extensa bacia hidrográfica, principalmente, pelas mudanças na dinâmica do fluxo natural de seus rios pelo represamento e a contaminação das suas águas.

As bacias hidrográficas são sistemas ambientais vulneráveis ao uso e ocupação do seu espaço, pois tratam-se de sistemas abertos dinâmicos funcionando e dependente de forma direta do ciclo hidrológico.



## IMPACTOS DAS GRANDES COSTRUÇÕES 12



A instalação de empreendimentos hidrelétricos, como o caso da Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHBM), na Bacia Hidrográfica do rio Xingu, mais especificamente em seu baixo curso.

Durante os meses de cheia, o Hidrograma de Consenso prevê o desvio de até 80% da vazão natural do rio Xingu, comprometendo severamente a alimentação e reprodução da fauna aquática assim como a manutenção dos ecossistemas do rio.



A usina desviou grande parte da vazão hídrica do rio Xingu para o reservatório, causou a mortalidade de toneladas de peixes, inundou grandes áreas de floresta nativa, causando impactos desastrosos à fauna e flora da região e causou diminuição dos níveis da água em alguns trechos do rio.

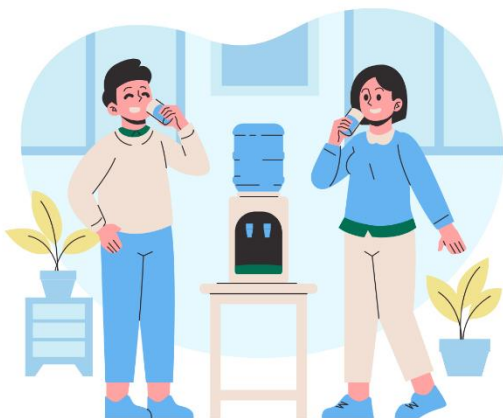


APONTE A CÂMERA DO SEU CELULAR PARA SABER MAIS.



5

## ÁGUA & SAÚDE



## ÁGUA & SAÚDE

14

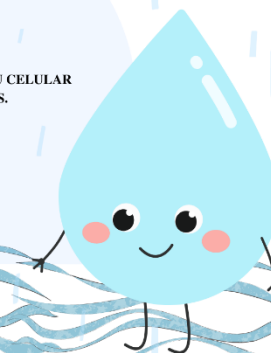
A qualidade da água pode ser afetada pelos mais diferentes tipos de uso, tendo como principais fontes de contaminação os esgotos sem tratamento, lançados em rios e lagos; aterros sanitários que afetam os lençóis freáticos.



Defensivos agrícolas que escoam com a chuva para os rios e lagos; os garimpos que lançam produtos químicos, como o mercúrio, em rios e córregos; indústrias que utilizam os rios como carreadores de seus resíduos tóxicos, navegação, despejos de efluentes e a geração de energia (hidrelétricas).

Água potável é a água tratada adequada para o consumo humano e animal, livre de qualquer tipo de micro-organismos, sólidos em suspensão e substâncias tóxicas que causam contaminação e doenças.

APONTE A CÂMERA DO SEU CELULAR  
PARA SABER MAIS.



## PRINCIPAIS DOÊNCAS CAUSADAS POR CONTAMINAÇÃO HÍDRICA

DOENÇAS	AGENTE ETIOLÓGICO	SINAIS E SINTOMAS	PERÍODO DE INCUBAÇÃO	TRANSMISSÃO
Cólera	<i>Vibrio cholerae</i>	Diarreia aquosa, vômitos, dor abdominal, cãimbras, desidratação.	Algumas horas a 5 dias. Média: 2 dias.	Fecal-Oral (ingestão de água e ou alimentos contaminados).
Diarreia Aguda	<i>E. coli</i> , Giardia, Rotavírus, <i>Salmonella sp</i> etc.	Diarreia, febre, vômito	Variável com a etiologia.	Fecal-Oral
Febre Tifoide	<i>Salmonella Typhi</i>	Febre alta, cefaleia, mal-estar geral, falta de apetite, diarreia ou constipação intestinal.	1 a 3 semanas	Fecal-Oral
Hepatite A	Vírus "A" da Hepatite	Náuseas, vômitos, mal-estar geral, febre, icterícia, fezes esbranquiçadas urina escura.	15 a 45 dias. Média: 3 dias	Fecal-Oral

## REFERÊNCIAS

AMARAL, G. Conhecimento Atual da Geologia da Região Amazônica. In: Simpósio Sobre as Características Geológico-Geotectônicas da Região Amazônica. ABGE, pp. 01-43, 1980.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano**. Modo de acesso: World Wide Web: <[http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz\\_nacional\\_agua\\_consumo\\_humano.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/diretriz_nacional_agua_consumo_humano.pdf)>. ISBN 978-85-334-2379-4

BRASIL Ministério da Saúde. **ÁGUA**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/agua>. Acesso em: 05 jun. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **AAI – Avaliação Ambiental Integrada Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Xingu**. Volumes I e II. São Paulo: Eletrobrás, 2009. CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1999. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1980. Análise de Sistemas em Geografia. São Paulo, SP: Hucitec / Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

Freire, L. M. Lima, J. S. Silva, E. V. Belo Monte: fatos e impactos envolvidos na implantação da usina hidrelétrica na região Amazônica Paraense. Sociedade e Natureza, Uberlândia, v.30, n.3, 2018.

PORTAL. BRASIL. **Usina de Belo Monte inicia operação comercial**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/04/usina-de-belo-monte-inicia-operacao-comercial>>. Acesso em: 09 set. 2016.



# CAÇA-PALAVRAS



17

Estima-se que 97,5% da **água** existente no mundo é **salgada** e não é adequada ao nosso **consumo** direto nem à irrigação da **plantação**. O Brasil compartilha cerca de 82 **rios** com os países vizinhos, incluindo importantes **bacias** como a do **Amazonas** e a do **Prata**, além de compartilhar os **sistemas de aquíferos Guarani** e Amazonas.

N	A	E	A	U	A	T	S	S	L	A	R	T	I	T	R	S	Y
A	H	H	C	T	S	T	U	A	T	N	O	R	Á	A	O	E	A
G	R	L	I	E	O	C	O	N	S	U	M	O	G	I	R	P	E
V	A	I	S	B	E	Ã	A	O	W	N	S	I	U	R	N	G	L
C	E	F	R	H	N	L	Ç	Z	N	R	W	T	A	H	S	I	I
T	S	S	L	B	A	C	I	A	S	E	A	E	I	P	A	L	L
I	S	T	E	I	A	R	O	M	T	H	N	E	X	O	L	C	H
E	D	S	O	N	S	P	E	A	I	N	A	R	A	U	G	E	T
T	I	E	K	H	R	S	P	R	A	T	A	R	R	S	A	M	D
E	G	D	E	N	E	E	H	A	E	S	E	L	U	O	D	O	F
D	L	W	G	R	M	E	E	C	T	R	F	A	P	I	A	S	D
R	H	Y	E	I	D	W	O	C	I	E	T	A	K	R	W	H	N



# OBRIGADO !!



ALTAMIRA-PA  
2023