



# Índices de qualidade da água no sistema de captação de água da região amazônica (Brasil)

Water quality indexes in the amazonian water catchment system (Brazil)

J. P. Silva<sup>1</sup>; K. F. C. Mesquita<sup>2</sup>; J. A. R. Pereira<sup>3</sup>; R. R. Sousa<sup>4</sup>; A. W. P. Varela<sup>4</sup>;  
P. H. C. Sousa<sup>4</sup>; R. M. Santos<sup>4</sup>; M. L. S. Santos<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará, 68040-050, Santarém-Pará, Brasil

<sup>2</sup> Campus Tucuruí, Instituto Federal do Pará, 68455-695, Tucuruí-Pará, Brasil

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, 66075-110, Belém-Pará, Brasil

<sup>4</sup> Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos/Laboratório de Química Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, 66077-830, Belém-Pará, Brasil

\*mdelssantos@yahoo.com.br

(Recebido em 08 de agosto de 2019; aceito em 04 de dezembro de 2019)

---

Os lagos Bolonha e Água Preta são utilizados para abastecer parte da população da Região Metropolitana de Belém. O estudo visou avaliar a qualidade da água durante um ano, em cinco pontos distribuídos ao longo do sistema de captação. O valor da média do IQA classificou a qualidade das águas como regulares e, os valores da média do IET entre eutrófico e supereutrófico. Apesar dos fortes impactos ambientais que ocorrem na área dos mananciais que são utilizadas no abastecimento público da Região Metropolitana de Belém, observa-se que a capacidade de autodepuração e renovação ainda são mantidos. No entanto, é necessário que os órgãos responsáveis, juntamente com a sociedade, continuem trabalhando para torná-la uma fonte viável de água. Ações de educação ambiental para a população devem ser adotadas para promover a conscientização ambiental e mitigar os impactos causados pelo avanço da urbanização.

Palavras chave: Utinga, fósforo, estado trófico.

The lakes of Bolonha and Água Preta are used to supply part of the population of the Belém Metropolitan Region. This study aimed to evaluate water quality during a one-year period, by sampling five points distributed throughout the catchment system. The IQA average values classified the water quality as normal and the EIT average values between eutrophic and supereutrophic. Despite the strong environmental impacts that occur in the catchment basin that supplies the Belém Metropolitan Region, it was observed that the capacity for self-purification and renewal was maintained. However, it is necessary for the responsible bodies, together with society, to continue to work to make it a viable water source. Environmental education actions for the population should be taken to promote environmental awareness, and mitigate the impacts caused by the advance of urbanization.

Keywords: Utinga, phosphorus, trophic state.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que 97,5% da água existente no mundo é salgada e não é adequada ao consumo humano direto e nem à irrigação das plantações. 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 [1].

Contudo, uma boa parte do percentual de água doce disponível no mundo encontra-se imprópria para consumo humano, uma vez que os padrões de desenvolvimento não sustentável vêm favorecendo a degradação desse recurso. A consequência direta da perda de qualidade da água recai não apenas na população que a consome ou está em contato direto com ela, mas põe em risco a vida de todos os seres vivos [2].

Os parâmetros da qualidade da água funcionam como uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos que possibilitam identificar o processo de uso dos corpos d'água, mostrando seus efeitos sobre as características qualitativas dos recursos hídricos, com objetivo de garantir a proteção da comunidade sem riscos a sua saúde [3, 4].

No Brasil a Resolução CONAMA 357/2005 considera 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, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água superficial [5].

Para dar informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos o Estado de São Paulo desde 1975 utiliza o Índice de Qualidade das Águas – IQA. As variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. Outro índice utilizado é o Índice de Estado Trófico (IET), que estabelece o grau de trofia dos corpos hídricos, avaliando o enriquecimento por nutrientes e seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo de algas [6].

Os índices ambientais simplificam as concentrações de diversos parâmetros em formas simples e objetivas para interpretação dos dados, onde estabeleçam critérios numéricos ou normativos de fácil acompanhamento em programas ambientais de qualidade da água, apresentados em forma de tabelas, onde cada classe representa uma faixa de variação dos valores de determinados parâmetros [7, 8].

Dentro desse contexto, este estudo visa aplicar os índices ambientais (IQA e IET) nos dois principais lagos que abastece cerca de 70% da população que reside na Região Metropolitana de Belém – RMB [9], tendo em vista que historicamente essa área vem sofrendo ao longo dos anos com o assentamento indiscriminado, o desmatamento, assoreamento, erosão e lançamento de esgotos de conjuntos habitacionais e resíduos diversos de residências estabelecidas em suas margens, colocando em risco a qualidade e quantidade desses cursos d'água, comprometendo o abastecimento da água da RMB [10]. Ao longo dos anos a área urbana/construída foi a que teve maior crescimento, aumentando em 110,8% de 1984 a 2015. A área urbanizada ocupava 9,25 Km<sup>2</sup> em 1984 e passou a ocupar 19,5 Km<sup>2</sup> em 2015, constatando a pressão antrópica no entorno dos mananciais [11]. É oportuno citar que no ano de 2012 foi constatado pela Tribunal de Contas do Estado do Pará, em Auditoria Operacional, 27 pontos de lançamento de efluentes que eram lançados diretamente nos lagos alterando as características química, física e biológica da água [12].

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A Região Metropolitana de Belém – RMB é constituída pelos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba Benevides e Santa Bárbara. Abrange uma área de aproximada 1.200 km<sup>2</sup>, correspondendo a 0,1 % da superfície do Estado do Pará [13]. Nela residem cerca de 2.197.807 de pessoas, aproximadamente, 30% da população do Estado [14]. Fisiograficamente está localizada na Zona Guajarina, entre as coordenadas geográficas 01° 03' e 01° 32' de latitudes sul e 48° 11' e 48° 39' de longitudes oeste de Greenwich. Limita-se ao sul com o rio Guamá, ao norte com a Baía de Marajó, a oeste com a Baía do Guajará e a leste com o município de Santa Isabel do Pará [13].

O tipo climático da área de estudo, de acordo com a classificação de Köppen, varia entre Am e Aw tropical úmido de floresta. É uma região chuvosa, com período de chuvas de dezembro a maio, enquanto de abril a novembro registra-se a menor pluviosidade [13]. O regime térmico caracteriza-se pela temperatura elevada em todos os períodos, resultando na média anual de 26,9 °C. A umidade do ar, no transcorrer do ano, acompanha de perto o regime pluviométrico, ocorrendo os maiores valores no período de dezembro a maio, atingindo marcas de até 90%, e valores médios anuais de 70% [15]. As médias anuais de temperatura e da precipitação pluviométrica calculadas para 2 anos (2008 - 2009) estão representadas na Figura 1, segundo os dados do Instituto Nacional de Meteorologia – Belém [16].

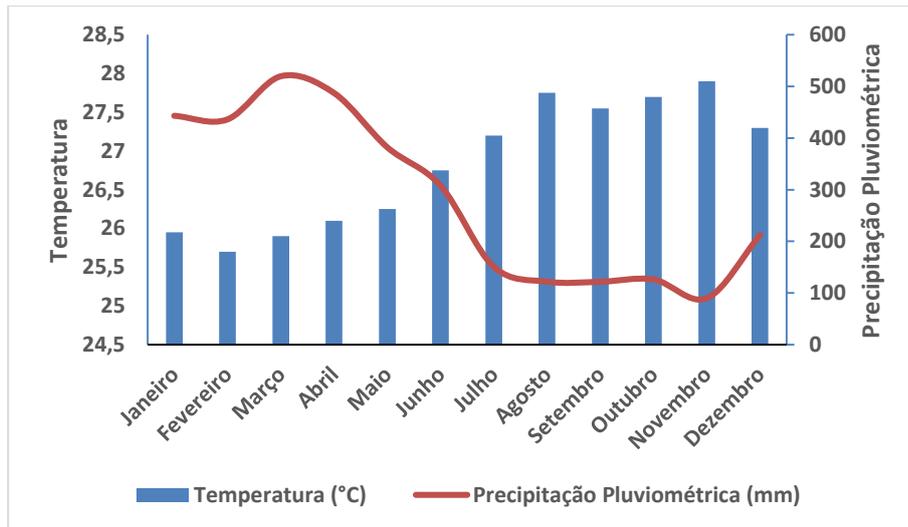


Figura 1: Distribuição da média anual de temperatura e precipitação pluviométrica (Fonte: INMET, 2009).

Os lagos Bolonha e Água Preta fazem parte da bacia hidrográfica do Utinga que é localizada no interior do Parque Ambiental de Belém, ao sul faz limite com o bairro do Souza e a leste com o bairro da Terra Firme, na área conhecida como Utinga, pertencente ao município de Belém. Além desses lagos, fazem parte da bacia os igarapés Murucutu e Água Preta [17]. A cobertura vegetal original na área dos mananciais diminuiu como consequência direta do desmatamento, decorrente da expansão da área urbana, exploração de material para construção civil, implantação de cemitérios e de aterro sanitário [18, 19].

Os lagos têm nascente naturais, porém 90% da água desses lagos são captadas do rio Guamá, encaminhadas através de uma adutora para o lago Água Preta que por sua vez é interligado ao lago Bolonha por um canal de ligação [20]. O recalque da água bruta é realizado por meio da estação Elevatória de Água Bruta - EAB do rio Guamá, formada por 8 conjuntos motor-bomba (modelo 24QL19A) com vazão 5.400 m<sup>3</sup>/h (metros cúbicos por hora), 550 CV (Cavalo Vapor) de potência e 24 mca (metro de coluna de água). Atualmente encontram-se em operação apenas 5 desses conjuntos. Quando esses equipamentos funcionam 24 horas por dia a produção é da ordem de 24.600 m<sup>3</sup>/h. O transporte de água da EAB do rio Guamá até o lago Água Preta é realizado por meio de adutora em aço, dividida em 2 trechos, sendo o primeiro por recalque (três adutoras) e o segundo por gravidade (duas adutoras) [9].

Para o desenvolvimento da pesquisa foi realizada coleta de águas superficiais ao longo do sistema de captação de água bruta, em cinco pontos sendo (Figura 2): Ponto 1 – rio Guamá (01°27'18.6'' S/ 48°24'06.7'' W); Ponto 2 – caixa de transição onde ocorre à mudança de água de conduto forçado para livre (01°25'54.9'' S/ 48°24'32.7'' W); Ponto 3 – lago Água Preta (01°25'34.2'' S/ 48°25'07.8'' W); Ponto 4 – lago Bolonha (01°25'30.9'' S/ 48°25'53.6'' W); Ponto 5 – entrada da Estação de Tratamento de Água -ETA do Bolonha (01°25'15.2'' S/ 48°26'02.5'' W).

As coletas ocorreram mensalmente entre novembro de 2008 e outubro de 2009, com duração de doze meses, de maneira a obter dados do período chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (junho a novembro) da região (Figura 1). No mês de março, em função do período chuvoso, não foi possível realizar a coleta no Ponto 1, devido às condições da estrada que dá acesso ao rio Guamá.

As amostras de água foram coletadas com garrafa de Van-Dorn, profundidade de 30 cm da coluna de água. O acondicionamento, preservação e transporte das amostras de água seguiu o protocolo descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [21]. No momento da coleta foram obtidos dados de temperatura (termômetro digital modelo TE-300) e pH (pHmetro da marca pHTECK). No Laboratório de Controle de Resíduos – LCR da Universidade Federal do Pará – UFPA, foram obtidos os valores de turbidez (turbidímetro da marca Hach 2100P), oxigênio dissolvido pelo método de Winkler [22]. Para determinações da demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), sólidos totais, fósforo total, nitrogênio total e coliformes fecais foram

empregados os métodos descritos em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* [21]. E clorofila *a* segundo método de extração com acetona com leitura em espectrofotômetro [23].

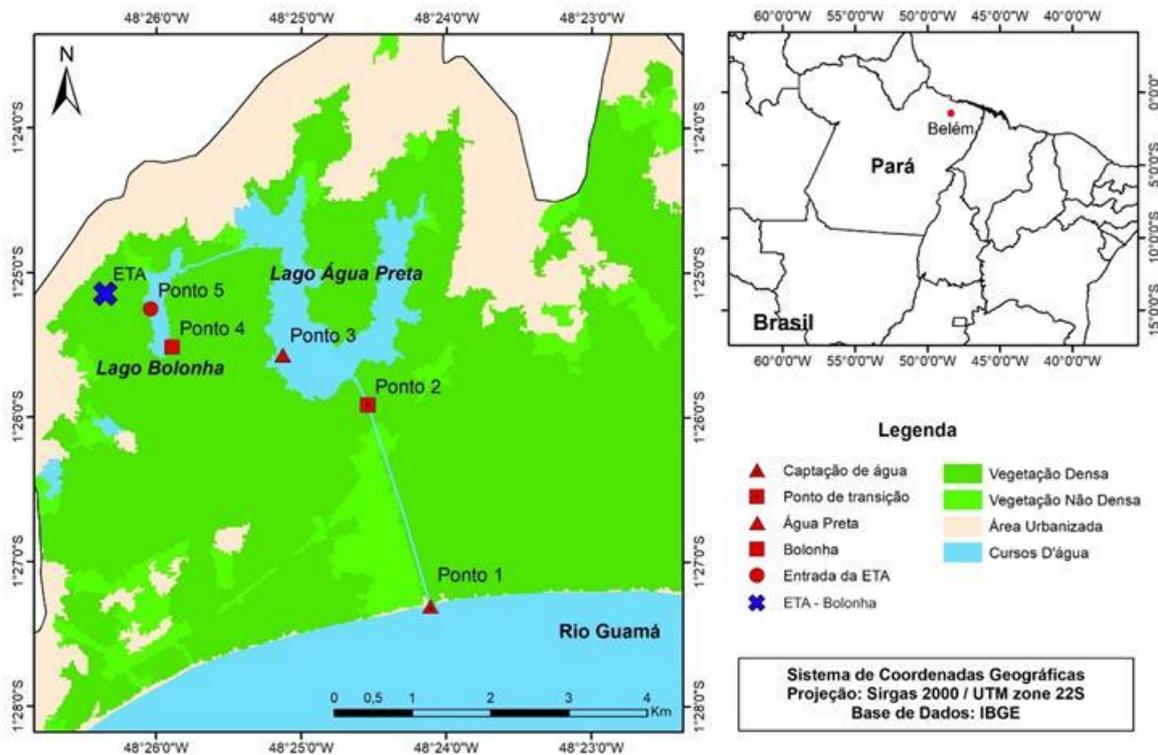


Figura 2: Mapa de localização dos pontos de coletas ao longo do sistema de abastecimento de água em Belém, Pará, Brasil. Fonte: Os autores

## 2.1. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os parâmetros de qualidade (temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio- DBO, coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total e sólidos totais), que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. É importante também salientar que este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas [6].

O IQA é calculado pela fórmula:

$$IQA = \prod_{i=1}^N q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA= índice de qualidade da água (varia de 0 a 100), p = número "pi" (3,14...),  $q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro (entre 0 e 100),  $w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro (número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade).

Os valores do índice variam entre 0 e 100. Foram utilizados os seguintes indicadores de qualidade da água [6]: ótima (79 a 100), boa (51 a 79), regular (36 a 51), ruim (19 a 36) e péssima (0 a 19).

## 2.2. Índice de estado trófico (IET)

O Índice de Estado Trófico (IET) é composto pelos IET fósforo total - IET (PT) e IET clorofila *a* - IET (CL) [6]. Os valores foram obtidos pelas seguintes expressões 1 e 2:

$$IET(PT) = 10 * \left\{ 6 - \left[ \frac{0,42 - 0,36 * \ln(PT)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20 \quad (1)$$

$$IET(CL) = 10 * \left\{ 6 - \left[ \frac{-0,7 - 0,6 * \ln(CL)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20 \quad (2)$$

Em que PT é a concentração de fósforo total, expressa em  $\mu\text{g L}^{-1}$ , CL é a concentração de clorofila *a*, expressa em  $\mu\text{g L}^{-1}$ , e ln é o logaritmo natural.

Para calcular o índice foi utilizada a seguinte expressão 3:

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2} \quad (3)$$

Para a classificação do IET foram adotados os seguintes estados de trofia [6]: ultroligotrófico ( $IET \leq 47$ ), oligotrófico ( $47 < IET \leq 52$ ), mesotrófico ( $52 < IET \leq 59$ ), eutrófico ( $59 < IET \leq 63$ ), supereutrófico ( $63 < IET \leq 67$ ) e hipereutrófico ( $IET > 67$ ).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura é o parâmetro que faz a medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar [24]. Os valores de temperatura da água não tiveram variações acentuadas entre os períodos menos chuvoso e chuvoso da região (Tabela 1). A temperatura dos grandes rios amazônicos é muito estável, entre 28 °C e 30 °C, valores que se assemelham à faixa de temperatura registrada neste estudo [25].

O pH é importante em diversas etapas do tratamento da água, sendo que pH baixo (pH < 7 condições ácidas) ocorre corrosividade e agressividade pH elevado (pH > 7 condições básicas) a possibilidade de incrustações nas águas de abastecimento [26]. Os resultados obtidos de pH em ambos períodos conferem características ácidas as águas (Tabela 1). Deve-se ressaltar que baixos valores de pH para as águas da região amazônica são relacionados a geologia local [27, 28, 29, 30].

A demanda bioquímica de oxigênio - DBO representa a quantidade de oxigênio que é consumido pela respiração aeróbia na oxidação da matéria orgânica existente no meio aquático. Corresponde, na prática, a quantidade de oxigênio necessária à estabilização das matérias presentes oxidáveis bioquimicamente [31]. Ao comparar os valores de DBO entre os períodos estudados observa-se a maior média no período chuvoso, o que indica o transporte de material orgânico ao longo do sistema de captação (Tabelas 1 e 2). Também durante esse período o valor fica acima do estipulado pela Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 [5] que estabelece um valor de até 5 mg L<sup>-1</sup>, o que mostra como o modelo de urbanização sem planejamento ao redor dos mananciais aumenta a entrada de matéria orgânica na área em estudo.

Com o aumento da DBO ocorre à diminuição do oxigênio dissolvido, o que foi verificado durante o período chuvoso (Tabela 2), o valor médio de OD encontrado ficou abaixo do referido pela Resolução CONAMA 357/15. O oxigênio dissolvido é indispensável à sobrevivência dos organismos aeróbios, águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam presença de sólidos, pois a decomposição da matéria orgânica pelas bactérias aeróbias é acompanhada pelo consumo do oxigênio dissolvido da água e, dependendo da capacidade de autodepuração do manancial, o teor de oxigênio dissolvido pode alcançar valores baixos, extinguindo-se os organismos aquáticos aeróbios [32].

As consequências da diminuição do teor de OD no ambiente aquático afeta diretamente a qualidade da água e a sobrevivência da biota existente. Trabalhos feitos em corpos hídricos localizados próximos a centros urbanos no Brasil mostram essas modificações [33, 34, 35]. O valor mínimo de OD detectado no período chuvoso da região (Tabela 2) foi bem menor ao detectado por

autores na área dos lagos, entre 2,13 mg L<sup>-1</sup> e 6,62 mg L<sup>-1</sup> [36], 1,6 mg L<sup>-1</sup> e 8,0 mg L<sup>-1</sup> [37], 1,0 mg L<sup>-1</sup> e 8,2 mg L<sup>-1</sup> [32].

A turbidez também apresentou a maior média durante o período chuvoso (Tabela 2), ao longo do percurso estudado, os maiores valores de turbidez ocorreram como consequência das águas oriundas do rio Guamá, que serve para manter o nível de água do lago Água Preta. Depois, ao longo do percurso e até chegar à Estação de Tratamento de Água, a turbidez teve uma diminuição no seu valor, o material deposita-se no fundo dos lagos, o que favorece o tratamento que a água irá receber. Corroborando com os valores descritos na literatura, rio Guamá turbidez de 142 UNT [38] e nos mananciais, entre 6,0 UNT e 35,4 UNT [37] e de 3,36 UNT a 25,51 UNT [32].

Tabela 1- Dados básicos das variáveis durante período menos chuvoso da região de Belém, Pará, Brasil.

Variável	Nº	Min.*	Máx.**	Média ± DP***	CONAMA 357/15 Classe 2****
Temperatura (°C)	30	27,5	31,5	29,8 ± 0,95	Não referenciado
pH	30	4,7	6,3	4,89 ± 0,61	6,0 a 9,0
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	30	0,5	8,3	4,7 ± 2,6	Até 5 mg L <sup>-1</sup>
OD (mg L <sup>-1</sup> )	30	1,2	8,0	5,2 ± 1,9	Não inferior a 5 mg L <sup>-1</sup>
Turbidez (UNT)	30	2,5	234	37,5 ± 56	Até 100 UNT
Coliforme fecal (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	30	23	1600	789 ± 669	****
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	30	0,01	0,35	0,11 ± 0,07	Até 0,03 mg L <sup>-1</sup>
Nitrogênio total (mg L <sup>-1</sup> )	30	0,2	1,2	0,5 ± 0,2	Não faz referência
Clorofila <i>a</i> (mg m <sup>-3</sup> )	30	0,4	34,3	7,8 ± 6,7	Até 30 µg L <sup>-1</sup>

Nº = Número de dados. Mín.\*= valor mínimo. Máx.\*\*= valor máximo. DP\*\*\*= Desvio padrão. Classe 2\*\*\*\* = águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. \*\*\*\* Não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL.

Tabela 2- Dados básicos das variáveis durante período chuvoso da região de Belém, Pará, Brasil.

Variável	Nº	Min.*	Máx.**	Média ± DP***	CONAMA 357/15 Classe 2****
Temperatura (°C)	29	27,5	31,5	28,9 ± 1,02	Não referenciado
pH	29	4,8	6,9	5,7 ± 0,83	6,0 a 9,0
DBO (mg L <sup>-1</sup> )	29	0,7	11,5	5,8 ± 2,5	Até 5 mg L <sup>-1</sup>
OD (mg L <sup>-1</sup> )	29	0,2	7,3	4,4 ± 2,0	Não inferior a 5 mg L <sup>-1</sup>
Turbidez (UNT)	29	2,9	286	88 ± 94	Até 100 UNT
Coliforme fecal (NMP 100 mL <sup>-1</sup> )	29	23	1600	899 ± 645	****
Fósforo total (mg L <sup>-1</sup> )	29	0,06	0,46	0,2 ± 0,1	Até 0,03 mg L <sup>-1</sup>
Nitrogênio total (mg L <sup>-1</sup> )	29	0,3	2,9	0,6 ± 0,5	Não faz referência
Clorofila <i>a</i> (mg m <sup>-3</sup> )	29	1,8	13,1	5,0 ± 3,0	Até 30 µg L <sup>-1</sup>

Nº = Número de dados. Mín.\*= valor mínimo. Máx.\*\*= valor máximo. DP\*\*\*= Desvio padrão. Classe 2\*\*\*\* = águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional. \*\*\*\* Não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL.

A natureza geológica da bacia de drenagem dos rios brasileiros, a contribuição das fortes chuvas tropicais carrega componentes dos solos erodíveis ou agricultados, transportando partículas de argila, silte, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo para dentro dos ambientes aquáticos, o que eleva a turbidez [39].

Os valores da média em ambos os períodos ficaram abaixo do valor de 100 UNT estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, contudo foram verificados também em ambos os períodos valores máximos bem acima desse valor, o que reforça que o percurso entre o ponto de captação e a entrada da ETA, serve também para depositar o material em suspensão presente na água.

O fósforo e o nitrogênio são constituintes importantes nos sistemas biológicos. O primeiro por participar em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos (armazenamento de energia e estruturação da membrana celular), e o segundo por participar na formação de proteínas [40].

Contudo, o excesso desses nutrientes é responsável pela proliferação de algas, que pode resultar no processo de eutrofização dos corpos d'água [41].

Os maiores valores de fósforo total e de nitrogênio total foram detectados no período chuvoso (Tabela 2), o aumento exagerado desses nutrientes leva ao processo de eutrofização que ocasiona o aparecimento de algas e macrófitas. A proliferação das macrófitas foi registrada no lago Bolonha cobrindo aproximadamente 85% da área do lago [32].

Em ambos os períodos foram detectados valores de coliformes fecais (Tabelas 1 e 2), e ao comparar com os limites estabelecidos no CONAMA 357/2005, que determina o limite de até 1000 NMP/100 mL, observa-se que a média encontra-se em conformidade com a legislação vigente, porém, com máximos valores acima.

As análises bacteriológicas visam estabelecer indicações a respeito do grau de contaminação da água por bactérias e interferem na escolha dos processos de tratamento, principalmente naquele que se relaciona com a desinfecção, que é a cloração [42]. A Estação de Tratamento de Água do Bolonha é uma estação de ciclo completo, constituída por um vertedor Parshall de 6' para promover a mistura rápida, 6 floculadores mecanizados com três câmaras em série, 6 decantadores com bandeja intermediária e 8 filtros de escoamento descendente. Depois de filtrada a água é encaminhada para a unidade de desinfecção com cloro gasoso, sendo em seguida realizada a correção do pH pela adição de hidróxido de sódio e a fluoração com aplicação de flúor [9].

Outro problema nos mananciais utilizados para abastecer as estações de tratamento de água é a proliferação de algas. A presença elevada de algas em mananciais afeta o desempenho das estações de tratamento, causa problemas operacionais, tais como aumento do consumo de produtos químicos, surgimento de sabor e odor, obstrução dos filtros [43]. Uma das formas de avaliar a densidade da população de algas é por meio da concentração de clorofila *a* [44].

No presente trabalho os maiores valores de clorofila *a* foram encontrados no período menos chuvoso (Tabela 1), com a média abaixo do valor limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Contudo, o máximo valor detectado no período menos chuvoso está acima do valor limite dessa resolução. Trabalho feito nos lagos descreveu valores de clorofila *a* entre 12 e 20,8 mg m<sup>-3</sup> [45], o que reforça a necessidade de um acompanhamento na qualidade da água ao longo de sistema de abastecimento de água.

A média dos valores do IQA foi regular durante o período de estudo e em todos os pontos (Figura 3).

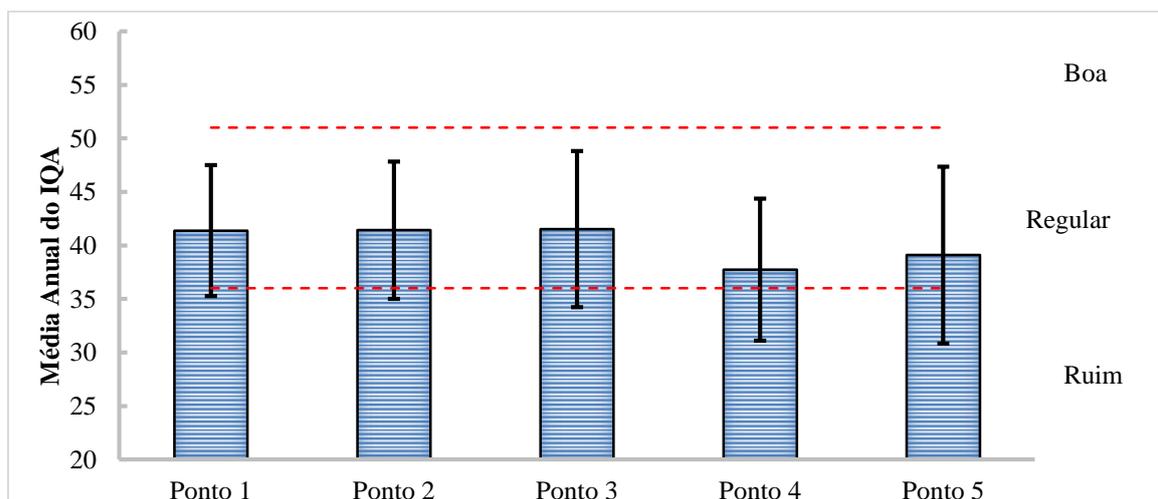


Figura 3: Média anual do IQA nos cinco pontos de estudo, com valores acima de 36 e menor que 51, todos considerados regulares.

No entanto, os resultados de IQA por estação e mensal mostrou que as estações de amostragem nos pontos 4 e 5 (Figura 3) apresentaram menores níveis na qualidade de suas águas. Um fato que já era esperado uma vez que o lago Bolonha, assim como o lago Água Preta, sofrem com a influência das ações antrópicas no seu entorno.

Os resultados dos valores do IET nos pontos foram predominantemente eutrófico (Figura 4), o que reforça a existência de poluição ao longo do sistema de captação de água [37]. No Brasil a eutrofização em corpos d'água localizados próximos ao centro urbano é descrita por vários autores [33, 34], e sua presença é relacionada principalmente a falta de tratamento de efluentes domésticos e indústrias.

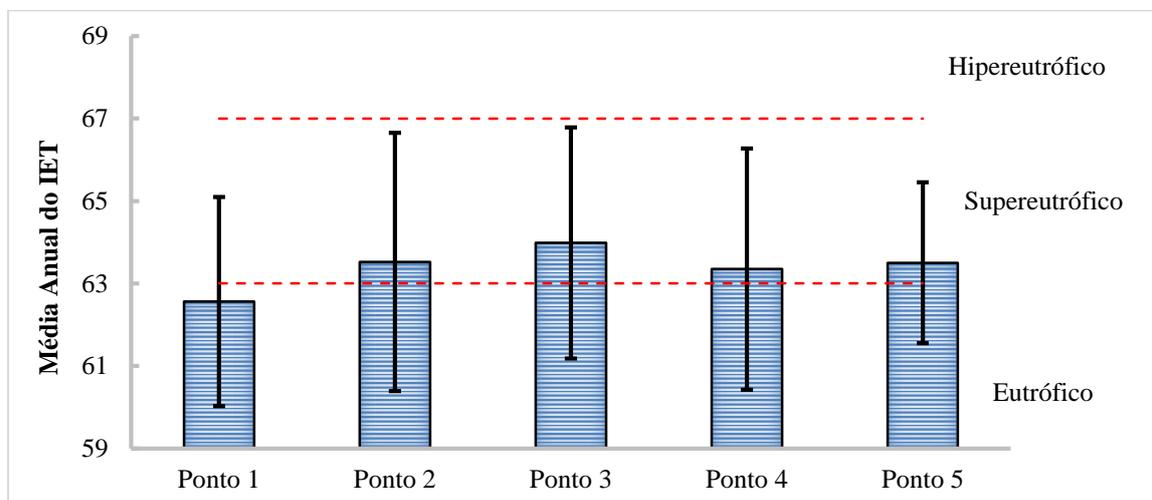


Figura 4: Média anual do IET nos cinco pontos de estudo, com valores entre 62 e 64, ponto 1 com média de eutrófico ( $59 < IET \leq 63$ ), e os demais com média de supereutrófico ( $63 < IET \leq 67$ ).

Os valores oscilaram entre mesotrófico, eutrófico, supereutrófico a hipereutrófico (Figura 4), os valores elevados de trofia foram decorrentes de altas concentrações de fósforo total, consequência da entrada de esgotos nos reservatórios, resultado do processo de ocupação desordenada das últimas décadas no entorno dos mananciais do Utinga.

O lago Água Preta em agosto de 2005 foi classificado como mesotrófico e eutrófico, e em março de 2006 como oligotrófico e mesotrófico [45] e em 2007 como um ambiente eutrófico [46]. Dessa forma observa-se a dinâmica existente dentro do lago Água Preta com modificações em seu estado de trofia, pois no presente trabalho os dados de fósforo total permitiram classificar o referido lago como eutrófico, supereutrófico e hipereutrófico, o que mostra mudanças preocupantes, pois esse sistema serve para abastecer parte da população da Região Metropolitana de Belém.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados do índice de estado trófico mostraram um ambiente eutrofizado, o que reforça a entrada de nutrientes (principalmente o fósforo total) em excesso para a área de estudo ao longo do período analisado. O índice de qualidade da água obtido mostrou um resultado positivo, apesar da existência de um modelo de urbanização sem planejamento no limite do Parque Ambiental.

Apesar dos fortes impactos ambientais que ocorrem na área dos mananciais que são utilizadas no abastecimento público da Região Metropolitana de Belém, observa-se que a capacidade de autodepuração e renovação ainda são mantidos. No entanto, é necessário que os órgãos responsáveis, juntamente com a sociedade, continuem trabalhando para torná-la uma fonte viável de água. Ações de educação ambiental para a população devem ser adotadas para promover a conscientização ambiental e mitigar os impactos causados pelo avanço da urbanização.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional de Águas (Brasil). Água no mundo; 2018. [Acesso em 10 de outubro de 2019]. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/agua-no-mundo/agua-no-mundo>
2. Santos MV, Duarte ML, Silva TA, Valente KS, Oliveira HM. Qualidade da água de abastecimento público em escolas da rede públicas no município de Humaitá, Amazonas, Brasil. Rev Bras Meio Ambiente. 2019;7(1):02-12. doi: 10.5281/zenodo.3401657

3. Santos GO, Ribeiro RL, Parreira TP, Silva DF, Silva KA, Azeredo CF. Monitoramento da água em bacia hidrográfica com diferentes usos do solo no município de Rio Verde (GO). *Rev Agronegócio Meio Ambiente*. 2019;12(1):249-271. doi: 10.17765/2176-9168.2019v12n1p249-271
4. Silva RAS, Maynard INF, Barbosa AQ, Tolle EC, Cavalcante EB, Marques MN. Aplicação de um Índice de Qualidade de Água para o sistema de abastecimento público. *Sci Plena*. 2017;13(10):1-7. doi:10.14808/sci.plena.2017.109917
5. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005; 2005. 27p. [Acesso em 24 de julho de 2017]. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>
6. CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo; 2017. 32p. [Acesso em 24 de julho de 2017]. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>
7. USEPA. United States Environmental Protection Agency. National Water Quality; 2000. 460p. [Acesso em 10 de outubro de 2019]. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2000\\_national\\_water\\_quality\\_inventory\\_report\\_to\\_congress.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/2000_national_water_quality_inventory_report_to_congress.pdf)
8. Lamparelli MC. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004. 235p. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-20032006-075813/pt-br.php>
9. Prefeitura Municipal de Belém. Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Belém – Pará; 2014. 175p. [Acesso em 10 de outubro de 2019]. Disponível em: [http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/PMSB-Bel%C3%A9m-PA\\_Volume-I2.pdf](http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/PMSB-Bel%C3%A9m-PA_Volume-I2.pdf)
10. Ribeiro KTS. Água e saúde humana em Belém. Belém: CEJUP; 2004. 280p.
11. Guitierrez CBB, Ribeiro HMC, Morales GP, Gutierrez DMG, Santos LS, Paula MT. Análise espaço-temporal do uso e cobertura do solo no interior da APA Belém e correlação com os parâmetros de água dos seus mananciais. *Rev Bras Geogra Física*. 2017;10(1):521-534. doi: 10.5935/1984-2295.20170033
12. Tribunal de Contas do Estado do Pará. Relatório de Auditoria Operacional; 2012. 75p. [Acesso em 21 de outubro de 2019]. Disponível em: [https://www.tce.pa.gov.br/images/pdf/controle\\_externo/relatorio\\_auditoria\\_operacional\\_meio\\_ambiente.pdf](https://www.tce.pa.gov.br/images/pdf/controle_externo/relatorio_auditoria_operacional_meio_ambiente.pdf)
13. Oliveira JR. Projeto estudos hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências. Belém: CPRM; 2002. 93p.
14. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2010. [Acesso em 10 de abril de 2010]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>
15. IDESP. Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará. Estudo Ambiental do Utinga: vida útil do Abastecimento de Água de Belém. 1991; 19:118p.
16. INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. [Acesso em: 10 de abril de 2009]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>.
17. Rodrigues FCC, Matos LO. As transformações socioambientais na bacia hidrográfica do Utinga: agravantes para os lagos Bolonha e Água Preta. *Rev Espaço Acadêmico*. 2018;201.
18. Paranaguá P, Melo P, Sotta ED, Verissimo A. Belém sustentável. 2003. [Acesso em: 14 de outubro de 2019]. Disponível em: <https://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/livros/belem-sustentavel.pdf>
19. Bahia VE, Luíz JG, Leal LRB, Morales GP, Correio NF. Investigação da potencialidade de contaminação no Parque Estadual do Utinga em Belém (PA) utilizando o método geofísico georadar. *Rev Águas Subterrâneas*. 2010;24(1):85-102. doi:10.14295/ras.v24i1.19934
20. Vasconcelos VMM, Souza CF. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Rev Ambiente & Água*. 2011; 6(2):305-324, doi:10.4136/1980-993X
21. APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, Washington, DC; 2005. 1496 p.
22. Strickland JDH, Parsons TR. A practical handbook of sea water analysis. Canada: Ottawa, Fisheries Research Board of Canada; 1972. 311 p.
23. Teixeira C. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. *Bol Inst Oceanogr São Paulo*. 1973; 22:59-92, doi:10.1590/S0373-55241973000100004
24. Matic N, Miklavcic I, Maldini K, Damir T, Cuculic V, Cardellini C, Franciskovis-Bilinski S. Geochemical and isotopic characteristics of karstic springs in coastal mountains (Southern Croatia). *J Geochem Explor*. 2013; 132: 90-110, doi:10.1016/j.gexplo.2013.06.007
24. Sioli H. O rio Cupari. *Bol Téc Inst Agron Norte*. 1949; 17.
25. Von Sperling M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: SEGRAC; 1996. 452 p.

26. Paiva RS, Eskinazi-Leça E, Passavante JZO, Silva-Cunha MGG, Melo NFAC. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton da baía do Guajará e foz do rio Guamá. *Bol Museu Para Emilio Goeldi*. 2006;1(2):133-146.
27. Silva SRR, Chaves IB, Lima ERV. Atualização da base cartográfica digital como apoio à gestão de bacia hidrográfica em Camará, PB. *Rev Bras Cartogr*. 2011;63(3):333-340.
28. Alves ICC, EL-Robrini M, Santos MLS, Monteiro SM, Barbosa LPF, Guimarães JTF. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amaz*. 2012;42(1):115-124, doi:10.1590/S0044-59672012000100014
29. Miranda VT, Santos MLS, Pereira JAR, Mesquita KFC. Índices de qualidade da água da Ilha de Mosqueiro-PA. *Rev DAE*. 2016;Jan-abr 201(64):74-81, doi:10.4322/dae.2015.005
30. Branco SM. Água, origen e preservação. São Paulo: Moderna; 1993. 73 p.
31. Vasconcelos VMM, Souza CF. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. *Rev Ambiente & Água*. 2011;6(2):305-324, doi:10.4136/1980-993X
32. Alberto A, Ribeiro Filho BGR. Influência do despejo de esgoto doméstico nas características limnológicas do rio Camandocaia, bacia hidrográfica do rio Piracicaba, Estado de São Paulo. *Acta Sci*. 2012 Abr-Jun;34(2):173-179, doi:10.4025/actasciobiolsci.v34i2.6708
33. Haberland NT, Silva FCB, Oliveira-Filho PC, Vidal CMS, Cavallin GS. Análise da influência antrópica na qualidade da água do trecho urbano do rio das antas na cidade de Irati, Paraná. *Rev Tecnol*. 2012;21(1):53-67, doi:10.4025/revtecnol.v21i1.15978
34. Araújo MC, Oliveira MBM. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. *Rev Ambiente & Água*. 2013;8(3):247-257, doi:10.4136/ambi-agua.1192
35. Melo EGF, Silva MSR, Miranda SAF. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus - Amazonas. *Caminhos Geogr*. 2005;5(16):40-47.
36. Santos MLS, Bordalo AO, Pereira JAR, Chira PA, Alves ICC, Sodré SSV. Influência da expansão urbana na qualidade da água em reservatório da região Amazônica (Belém, Pará). *Boletim Técnico Científico do CEPNOR – Trop J Fish Aquatic Sci*. 2013;13(1):15-22, doi:10.32519/tjfas.v13i1.1013
37. Pereira II. Estudo de parâmetros abióticos e clorofila *a* no sistema de captação de água bruta da Região Metropolitana de Belém – PA [trabalho de conclusão curso de graduação]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2007. 57 p.
38. Brigante J, Espíndola ELG. *Limnologia Fluvial: um estudo de caso no rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: Rima; 2003. 255 p.
39. Esteves FA. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência; 1998. 575 p.
40. Barros FM. Dinâmica do nitrogênio e do fósforo e estado trófico nas águas do rio Turvo Sujo [tese]. Minas Gerais: Universidade Federal de Viçosa; 2008. 193 p.
41. Leme FP. Teorias e técnicas de tratamento de água. Rio de Janeiro: ABES; 1990. 608 p.
42. Di Bernardo L, Di Bernardo A, Centurione Filho P.L. Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água. São Carlos: RiMa; 2002. 140 p.
43. Branco SM. *Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária*. São Paulo: CETESB; 1986. 620 p.
44. Geraldo ACV, Carneiro BS. Determinação de clorofila e avaliação da produtividade nos lagos Água Preta e Bolonha [trabalho de conclusão de curso de graduação]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2000. 47 p.
45. Alves ICC. Avaliação das Formas de Fósforo na Água do Lago Água Preta (Belém Pará) [trabalho de conclusão de curso de graduação]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2007. 61 p.
46. Sousa RR. Lago Água Preta: um estudo sobre a qualidade da água superficial [trabalho de conclusão curso de especialização]. Belém: Universidade Federal do Pará; 2007. 87 p.