



QUALIDADE DA ÁGUA E ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO NO RIO GUAMÁ, MUNICÍPIO DE BELÉM (PARÁ, BRASIL)

Andrew Wallace Palheta Varela¹
Adriano Joaquim Neves de Souza²
Matheus Dias de Aviz³, Gustavo Vivi Pinfildi⁴
Rosinette Machado Santos⁵
Pedro Henrique Campos Sousa⁶
Maria de Lourdes Souza Santos⁷

RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importantes do planeta, sendo o monitoramento ambiental uma ferramenta primordial para auxiliar na conservação qualitativa e quantitativa das propriedades físicas, químicas e biológicas da água. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade da água e o estado trófico aquático do rio Guamá, no Município de Belém – PA, e relacionar os parâmetros abióticos e biótico com a sazonalidade da região. Foram realizadas doze coletas ao longo de um ano no rio Guamá. As amostras foram utilizadas para analisar os parâmetros: temperatura, pH, salinidade, sólidos em suspensão, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total e clorofila *a*. Os resultados foram submetidos a testes estatísticos, comparados com a Resolução CONAMA n° 357 de 2005 e utilizados para calcular o Índice de Estado Trófico. A sazonalidade evidenciou, estatisticamente, influência sobre a temperatura e o oxigênio dissolvido. Apenas a clorofila *a* teve todos os resultados de acordo com os padrões da referida Resolução. Os dados do Índice de Estado Trófico mostraram características, predominantemente eutróficas e hipereutróficas. Portanto, existe a possibilidade do impacto pela ação antrópica. Logo, torna-se cada vez mais necessário a conscientização da comunidade local a fim evitar o aumento dos níveis de deterioração da qualidade da água.

Palavras-chave: Sazonalidade. Parâmetros. Abióticos. Biótico. Eutrofização.

¹ Engenheiro Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2019). <https://orcid.org/0000-0001-9692-9065> E-mail: andrewwallace_dm@hotmail.com

² Graduando de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: ad.age13@gmail.com

³ Graduando de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: matheus.aviz27@gmail.com

⁴ Graduando de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: gustavo.eaer2017@gmail.com

⁵ Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2019). E-mail: rosi_nette@hotmail.com

⁶ Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais pela Universidade Federal Rural da Amazônia (2019). E-mail: pedropesca13@gmail.com

⁷ Doutorado em Oceanografia pela Universidade Federal de Pernambuco (2004). Professora Adjunto IV da Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: mdelssantos@yahoo.com.br

WATER QUALITY AND TRAFFIC STATE INDEX IN GUAMÁ RIVER, BELÉM CITY (PARÁ, BRAZIL)

ABSTRACT

Water is one of the most important natural resources on the planet, and environmental monitoring is a key tool to assist in the qualitative and quantitative conservation of the physical, chemical and biological properties of water. Thus, the objective of this work was to evaluate the water quality and aquatic trophic state of the Guamá river, in the city of Belém - PA, and to relate the abiotic and biotic parameters with the seasonality of the region. Twelve collections were carried out over a year on the Guamá river. The samples were used to analyze the parameters: temperature, pH, salinity, suspended solids, turbidity, dissolved oxygen, total phosphorus and chlorophyll a. The results were subjected to statistical tests, compared with CONAMA Resolution N°. 357 of 2005 and used to calculate the Trophic State Index. Seasonality showed statistically influence on temperature and dissolved oxygen. Only chlorophyll a had all results according to the standards of that Resolution. The Trophic State Index data showed predominantly eutrophic and hypereutrophic characteristics. Therefore, there is the possibility of impact by anthropic action. Therefore, awareness of the local community is becoming increasingly necessary in order to avoid increasing levels of water quality deterioration.

Keywords: Seasonality. Parameters. Abiotics. Biotic. Eutrophication.



1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento predominante nos organismos vivos, sendo um dos recursos naturais mais importantes do planeta. Entretanto, este recurso vem sofrendo forte impacto devido as mudanças demográficas e a busca incessante pelo desenvolvimento socioeconômico concomitante ao avanço tecnológico (VASCONCELOS; SOUZA, 2011). Assim, as alterações na qualidade da água podem ser originárias da ação antrópica, em maior escala, ou por fatores naturais, em menor escala, e essas atividades têm sido determinantes para o aumento da demanda sobre os recursos hídricos, o que pode gerar problemas de escassez e deterioração da sua qualidade (ALVES et al., 2012).

O monitoramento ambiental, então, torna-se primordial para a preservação qualitativa e quantitativa do corpo hídrico permitindo avaliar a qualidade da água e, dessa forma, proporcionar informações que facilite a tomada de decisões para um gerenciamento eficiente dos recursos hídricos (SANTOS et al., 2013), possibilitando

verificar as características, por exemplo, de um importante tributário no norte do Brasil, denominado rio Guamá, localizado no município de Belém-PA.

O rio Guamá, juntamente com a Baía do Guajará, compõe o sistema hidrográfico de Belém-Pará e apresenta um regime hidrodinâmico complexo com variações no nível e velocidade da água no sistema, proporcionando a condução do material suspenso da margem leste para a margem oeste. É deste rio que é realizado a captação de água enviada para o Complexo Hídrico do Utinga. A água do Rio Guamá chega aos lagos Água Preta e Bolonha, é direcionada para a estação de tratamento de água e, posteriormente, transmitida para a população, abastecendo a cidade (SANTOS et al., 2012; SILVA et al., 2014).

Além do abastecimento público, o rio Guamá é um ecossistema aquático fundamental para a pesca, navegação, lazer, indústria, turismo e comércio (TORRES, 2014). Entretanto, o crescimento desordenado da cidade associado a baixa infraestrutura no saneamento básico, provoca a impermeabilização do solo, facilitando o escoamento superficial em maior intensidade, levando materiais orgânicos e inorgânicos, incluindo nutrientes, em excesso para o rio, ocasionando a degradação do recurso hídrico (SOUTO et al., 2019).

Os nutrientes, como fósforo e nitrogênio, são essenciais para os organismos aquáticos, no entanto, quando em elevadas concentrações, podem favorecer a eutrofização. À medida que a concentração desses elementos no corpo hídrico aumenta, ocorre uma maior produção de biomassa que diminui a penetração de luz, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido, além deste elemento ser consumido para decompor a matéria orgânica da água diminuindo, ainda mais, a sua concentração (KLEIN; AGNE, 2012).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade das águas superficiais do rio Guamá, no Município de Belém – PA, através da comparação dos parâmetros abióticos e biótico com os limites aceitáveis estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA, e pelo Índice de Estado Trófico aquático, com base nas concentrações de fósforo total e clorofila *a*, além de relacionar os parâmetros em questão com a sazonalidade da região (período chuvoso e menos chuvoso).

2 MATERIAL E MÉTODOS

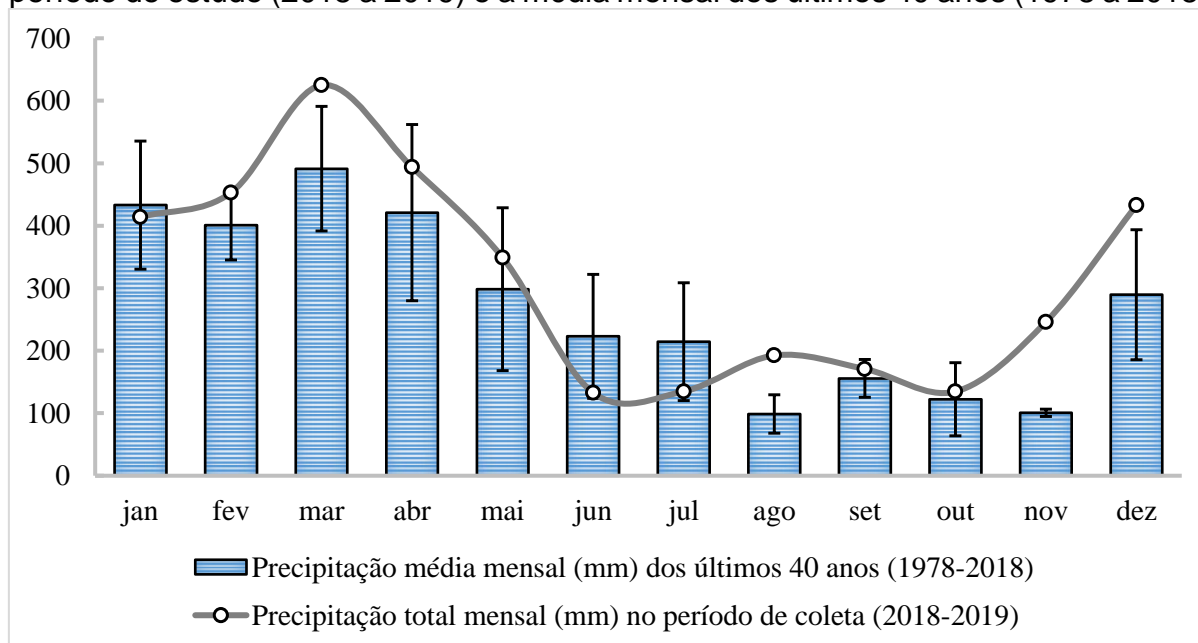
2.1 Descrição e caracterização da área de estudo

O Município de Belém, estado do Pará, está localizado nas coordenadas 1°27'22" S e 48°29'03" O (CARDOSO, 2019). Este município, conforme o censo de 2010, possui um território com área de 1.059,458 Km² e cerca de 1.393.399 habitantes, evidenciando uma densidade demográfica de 1.315,26 hab/km² (IBGE, 2010). Encontra-se na zona climática Afi, conforme a classificação de Köppen, indicando um clima de floresta tropical, permanente úmido (PMB, 2011).

A climatologia da precipitação na cidade de Belém apresenta um ciclo anual marcado por dois períodos sazonais distintos: o chuvoso (dez-mai) favorecido pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) decorrente da convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste, determinada por fracas correntes de ar e intensas precipitações; e o menos chuvoso (jun-nov) resultante de efeitos locais, como brisas terrestres e marítimas e fenômenos de mesoescala (ALENCAR et al., 2019).

Conforme a figura 1, é possível visualizar os dados de pluviosidade do período de 01 de junho de 2018 a 31 de maio de 2019, bem como a precipitação média de cada mês dos últimos 40 anos, os quais foram obtidos por meio de séries históricas no período de 1978 a 2018, na base de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela estação pluviométrica: Belém-PA (82191).

Figura 1: Precipitação pluviométrica no município de Belém, com o total mensal no período de estudo (2018 a 2019) e a média mensal dos últimos 40 anos (1978 a 2018).



Fonte: INMET, 2019. Adaptado.

O rio Guamá é um dos principais afluentes do município, margeia a cidade de Belém pelo Sul e desagua na baía do Guajará. A bacia do rio Guamá tem um curso total de, aproximadamente, 380 km com uma área de drenagem de 87.389,5 km² que corresponde a 7% da área do Estado do Pará, e segue no sentido leste-oeste, servindo de divisor natural entre vários municípios (TORRES, 2007). O rio Guamá é classificado como de “águas brancas”, caracterizado pela elevada quantidade de sedimento em suspensão, acarretando, dessa forma, águas pouco transparentes e com alta turbidez (SIOLI, 1965).

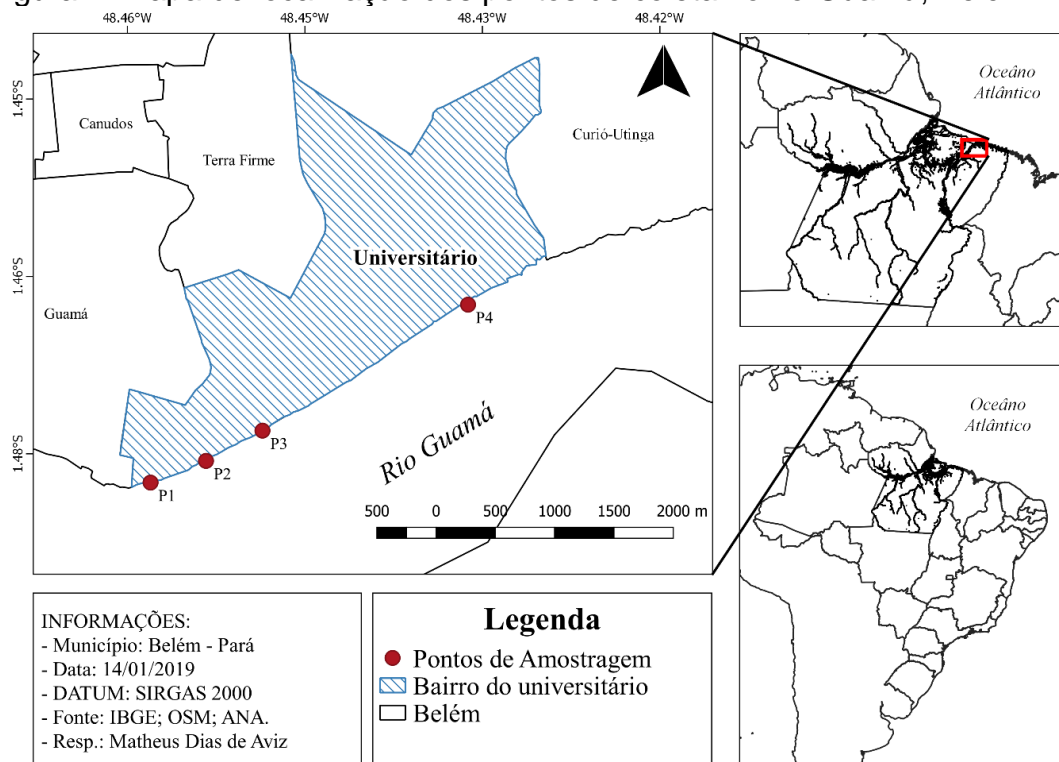
2.2 Amostragem dos parâmetros abióticos e biótico

Foram realizadas doze coletas de amostras de água superficiais, sendo uma em cada mês, iniciando em junho de 2018 e finalizando em maio de 2019, completando o ciclo de um ano e constituindo dois períodos sazonais: chuvoso (dezembro a maio) e menos chuvoso (junho a novembro), conforme a figura 1.

As coletas foram realizadas durante a enchente, da maré de sizígia, em quatro pontos ao longo do rio Guamá, sendo três pontos próximos à Universidade Federal do Pará (UFPA) e um ponto próximo à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), os quais estão localizados no bairro Universitário de Belém-PA (Figura 2).



Figura 2: Mapa de localização dos pontos de coleta no rio Guamá, Belém-PA.



Fonte: Autoria própria, 2019.

No momento da coleta, obteve-se os dados de temperatura e pH com a utilização de um pHmetro da marca Akso modelo AK90, enquanto que para as análises dos demais parâmetros, as amostras foram acondicionadas e transportadas, conforme descrito em APHA (2017), ao Laboratório de Química Ambiental - LQA, da Universidade Federal Rural da Amazônia.

A salinidade foi analisada com uma sonda HANNA multiparamétrica, modelo HI 9829. A leitura de sólidos em suspensão e turbidez foi efetuada em um Colorímetro da marca Hach modelo DR/890. A determinação do teor de oxigênio dissolvido foi realizada por meio da metodologia de Winkler, descrito em Strickland e Parsons (1972). O fósforo total foi obtido pelo método de oxidação com persulfato de potássio alcalino descrito em Grasshoff et al. (1983) e lido em um espectrofotômetro da marca Hach modelo DR 2010. A clorofila *a* foi determinada pelo método descrito em Teixeira (1973) e lida em um espectrofotômetro da Biochrom Libra Instruments modelo S70.

2.3 Análise de dados

A metodologia estatística utilizada é apresentada de modo descritivo, sendo assim os dados serão avaliados por meio do valor mínimo, máximo, média e desvio padrão para os diferentes períodos sazonais, bem como do valor médio dos quatro pontos para se verificar a distribuição mensal dos parâmetros ao longo de um ano.

Além disso, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Quando os dados não foram considerados normais, utilizou-se técnicas de transformação para normalizá-los. Posteriormente, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA - dois critérios), seguido da aplicação do teste de Tukey para comparações de médias significativas empregados na análise ANOVA. Ambos os testes foram realizados com nível de 5% de probabilidade no software Assistat versão 7.7.

A qualidade da água foi avaliada mediante a comparação dos resultados obtidos aos limites aceitáveis pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005. A classificação, conforme esta Resolução, é baseada no valor de salinidade, onde resultados menores que 0,5‰ é correspondente à água doce. Dessa forma, o rio Guamá foi classificado como rio de água doce, visto que os valores deste parâmetro variaram de 0,1 a 0,2 durante todo o período de coleta, além de ser considerado como classe 2, uma vez que é adequado aos diversos usos da classe sinalizada, incluindo abastecimento humano após tratamento convencional.

O IET, índice essencial para determinar o grau de trofia de um ambiente aquático, foi calculado a partir dos dados de fósforo total e clorofila a, conforme o método de Carlson (1977) modificado e adaptado por Lamparelli (2004) para rios. A determinação do IET teve como base as equações 1, 2 e 3.

$$IET = \frac{IET(PT) + IET(CL)}{2} \quad (1)$$

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

$$IET(CL) = 10 * \left\{ 6 - \left[\frac{-0,7 - 0,6 * \ln(CL)}{\ln(2)} \right] \right\} - 20 \quad (3)$$

Onde:

PT é a concentração de fósforo total, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, na superfície da água;

CL é a concentração de clorofila a, em $\mu\text{g.L}^{-1}$, na superfície da água;

IET (PT) é o índice de estado trófico para o fósforo total;

IET (CL) é o índice de estado trófico para a clorofila a e;

ln é o logaritmo natural.



Os graus de trofia de um ecossistema aquático, mais precisamente para rios, podem ser visualizados na tabela 1, evidenciando seis classes distintas quanto ao IET modificado por Lamparelli (2004).

Tabela 1: Classificação do IET modificado por Lamparelli (2004).

Índice de Estado trófico	
Estado trófico	Classificação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: Autoria própria, 2019.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da estatística descritiva obtidos pelo monitoramento dos parâmetros abióticos e biótico da água do rio Guamá estão descritos na tabela 2.

Tabela 2: Resultados da estatística descritiva dos parâmetros abióticos e biótico no rio Guamá, durante o período chuvoso e menos chuvoso da região.

	PERÍODO MENOS CHUVOSO				PERÍODO CHUVOSO			
	Mín	Máx	Média	Desv Pad	Mín	Máx	Média	Desv Pad
Temperatura (°C)	29,60	31,90	30,50	0,56	27,60	30,60	29,35	0,80
pH	5,40	6,50	5,92	0,28	5,50	6,10	5,78	0,21
SS (mg.L ⁻¹)	29,00	109,00	73,17	20,09	32,00	90,00	59,46	16,92
Turbidez (UNT)	41,00	130,00	89,42	24,28	45,00	113,00	74,08	17,35
OD (mg.L ⁻¹)	3,98	8,05	6,89	0,80	4,03	7,81	5,76	1,03
PT (mg.L ⁻¹)	0,07	0,31	0,12	0,07	0,08	0,15	0,11	0,02
CL a (mg.m ⁻³)	0,05	27,37	11,84	7,73	0,88	17,48	7,86	4,71

Legenda: pH = potencial Hidrogeniônico; SS = sólidos em suspensão; OD = oxigênio dissolvido; PT = fósforo total; CL a = clorofila a; Mín = mínimo; Máx = máximo; Desv Pad = desvio padrão.

Fonte: Autoria própria, 2019. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*

Os valores de temperatura (Tabela 2) indicaram uma variação sazonal significativa ($F=9,54$; $p=0,01$), com um aumento durante a estação menos chuvosa (Figura 3a). Rocha Neto et al. (2016), também identificaram, na foz do rio Guamá, o valor máximo no período menos chuvoso (30,46 °C), constatando a significativa atuação da variação sazonal sobre a temperatura da água e apresentando resultados cujas particularidades caracterizam um clima tropical, ocorrendo os maiores valores no período menos chuvoso.

Os valores de pH (Tabela 2) indicam águas ácidas sem variação acentuada, logo a influência da sazonalidade não foi expressiva ($F=1,33$; $p=0,28$). Do mesmo modo, não foi observada a relevância da sazonalidade sobre o pH no estudo de Rocha Neto et al. (2016) na foz do rio Guamá, encontrando valores aproximados ao da presente pesquisa caracterizando águas levemente ácidas.

Para os dados de sólidos em suspensão (Tabela 2), a influência da sazonalidade sobre este parâmetro não foi significativa ($F=2,53$; $p=0,14$) (Figura 3b). Diferentemente, no estudo de Monteiro et al. (2015) foi constatado forte interferência

dos períodos sazonais sobre o material em suspensão na água, onde a ação das chuvas atuou como contribuinte da carga em suspensão, através do arraste de sedimentos para o corpo d'água.

Com relação aos valores de turbidez (Tabela 2), estatisticamente não houve influência da sazonalidade sobre seus valores ($F=2,53$; $p=0,14$) (Figura 3c). Diferentemente, Alencar et al. (2019) constataram diferenças entre os valores de turbidez na baía do Guajará nos distintos períodos sazonais da região, com maiores concentrações deste parâmetro no período menos chuvoso.

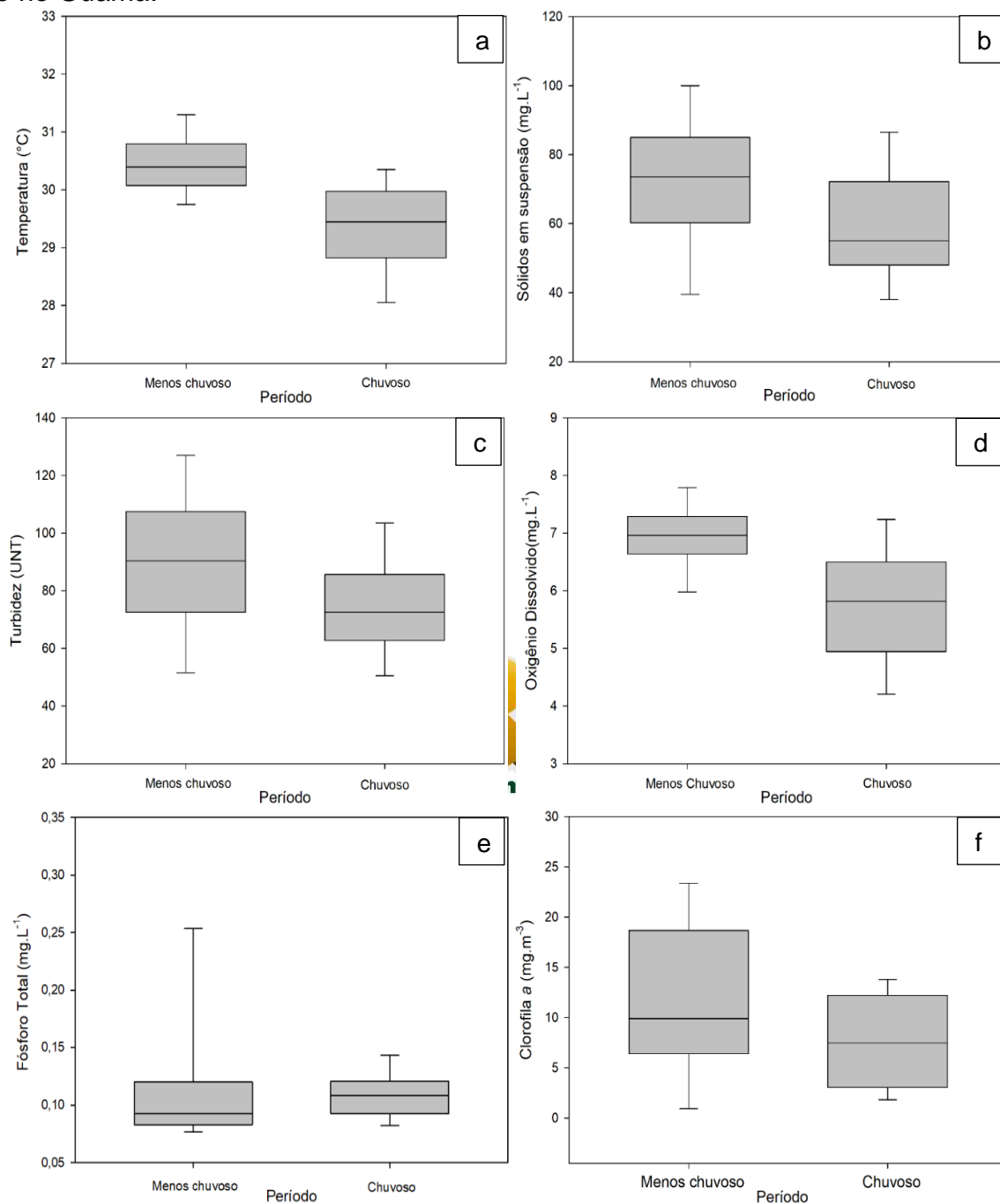
Para os dados de oxigênio dissolvido (Tabela 2), a influência da sazonalidade se mostrou significativa sobre seus valores ($F=5,07$; $p=0,04$) (Figura 3d). Os estudos de Rocha Neto et al. (2016) na foz do rio Guamá e Monteiro et al. (2015) no rio Paracauari, estuários da região amazônica, obtiveram resultados semelhantes com o maior valor de oxigênio dissolvido no período menos chuvoso, reafirmando a atuação da sazonalidade sobre este parâmetro.

Os valores médios de fósforo total foram aproximados entre ambos os períodos sazonais (Tabela 2), logo não houve significativa atuação da sazonalidade sobre este parâmetro ($F=2,24$; $p=0,17$) (Figura 3e). O mesmo padrão foi observado no estudo de Miranda et al. (2016) na ilha de Mosqueiro em Belém-PA durante a preamar, que denotou um valor médio de fósforo total de $0,06 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação menos chuvosa e $0,07 \text{ mg.L}^{-1}$ na estação chuvosa, indicando variações muito próximas.

Com relação aos resultados de clorofila *a* (Tabela 2), a análise estatística não indicou variabilidade sazonal significativa na quantificação deste componente de biomassa fitoplanctônica ($F=1,56$; $p=0,24$) (Figura 3f). Ao contrário da presente pesquisa, o estudo de Batista (2014), na sub-bacia do rio Taperoá, mostrou variação sazonal significativa na distribuição da clorofila *a*, com valores de significância $p<0,05$.

A temperatura é um indicador ambiental com papel fundamental no meio aquático, pois exerce influência direta sobre outros parâmetros, nos processos oxidativos, na respiração dos organismos aeróbios e decomposição da matéria orgânica realizada por micro-organismos, tornando-se essencial para os estudos direcionados ao monitoramento da qualidade de águas (HARFUCH et al., 2019).

Figura 3: Variação da temperatura, sólidos em suspensão, turbidez, oxigênio dissolvido, fósforo total e clorofila a, no período menos chuvoso e chuvoso, nas águas do rio Guamá.

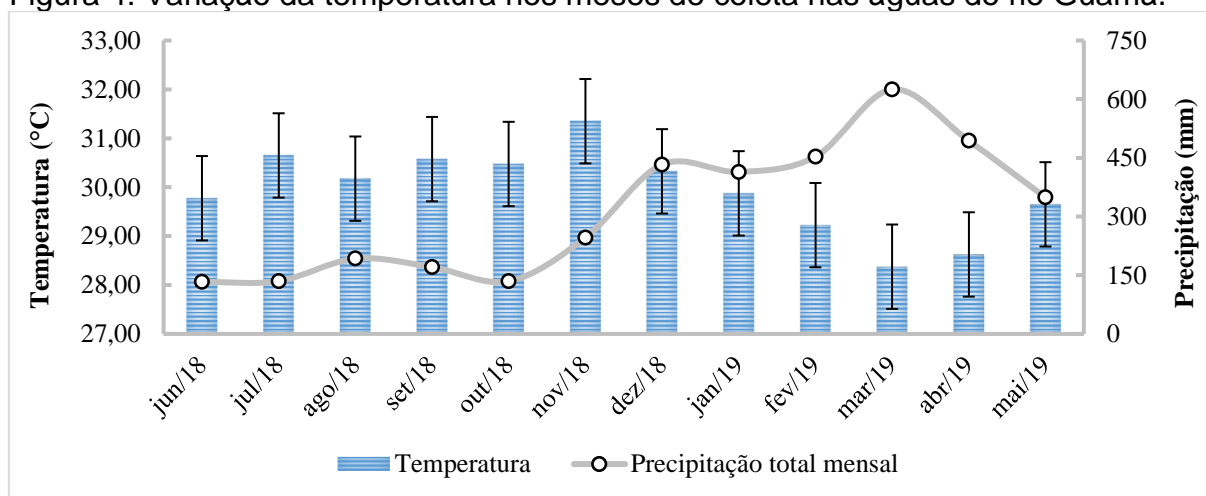


Fonte: Autoria própria, 2019.

Na área de estudo, a menor temperatura ocorreu no mês de março, coincidindo com o mês de maior precipitação total mensal, e a maior temperatura ocorreu no mês de novembro, com baixos valores de precipitação total mensal (Figura 4). Conforme Piratoba et al. (2017), as menores temperaturas, identificadas no período chuvoso, são decorrentes da cobertura de nuvens que se forma e serve de obstáculo, impedindo a incidência dos raios solares na superfície aquática. Em contrapartida, no

período menos chuvoso a formação de nuvens é reduzida, aumentando o tempo de incidência solar e possibilitando o aumento da temperatura da água.

Figura 4: Variação da temperatura nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.

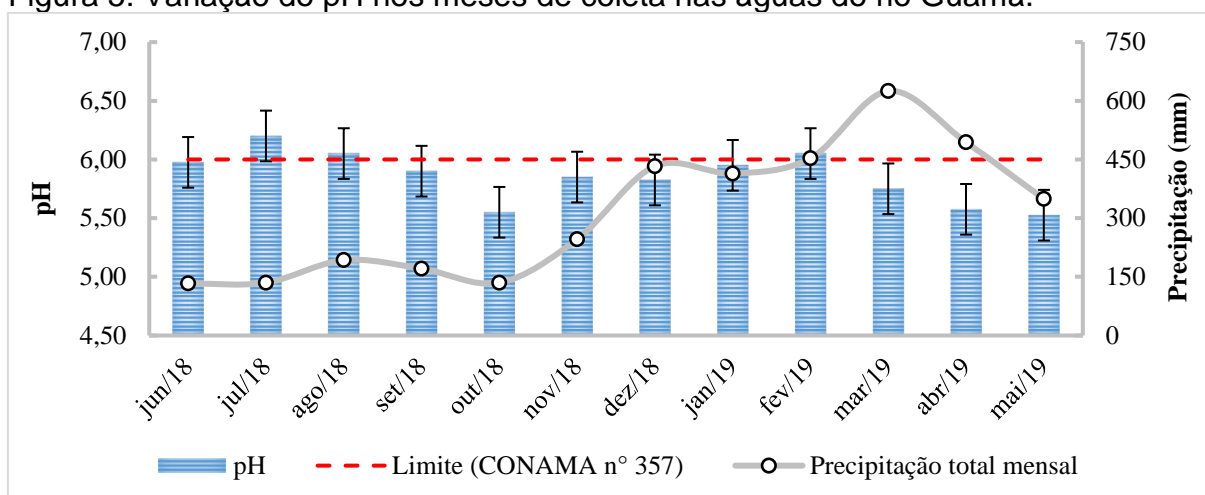


Fonte: Autoria própria, 2019.

Os resultados do pH refletem águas levemente ácidas, contudo além das características naturais, de acordo com Damasceno et al. (2015) a redução do pH também é favorecida pela respiração de organismos aquáticos e entrada de matéria orgânica no corpo hídrico, visto que estes fatores facilitam a liberação do gás carbônico na massa d'água. Posteriormente, o consumo e a oxidação da MO permitem a formação do ácido carbônico, aumentando a concentração de íons H^+ no ambiente, ocasionando baixos valores de pH.

Com exceção dos meses de julho e agosto de 2018 e fevereiro de 2019, os resultados de pH ficaram abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/05 para a classe 2 (Figura 5). Esses baixos valores do pH, de acordo com Miranda et al. (2017), podem ser justificados pela acidez das águas Amazônicas sem que isso signifique, contudo, um desequilíbrio do ecossistema local, sendo, portanto, a lixiviação dos solos ácidos e a formação de ácidos orgânicos oriundos da decomposição de matéria orgânica os principais responsáveis pela redução do pH.

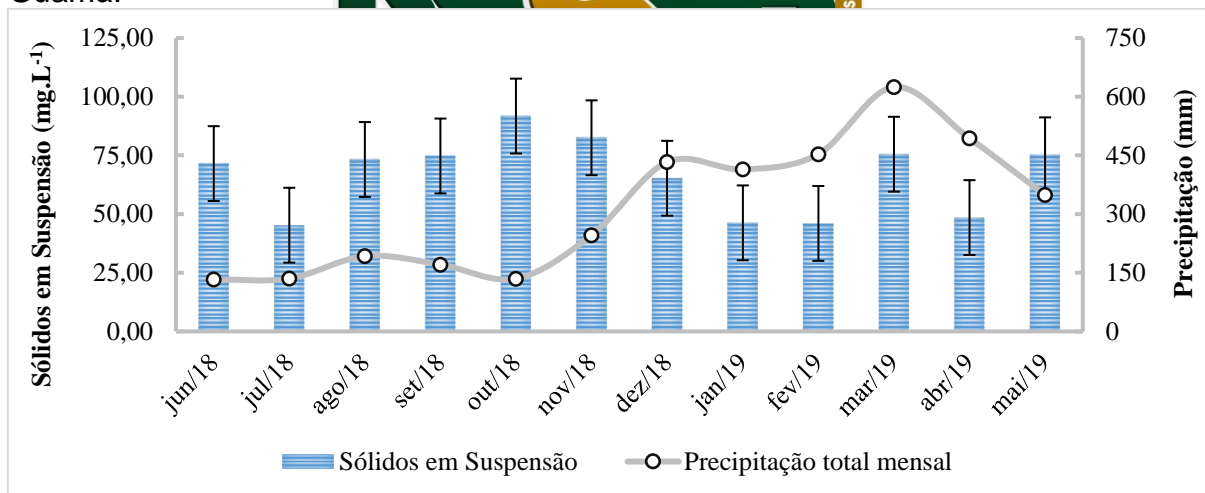
Figura 5: Variação do pH nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A distribuição dos sólidos em suspensão evidenciou um comportamento com pouca influência da sazonalidade durante os meses de coleta (Figura 6), o que sugere, de acordo com Marques et al. (2017), uma contribuição de material suspenso oriundo do processo erosional menos dependente do regime pluvial, ou seja, da erosão que acontece tanto no período menos chuvoso, quanto no período chuvoso.

Figura 6: Variação dos sólidos em suspensão nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



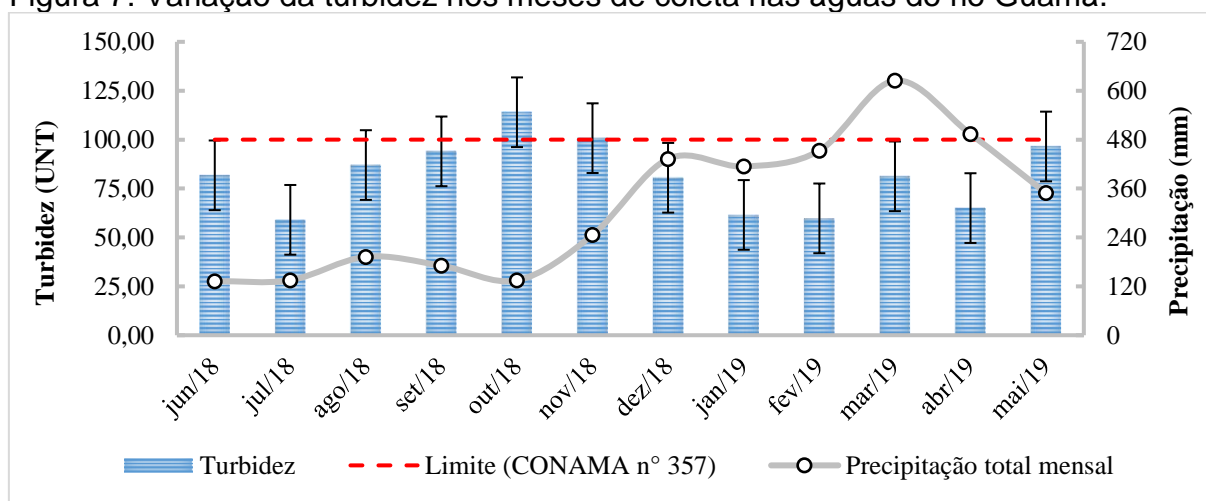
Fonte: Autoria própria, 2019.

Além do mais, os altos valores de sólidos em suspensão encontrados no rio Guamá representam características naturais dos rios de água brancas (SIOLI, 1965), sendo que o aumento na concentração do material suspenso é influenciado, principalmente, pela geologia local, processos erosivos que ocorrem em ambos os períodos sazonais, bem como pela elevada carga de substâncias húmicas resultantes

da decomposição de matéria orgânica, provocando um aspecto barrento às águas os quais são considerados normais para a região estudada (MASCARENHAS, 2016).

Assim como os sólidos em suspensão, os valores de turbidez sucederam um comportamento pouco dependente do regime pluvial nos meses de coleta (Figura 7). Dessa forma, os parâmetros sólidos em suspensão e turbidez demonstraram uma concisa relação, visto que a distribuição da concentração de ambos, durante os períodos sazonais, foi similar. Ou seja, segundo Pieroni et al. (2015), a elevada turbidez é afetada, principalmente, pelo elevado conteúdo de material em suspensão.

Figura 7: Variação da turbidez nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Fonte: Autoria própria, 2019.

Os meses de maio, outubro e novembro explicitaram resultados acima do limite permitido pela Resolução CONAMA nº 357/05 que é de 100 UNT (Figura 7). Conforme Silva (2016), esses valores podem ser decorrentes do arraste de sedimentos para o curso d'água promovidos pela água da chuva, ou pelo lançamento de dejetos orgânicos da população do entorno, que favorece o aumento da concentração de material particulado na coluna d'água.

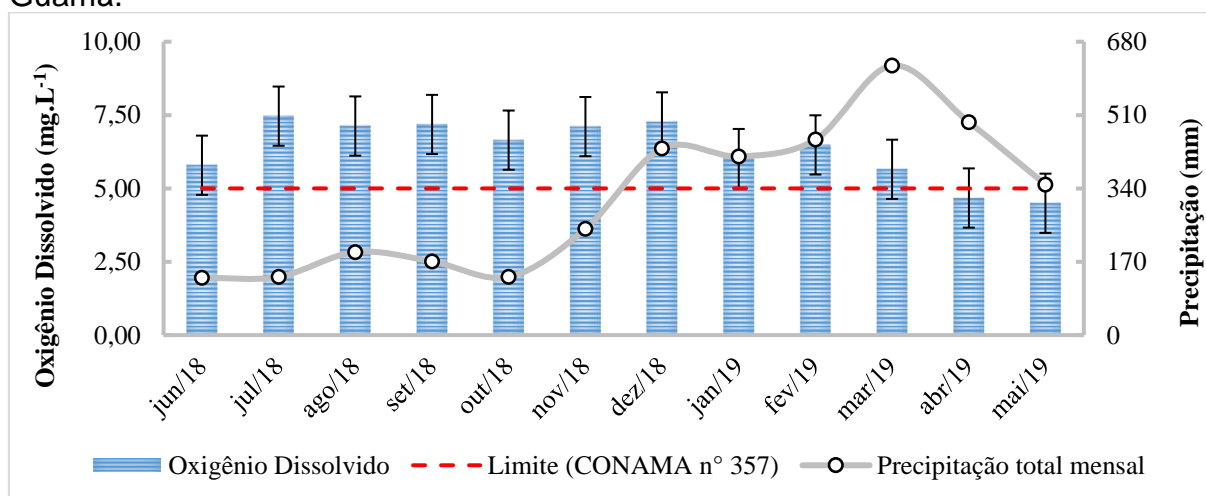
Os elevados valores deste parâmetro, também, podem estar relacionados a fatores naturais, visto que as águas do rio Guamá são, naturalmente, turvas (LIMA JUNIOR, 2016), não descartando a possibilidade de interferências antrópicas. Um estudo realizado por Santos et al. (2014) no rio Guamá e baía do Guajará, também, constatou números acima dos 100 UNT, os quais podem ser justificados pela influência da maré, decomposição de matéria orgânica e processos erosivos.

O aumento da concentração de oxigênio dissolvido durante o período menos chuvoso pode ser resultante, especialmente, de uma maior produção deste elemento pelos organismos fotossintetizantes, os quais são favorecidos por uma maior

penetração de luz no ambiente aquático, através de uma maior incidência direta dos raios solares, em consequência de uma menor interferência de nuvens durante o período em questão. Em contrapartida, no período de menor produção do oxigênio ocorre maior consumo do mesmo pelos organismos aeróbicos, reduzindo ainda mais sua concentração (MELO JÚNIOR, 2018).

Em contrapartida, no período de menor produção do oxigênio, juntamente com o contínuo consumo do mesmo pelos organismos aeróbicos, a sua concentração é reduzida. Essa redução também pode ser favorecida pela entrada de matéria orgânica proveniente de efluentes domésticos oriundos das atividades humanas, onde há uma maior necessidade de consumo de oxigênio para degradar a carga orgânica do ambiente (PIERONI et al., 2015), o que pode justificar os valores abaixo do limite especificado pela Resolução CONAMA n° 357/05 para classe 2, que indica valor mínimo de 5 mg.L⁻¹, nos meses de abril e maio de 2019 (Figura 8).

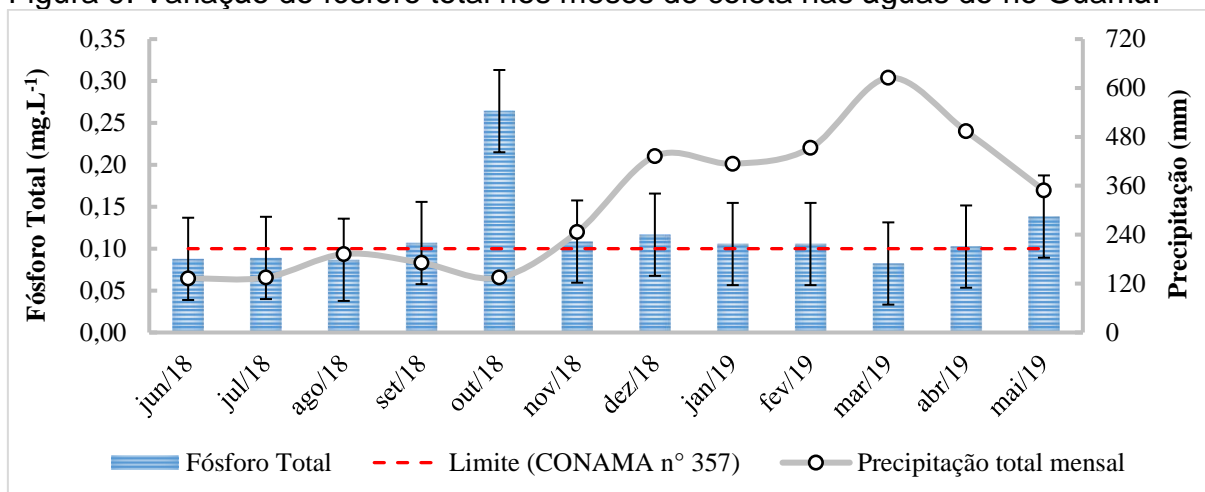
Figura 8: Variação do oxigênio dissolvido nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Os valores de fósforo total se concentraram acima de 0,1 mg.L⁻¹ (Figura 9), limite máximo definido para ambientes lóticos de classe 2 da Resolução CONAMA n° 357/05. Isso pode indicar a entrada de esgotos domésticos, visto que os esgotos são compostos por uma elevada carga de componentes fosfatados e favorece o aumento da quantidade de fósforo no ambiente (DECKER et al., 2018). Logo, a entrada de águas residuárias oriundas do igarapé Tucunduba pode ser um fator de impacto substancial, uma vez que este corpo hídrico, conforme Souto et al. (2019), recebe o despejo de efluentes de diversos pontos da cidade de Belém e deságua no rio Guamá.

Figura 9: Variação do fósforo total nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



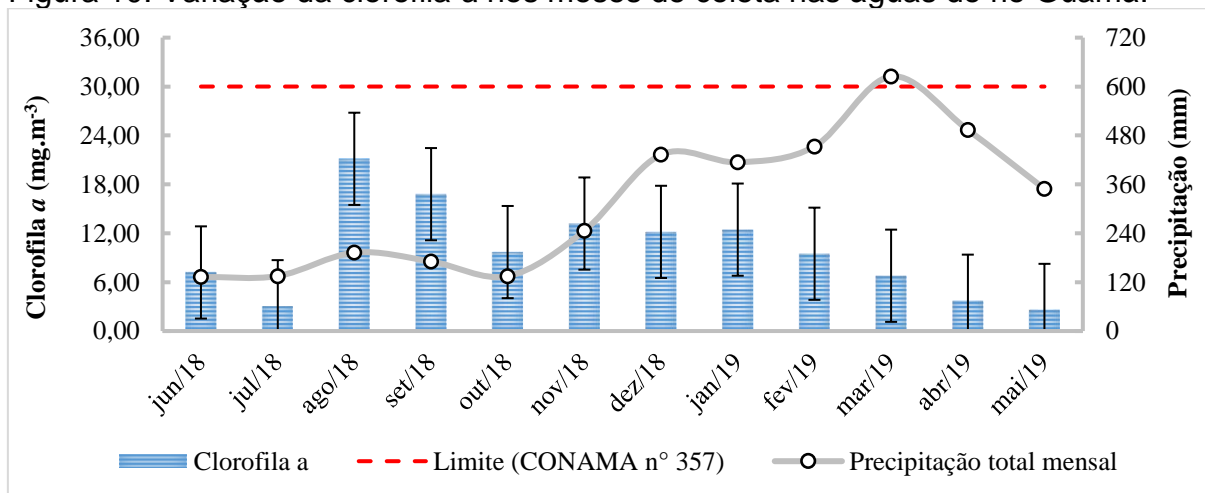
Fonte: Autoria própria, 2019.

Nota-se que ocorreu um pico de elevação no mês de outubro (Figura 9), período menos chuvoso, o que pode ser um indicativo de poluição recente ao momento da coleta e ser decorrente, especialmente, do elevado contingente populacional promovido pelo Círio de Nazaré, festividade religiosa que atrai turistas do mundo inteiro para a cidade de Belém.

Os resultados de clorofila *a* no rio Guamá evidenciam uma distribuição pouco dependente do regime pluvial ao longo dos meses (Figura 10).



Figura 10: Variação da clorofila *a* nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



Fonte: Autoria própria, 2019.

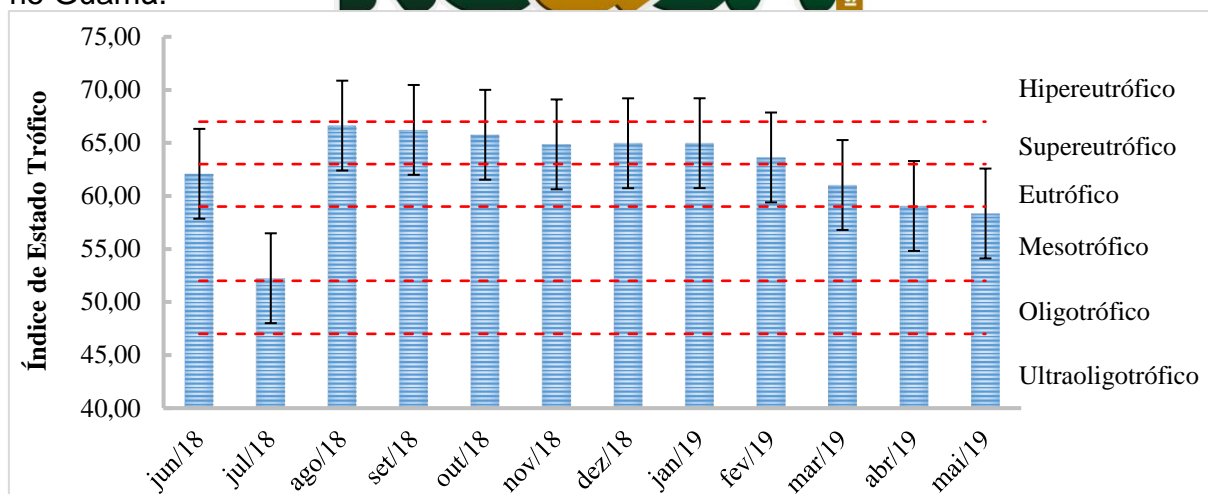
Segundo Santos et al. (2014), a massa fitoplanctônica depende da disponibilidade de luz na camada superficial e nutrientes, dessa forma os maiores valores encontrados no período menos chuvoso sugerem ótimas condições na quantidade de luz e nutrientes disponíveis que contribuem para o aumento da concentração de clorofila *a*. Em contrapartida, os maiores valores do período chuvoso

podem estar relacionados as contribuições da precipitação para o escoamento superficial das águas que favorece o aporte de nutrientes e sedimento para o corpo hídrico em questão.

Nenhum valor de clorofila *a* ultrapassou o limite máximo determinado pela Resolução CONAMA nº 357/05 (Figura 10). Segundo Maia et al. (2015), esses dados são aceitáveis e indicam uma moderada produtividade na região. Contudo, a possibilidade de interferências antrópicas não é descartada, uma vez que o esgoto doméstico contém elevada concentração de nutrientes e o despejo inadequado, ou seja, sem tratamento prévio contribui para o desenvolvimento e proliferação de algas, afetando a concentração deste parâmetro (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013).

Com relação ao estado de trofia do rio Guamá, a variação do IET durante o período menos chuvoso oscilou de 40,28 a 69,25, com média de $62,97 \pm 6,39$. Em contrapartida, no período chuvoso os valores oscilaram de 53,84 a 66,66, média de $62,00 \pm 3,45$. Esses dados do IET demonstram uma variação entre mesotrófico, eutrófico e supereutrófico, se concentrando, predominantemente, nestas duas últimas condições (Figura 11).

Figura 11: Variação do Índice de Estado Trófico nos meses de coleta nas águas do rio Guamá.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Os resultados do IET os quais se concentraram no estado mesotrófico (julho/2018 e maio/2019) indicam condições climáticas e hidrodinâmicas pouco favoráveis a proliferação de algas, visto que a avaliação do IET nas águas do rio Guamá e na baía do Guajará, feita por Santos et al. (2014), explicitou resultados semelhantes aos da presente pesquisa com valor mínimo de 62,35 (Eutrófico) e máximo de 66,29 (Supereutrófico), evidenciando condições vantajosas para o

desenvolvimento dos organismos fitoplanctônicos e o consequente aumento nos estados tróficos da água.

Essas condições de trofia indicam um elevado grau de perturbação na área de estudo, pois conforme a CETESB (2018), correspondem a corpos d'água com alta produtividade e baixa transparência, geralmente afetados por atividades antrópicas, onde o aumento da concentração de nutrientes favorece modificações indesejáveis e episódios de florações de algas, interferindo nos múltiplos usos do corpo hídrico.

Conforme Sutil et al. (2018), pelo fato do rio receber a contribuição de esgoto sanitário, aumentando a quantidade de matéria orgânica e nutriente, justifica a classificação obtida através do IET. Além disso, como o resultado do IET é embasado nos valores de fósforo total e clorofila *a*, fica evidente a predominância da biomassa fitoplanctônica na distribuição do índice ao longo dos diferentes períodos, especialmente por apresentar um aumento das condições tróficas no período menos chuvoso e um gradual processo de redução no período chuvoso, do mesmo modo que clorofila *a*.

4 CONCLUSÃO

Como forma de avaliação temporal, a temperatura e o oxigênio dissolvido foram os parâmetros que, estatisticamente, sofreram uma resposta direta da sazonalidade, sendo bastante afetados pelas condições de luminosidade, temperatura e precipitação. Com relação ao Resolução CONAMA nº 357/2005, destacam-se características naturais da região amazônica como elevada turbidez e águas mais ácidas. Entretanto, existe a possibilidade do impacto pela ação antrópica, devido aos elevados valores de fósforo total e baixos valores de oxigênio dissolvido indicando uma redução na qualidade da água.

Ademais, a avaliação do estado trófico permitiu identificar um elevado grau de perturbação do ecossistema aquático, no entanto a capacidade de autodepuração e renovação do rio Guamá ainda é mantida, em razão da sua hidrodinâmica. Portanto, torna-se cada vez mais necessário uma gestão ambiental adequada, bem como a conscientização da comunidade local, com um direcionamento para a preservação e conservação da natureza, com a finalidade de proteger os recursos hídricos e as comunidades aquáticas, além de evitar o aumento dos níveis de deterioração da qualidade da água.



REFERÊNCIAS

ALENCAR, V. E. S. A.; ROCHA, E. J. P.; SOUZA JÚNIOR, J. A.; CARNEIRO, B. S. Análise de Parâmetros de Qualidade da Água em Decorrência de Efeitos da Precipitação na Baía de Guajará – Belém – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 661-680, mai. 2019.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Surface water's quality and trophic status assessment in Arari river (Marajo Island, Northern Brazil). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 42, n. 1, p. 115-124, mar. 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2017. 1504 p.

BATISTA, D. J. M. **Dinâmica de nutrientes em reservatórios do semiárido: implicações para gestão de seus usos múltiplos**. 2014. 32 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 12 mai. 2019.

BUZELLI, G. M.; CUNHA, S. M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v.8, n.1, p. 186-205, abr. 2013.

CARDOSO, A. T. A. **Aplicação da Geotecnologia para identificar possíveis áreas ambientais do município de Belém, Pará, Brasil**. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

CARLSON, R. E. A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**. March, v. 22, n. 2, p. 361-369, mar. 1977.

COMPANHIA, DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em 22 mai. 2019.

DAMASCENO, M. C. S.; RIBEIRO, H. M. C.; TAKIYAMA, L. R.; PAULA, M. T. Seasonal evaluation of the quality of surface waters of the Amazon River on the waterfront of Macapá City, Amapá, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 3, p. 598-613, set. 2015.

DECKER, A.; PACHECO, M.; QUADRO, M.; SOARES, H.; NADALETTI, W.; ANDREAZZA, R. Análise ambiental e qualidade da água da lagoa dos patos nas proximidades de uma tradicional comunidade de pescadores. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 105-123, abr. 2018.

GRASSHOFF, F. K. et al. **Methods of seawater analysis**. 2. ed. Nova Iorque: Verlag Chemie, 1983. 419 p.

HARFUCH, C. A. C.; OLIVEIRA, F. R.; MEIRA, B. R.; CAGNI, G. S.; SOUZA, R. F.; LIZAMA, M. L. A. P.; VELHO, L. F. M. Qualidade da água no trecho superior da bacia do rio Pirapó: um rio urbano no sul do Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 513-538, jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **População no último censo**: IBGE, Censo Demográfico, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). 2019. **Precipitação Pluviométrica**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 30 jun. 2019.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente!. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v 8, n. 8, p. 1713-1721, dez. 2012.

LAMPARELLI, M. C. 2004. **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo**: Avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 207f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIMA JUNIOR, P. R. C. **Composição da comunidade fitoplanctônica do rio Guamá e Baía do Guajará, município de Belém (Pará, Brasil)**. 2016. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MAIA, A. A. D.; CARVALHO, S. L.; CARVALHO, F. T. Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do Baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Sorocaba, v. 20, n. 4, p. 613-622, dez. 2015.

MARQUES, E. D.; SILVA FILHO, E. V.; SOUZA, G. V. C.; GOMES, O. V. O. Controle hidrogeoquímico e origem da carga dissolvida das águas da bacia do rio São João: abordagem sobre as variações sazonais. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, p. 2100-2120, out. 2017.

MASCARENHAS, A. C. C. **Variações sazonais na pluma do rio Amazonas com foco no setor leste**. 2016. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Oceanografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

MELO JÚNIOR, A. S.; BENTO FILHO, R. C.; PAPADOPOLI, G. U.; MORAIS, A. C.; HOCK, L. B. J.; CHIRINOS, G. J. Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em uma lagoa facultativa. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, São Paulo, v. 6, p. 300-319, dez. 2018.

MIRANDA, C.; ROSA, L.; BONITO, J.; JÚNIOR, A.; VEIGA, N.; OLIVEIRA, F.; BARROS, B. Uso e qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio Parafuso (Moju, Pará, Brasil). **Revista Recursos Hídricos**, v. 38, n. 2, p. 51-62, dez. 2017.

MIRANDA, M. V. T.; SANTOS, M. L. S.; PEREIRA, J. A. R.; MESQUITA, K. F. C. Índices de qualidade da água da Ilha de Mosqueiro-PA. **Revista DAE**, v. 64, n. 201, p. 74-81, abr. 2016.

MONTEIRO, S. M.; EL-ROBRINE, M.; ALVES, I. C. C. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário amazônico. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 151-162, abr. 2015.

PIERONI, J. P.; BRANCO, K. G. R.; INACHVILI, I.; FERREIRA, G. C. Monitoramento sazonal da qualidade da água, na sub bacia hidrográfica do córrego água limpa, em seu trecho afetado pela mineração de níquel, no município de Pratápolis, Minas Gerais. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 402-410, 2015.

PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, H. M. C.; MORALES, G. P.; GONCALVES, W. G. Characterization of Water Quality Parameters in the Port Area of Barcarena, PA, Brazil. **Revista Ambiente & Agua**, Taubaté, v. 12, n. 3, p. 435-456, mai. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM (PMB). **Anuário Estatístico do Município de Belém**. Belém: SEGEP, 2011.

ROCHA NETO, O. D.; SILVA, B. M.; PAIVA, R. S. Variação dos parâmetros físico-químicos, composição e biomassa fitoplanctônica em uma estação fixa na Foz do Rio Guamá, Belém, Pará-Brasil. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, v. 16, n. 1, p. 19-28, mai. 2016.

SANTOS, M. L. S.; BORDALO, A. O.; PEREIRA, J. A. R.; CHIRA, P. C.; ALVES, I. C. C.; SODRÉ, S. S. V. Influência da expansão urbana na qualidade da água em reservatório da região Amazônica (Belém, Pará). **Bol. Téc. Cient. Cepnor**, v. 13, n. 1, p. 15-22, 2013.

SANTOS, M. L. S.; HOLANDA, P.; PEREIRA, I.; RODRIGUES, S.; PEREIRA, J. A. R.; MESQUITA, A. Influência das Condições da Maré na Qualidade de Água do Rio Guamá e Baía do Guajará. **Boletim Técnico Científico do Cepnor**, v. 14, n. 1, p. 17-25, jul. 2014.



SANTOS, S. N.; LAFON, J. M.; CORRÊA, J. A. M.; BABINSKI, M.; DIAS, F. F.; TADDEI, M. H. T. Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da Foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém - Pará). **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 249-256, 2012.

SILVA, J. A. **Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus**. 2016. 65 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

SILVA, L. M.; MORALES, G. P.; LIMA, A. M. M. Avaliação da qualidade das águas superficiais dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá, Belém, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18; p. 3161-3179, jul. 2014.

SIOLI, H. Bemerkung zur Typologie amazonischer Flüsse. **Amazoniana**. v. 1, p. 74-83. 1965.

SOUTO, C. K. B.; TELES, A. I. L.; ANDRADE, A. A.; XAVIER, B. V. M. P.; TORRES, E. E. S. A.; DIAS, E. C.; SILVA, G. P. C.; BARROS, K. C.; SOUZA, L. P.; PRATA, L. K. F.; GOMES, N. C. R.; FERNANDES, L. L. Fatores antrópicos de poluição hídrica na bacia do Tucunduba em Belém-PA. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 13824-13834, set. 2019.

STRICKLAND, J. D. H.; PARSONS, T. R. **A Practical Hand Book of Seawater Analysis**. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 157, 2. ed. 1972, 310 p.

SUTIL, T.; MAFFESSIONI, D.; BENVENUTI, T.; LADWIG, N. I.; BACK, Á. J. Análise da qualidade hídrica do rio Tega, Caxias do Sul- RS, Brasil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 124-142, abr. 2018.

TEIXEIRA, C. Introdução aos métodos para medir a produção primária do fitoplâncton marinho. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 22, p. 59-92, 1973.

TORRES, M. F. **Pesca Ornamental na Bacia do Rio Guamá: Sustentabilidade e Perspectivas ao manejo**. 2007. 264 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

TORRES, N. R. **Caracterização pontual de parâmetros físico-químicos no rio Guamá, parte integrante do Estuário Guajarino (Belém, Pará, Brasil)**. 2014. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2014.

VASCONCELOS, V. M. M.; SOUZA, C. F. Characterization of water quality parameters of the reservoir Utinga, Belém, PA, Brazil. **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 2, p. 305-324, aug. 2011.

