



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Concentração de Clorofila e Parâmetros Físico-Químicos para Avaliação de Níveis de Eutrofização do Rio Cereja, Bragança-Pa

Luan Daniel Silva Ferreira¹, Raimundo Rafael de Sousa Soares², Alden Rodrigues Damasceno³, Geovana Silva dos Santos⁴, Douglas Silva dos Santos⁵, Antonio Carlos Monteiro Filho⁶

¹Mestrando em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Laboratório de Tecnologia Molecular (LTB), Universidade Federal do Pará Campus Belém, CEP: 66075-110, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 99230-9886, luan.ferreirabio@gmail.com (autor correspondente).

²Biólogo pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Universidade Federal Rural da Amazônia campus Capanema, CEP: 68700-665, Capanema (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 99827-2065, rafa.biosousa@gmail.com. ³Biólogo pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Universidade Federal Rural da Amazônia campus Capanema, CEP: 68700-665, Capanema (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 99143-5284, aldenrodrigues12@gmail.com.

⁴Graduanda em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará campus Bragança, CEP: 68600-000, Bragança (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98297-8497, geovanadossantos28@gmail.com. ⁵Mestrando do curso Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais pelo Instituto Tecnológico Vale, Instituto Tecnológico Vale de Belém, CEP: 66055-090, Belém (PA), Brasil, Tel.: (+55 91) 98153-6801, douglasdossantos60@gmail.com.

⁶Biólogo pelo Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Universidade Federal Rural da Amazônia campus Capanema, CEP: 68700-665, Capanema (PA), Brasil, Tel.: (91) 99245-5004, carlostonmyfilho96@gmail.com.

Artigo recebido em 08/12/2021 e aceito em 24/05/2022

RESUMO

O monitoramento das variáveis físicas e químicas da água, bem como a concentração de clorofila *a* presente na comunidade fitoplanctônica, pode fornecer subsídios às políticas de proteção ambiental. O objetivo do trabalho foi realizar uma avaliação do nível de eutrofização presente no Rio Cereja, em Bragança PA, através da aplicação do índice de clorofila *a* e parâmetros hidrológicos, correlacionando a eutrofização com ações antrópicas da região de entorno. Foram coletadas amostras de água na margem do rio em quatro estações fixas, em agosto de 2018. As estações possuíam setores com distintos níveis de impacto antrópico. Utilizou-se uma garrafa de Niskin para realizar as coletas de amostragens e posteriormente foram feitas análises em laboratório. Os valores obtidos de clorofila *a* foram usados conforme o cálculo do Índice do Estado Trófico (IET). Entre os valores de temperatura, o ponto 2 obteve menor valor (26,9°C), os pontos 3 e 4 apresentaram maiores valores (27,8°C). Entre os valores de pH, o ponto 1 foi o mais ácido com 5,7, por sua vez, o 3 e 4 foram os menos ácidos (6,3). O oxigênio dissolvido (OD), oscilou entre 1,13 mg/L⁻¹ (Ponto 1) e 4,12 mg/L⁻¹ (Ponto 3). As concentrações de clorofila *a*, tiveram menor concentração no Ponto 1 (0,0197 mg/m⁻³) e foi maior no Ponto 3 (0,033 mg/m⁻³). O Cereja apresentou nível de eutrofização ultra-oligotrófico. As análises de correlação mostraram correlação positiva entre fatores climáticos e físico-químicos sobre a biomassa fitoplanctônica. Foram sugeridas medidas para mitigar os danos causados pela deterioração do Rio Cereja.

Palavras-chave: Parâmetros hidrológicos, Eutrofização, Qualidade da água.

Chlorophyll Concentration and Physical-Chemical Parameters for Assessing Eutrophication Levels in the Cereja River, Bragança-Pa

ABSTRACT

Monitoring the physical and chemical variables of the water, as well as the concentration of chlorophyll present in the phytoplankton community, can provide subsidies for environmental protection policies. The objective of this work was to carry out an evaluation of the eutrophication level present in the Cereja River, in Bragança PA, through the application of the chlorophyll *a* index and hydrological parameters, correlating eutrophication with anthropic actions in the surrounding region. Water samples were collected on the riverbank at four fixed stations in August 2018. The stations had sectors with different levels of anthropic impact. A Niskin bottle was used to carry out the sampling collections and later analyzes were carried out in the laboratory. The obtained values of chlorophyll *a* were used according to the calculation of the Trophic State Index (TSI). Among the temperature values, P2 was the one with the lowest value with 26.9°C, whereas P3 and P4 were the points with the highest values (27.8°C) each. Among the pH values, P1 was considered the most acidic with 5.7, in turn, P3 and P4 were the least acidic (6.3). Dissolved oxygen (OD) ranged between 1.13 mg/L⁻¹ (P1) and 4.12 mg/L⁻¹ (P3). Chlorophyll *a* concentrations were lower in P1 (0.0197 mg/m⁻³), and higher in P3 (0.033 mg/m⁻³). Cherry presented an ultra-oligotrophic level of eutrophication. Correlation analyzes showed a positive

correlation between climatic and physicochemical factors on phytoplankton biomass. Measures were suggested to mitigate the damage caused by the deterioration of the Cereja River.

Keywords: Hydrological parameters, Eutrophication, Water quality

Introdução

A inegável capacidade inventiva e transformadora da espécie humana, contudo, é a principal causa da intensificação dos problemas ambientais da sociedade moderna e, sobretudo, pós-moderna, na medida em que o conforto e bem-estar está custando o colapso e esgotamento de diversos recursos naturais, concentração no acesso e uso destes mesmos recursos e impactos ambientais decorrentes da utilização irracional das fontes naturais (Oliveira, 2021).

No Brasil, houve um aumento da intensidade da degradação dos rios urbanos, o que caracteriza a grande importância da monitoração das variáveis da qualidade da água (Carvalho; Marangon; Santos, 2020).

A eutrofização é o enriquecimento por nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) em ecossistemas aquáticos e é um problema global crescente. A eutrofização provoca a diminuição da qualidade da água e, em muitos casos, impede seu uso para consumo humano (Andrade et al., 2020; Nobre et al., 2020).

O lançamento de esgoto além de causar a eutrofização das águas, pode ocasionar problemas à saúde humana por conter microrganismos patogênicos (Silva et al., 2013). Além disso, a eutrofização tem a capacidade de alterar as características de qualidade da água, implicando entre outros problemas em enfermidades gastrointestinais, irritações nos olhos ou doenças na pele, logo, em um estágio avançado poderá desencadear no desenvolvimento de algas tóxicas e nocivas, que são capazes de modificar a dinâmica de um ecossistema aquático. (Sousa et al., 2018; Santos, 2020)

A qualidade da água em estuários é avaliada principalmente por meio de medições de oxigênio dissolvido, salinidade, turbidez, temperatura e status de nutrientes. Efluentes urbanos e outros subprodutos levam a um aumento no teor de nutrientes, causando sérios impactos ambientais, biológicos e socioeconômicos nos sistemas hídricos e nas populações locais (Onabule et al., 2020).

Nesse sentido, a deterioração da qualidade das águas, interfere negativamente em diferentes contextos, principalmente por se tratar de um recurso natural essencial e indispensável, dando sustentação a todos os tipos de vida na terra (Santos, 2020). Esse aspecto tem sido notado na bacia hidrográfica do rio Cereja, que já foi responsável

pelo abastecimento da cidade de Bragança, entretanto, está significativamente degradado, com uso limitado, em suma devido à falta de saneamento básico, ocupação territorial desordenada, sobre-exploração de alguns recursos biológicos e dentre outros (Costa, 2012; Santos e Júnior, 2012).

Nesse ecossistema, é constante o movimento sazonal e diário das águas, abrigando uma grande diversidade biológica, com destaque para o fitoplâncton, assembleias de organismos microscópicos, em sua maioria fotoautotróficos, responsáveis pela produção primária destes ecossistemas, sendo muito importantes para compreensão adequada da sua estrutura e dinâmica ecológica, sobretudo devido a rápidas respostas às alterações físicas e químicas do meio aquático, podendo, portanto, ser usado como bioindicador da qualidade da água (Sousa et al., 2018).

O monitoramento do fitoplâncton e das algas é de grande importância porque o monitoramento baseado apenas em análises físicas e químicas às vezes é insuficiente. A composição fitoplanctônica não só demonstra a situação determinada das águas, mas também as situações anteriores do ecossistema aquático (Yusuf, 2020).

Como os plânctons são vitais na comunidade aquática, uma possível desestabilização do ambiente pode acarretar, dentre diversos impactos, a eutrofização, que é o crescimento desenfreado de algas e cianobactérias devido a quantidade de nutrientes do meio, um problema recorrente em diversos reservatórios de captação (Rosset, 2020).

A clorofila *a* (CHLA) é um parâmetro utilizado como indicador de biomassa algal e também considerado o principal indicador do estado trófico dos ambientes aquáticos (CETESB, 2020).

Para evitar florações indesejáveis de algas, deve-se ter medidas de controle e monitoramento dos organismos, para a estabilização das condições presentes, caso seja necessário (Santo, 2021).

Para tanto, a presente pesquisa tem como objetivo, realizar uma avaliação do nível de eutrofização presente no rio Cereja, Bragança (PA), por meio da aplicação do índice de clorofila *a* encontrados no fitoplâncton, correlacionando com os fatores físico-químicos de qualidade da água.

Nesse sentido, o monitoramento das variáveis físicas e químicas da água e das concentrações de clorofila *a* presente na comunidade fitoplanctônica do rio Cereja, pode fornecer subsídios às políticas de gestão e proteção ambiental, contribuindo para o aumento de informações e conhecimentos destas assembleias quanto a dinâmica ambiental.

Material e método

A cidade de Bragança, onde o presente trabalho foi realizado, está situada na Mesorregião do Nordeste Paraense, conhecida como Microrregião Bragantina, que dista

aproximadamente 225 km da capital, Belém (Figura 1). A área de estudo inclui o rio Cereja, situado no município de Bragança, e que está localizado na mesorregião do nordeste paraense, dentro da microrregião bragantina.

O município possui uma área aproximada de 2090 km² e uma população em torno de 113.000 habitantes (IBGE, 2019) Recebeu o apelido de “A Pérola do Caeté” por estar situada à margem esquerda desse rio. Além dessa referência, faz fronteira ao Norte com o Oceano Atlântico, Sul com Santa Luzia do Pará e Viseu, Leste com Augusto Corrêa e Oeste com Tracuateua (Júnior, 2010).

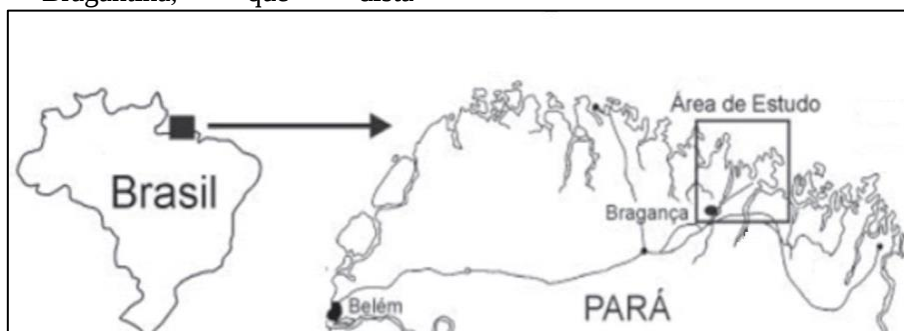


Figura 1. Mapa da localização da cidade de Bragança-Pa.

A região é dominada por um clima do tipo Am, segundo classificação de Köppen, caracterizado por ser quente e úmido, com pluviosidade média anual variando de 2.500 a 3.000 mm, umidade relativa do ar oscilando entre 80 e 91% e temperatura média anual entre 25,2 °C e 26,7 °C (Martorano et al., 1993), com o período seco (ou menos chuvoso) ocorrendo entre os meses de agosto a dezembro e uma estação chuvosa de janeiro a julho (Moraes et al., 2005).

Amostragem de Água e Coleta de Dados

As amostragens foram realizadas entre 08/08/2018 a 12/08/2018, em 4 pontos fixos, coletadas da margem do rio, seguindo as devidas medidas de segurança, tais como o uso de botas, luvas e óculos, para evitar possíveis contaminações. Dessa forma, também foram realizadas medições para determinar as características físico-químicas e da concentração de clorofila fitoplanctônica.

Desse modo, as 4 amostras coletadas, uma de cada ponto, foram obtidas com o auxílio de uma garrafa de Niskin modelo (*General Oceanics*). Em seguida, as amostras foram transferidas para garrafas de polietileno previamente etiquetadas e

esterilizadas, e devidamente armazenadas para análises das variáveis em laboratório. As amostras para a determinação da biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*) foram obtidas através de coleta direta na subsuperfície da água e fixadas em solução de lugol acético (5%) e gelo, respectivamente.

Os fatores físico-químicos: temperatura, pH e oxigênio dissolvido, foram medidos *in situ*, na superfície da água, com uma sonda Multiparâmetros de marca *Saint Vallen*, modelo 900p. As coletas e preservação das amostras seguiram a Norma Brasileira - NBR9897.

Georreferenciamento dos pontos analisados

O georreferenciamento dos pontos foi feito com auxílio de um aparelho GPS modelo GARMIN64. Em seguida, as coordenadas foram extraídas do GPS utilizando o programa computacional TrackMaker5, gerando assim vários vetores e dados geográficos sendo possível tratá-los e gerar uma imagem da extensão do rio, com os pontos estudados, no programa Google Earth 7.3.2. Após a digitalização dos dados, gerou-se um mapa do Rio Cereja, incluindo os pontos coletados e a área urbana de Bragança, permitindo uma visão espacial da área estudada (Figura 2).



Figura 2. Mapa do rio Cereja, com demarcação dos pontos de coleta das amostras de água.

Análises dos Dados

Para extração da biomassa fitoplantônica em termos de clorofila *a*, foi utilizada acetona 90% para a extração de concentrações de clorofila *a*, sendo determinadas com o auxílio de um espectrofotômetro marca *Thermo Cientific*, modelo *Evolution 260 Bio UV-Visible*, conforme a metodologia descrita por Parsons e Strickland (1963) e UNESCO (1966).

As concentrações de clorofila *a* foram determinadas de acordo com a seguinte equação abaixo:

$$C a = (11,6.D665 - 1,31.D645 - 0,14.D630).v/V$$

onde, D= leituras da absorbância nos respectivos comprimentos de onda a que se referem seus índices; v= volume da solução de acetona 90% (10 mL); V= volume da amostra filtrada (mL).

Para calcular o índice do estado trófico do Rio Cereja foi usado o IET (usado normalmente em rios). Este índice foi proposto por Carlson (1977) e modificado por Lamparelli (2004). De acordo como a fórmula:

$$IET (Cl a) = 10 (6 - ((0.92 - 0.34(\ln Cl a)) / \ln 2))$$

onde, Cl *a* = concentração de clorofila *a*, em mg.m⁻³. Conforme o resultado, a qualidade da água estudada pode ser classificada de acordo com a seguinte escala: IET ≤ 47: ultra-oligotrófica; 47 < IET ≤ 52: oligotrófica; 52 < IET ≤ 59: mesotrófica; 59 < IET ≤ 63: eutrófica; 63 < IET ≤ 69: super-eutrófica, e > 76: hipertrófica.

Os valores obtidos das variáveis hidrológicas, foram comparados aos estabelecidos na Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) n° 357/2005 de classificação dos tipos de água, conforme mostra a (Tabela 1). De acordo com esta resolução, o rio Cereja é classificado como um corpo de água doce classe 2, o qual se destina ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas de campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.

Tabela 1. Padrões de oxigênio dissolvido e pH, de acordo com a resolução CONAMA, para corpos de água salobra, classe 2.

Parâmetros da água	Limite CONAMA
Oxigênio dissolvido	não inferior a 4 mg L ⁻¹
pH	6,5 a 8,5

Análise Estatística

Para estudar as possíveis correlações existentes entre as variáveis físico-químicas e biológicas foi aplicada a análise de correlação de *Spearman* (*rs*). Levando-se em consideração que o coeficiente de correlação de *Spearman*, mede o grau de associação das variáveis. A seleção deste teste deve-se ao fato de nenhuma das variáveis apresentarem distribuição normal. Como

classificação do grau de correlação, ou seja, da força entre as variáveis, utilizou-se os seguintes parâmetros: fraco quando $0 < r < 0,4$; moderado quando $0,4 < r < 0,7$ e forte quando $0,7 < r < 1,0$. Foram consideradas correlações com significância estatística as que apresentaram $p \leq 0,05$. Para realizar as análises estatísticas no presente estudo foi usado o *Software STATISTICA v 8.0*.

Resultados e discussão

Variáveis físico-química

Os valores de temperatura dos pontos 1, ponto 2, ponto 3 e ponto 4, foram respectivamente, 27°C, 26,9°C, 27,8°C e 27,8°C. O ponto 2 teve a temperatura mais baixa entre os pontos estudados e o ponto 3 e 4 possuíram as maiores temperaturas. A temperatura é uma importante variável física e uma medida da intensidade de calor que influencia em algumas propriedades da água como a densidade, viscosidade e oxigênio dissolvido, com reflexos sobre a vida aquática.

Ao longo do rio Cereja verificou-se que a temperatura da água apresentou uma forte influência da conservação da mata ciliar. No ponto 1 e 2, próximo às nascentes e a montante do ponto central entre as coletas, a temperatura foi mais amena (27°C e 26,9°C) devido às condições ambientais do entorno, apresentando áreas sombreadas e com mata ciliar conservada e pouca urbanização. Em contrapartida a temperatura foi consideravelmente mais elevada (27,8°C) nos pontos 3 e 4 os quais que apresentaram ausência de mata ciliar e alto índice de assoreamento.

O estudo de Nogueira, Costa e Pereira (2015), corrobora com esses dados, pois eles afirmam que a temperatura da água da zona rural é mais amena que a da zona urbana, além da presença maior de vegetação.

O pH da água apresentou os valores de 5,7 (ponto 1), 6 (ponto 2), 6,3 (ponto 3) e 6,3 (ponto 4). Foi constatado que o ponto 1 se apresentou como o mais ácido entre os pontos e os pontos 3 e 4 foram os menos ácidos, consideravelmente não houve variação de pH acima de $\pm 0,6$.

As variações de pH nas águas costeiras amazônicas ocorrem principalmente em função do aporte de água doce, proveniente do regime de chuvas e fluvial da região (Pereira et al., 2010).

Em águas superficiais de áreas costeiras, o pH sofre baixas oscilações (Santos et al., 2008). Vários estudos (Pereira et al., 2013) mostraram que as águas costeiras amazônicas variam de

ligeiramente ácidas a ligeiramente alcalinas (pH, entre 6 e 8), dependendo da época do ano.

Durante a estação seca, quando as águas estuarinas são mais salinas, o pH normalmente varia de neutro a ligeiramente alcalino (entre 7 e 8), enquanto que na estação chuvosa o mesmo mantém-se entre ligeiramente ácido a neutro (entre 6 e 7), como mostrado por Monteiro et al. (2011) e Pamplona et al. (2013), esse resultado corrobora para com o mês de agosto que é a transição entre o período seco para o chuvoso, tende a aumentar o pH conforme o período chuvoso se inicia.

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD), oscilaram entre 1,13 mg/L⁻¹ (Ponto 1), 3,2 mg/L⁻¹ (Ponto 2), 4,12 mg/L⁻¹ (Ponto 3) e 2,6 mg/L⁻¹ (Ponto 4). O oxigênio dissolvido é indispensável aos organismos aeróbios. Águas com baixos teores de oxigênio dissolvido indicam que receberam matéria orgânica.

Isso pode estar associado ao aporte contínuo de efluentes domésticos, gerando alta oxidação da matéria orgânica, que se decompõe por processo químico ou ação microbiana (bactérias aeróbias), aumentando a demanda de oxigênio e reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido (Onabule et al., 2020).

Na pesquisa de Silva et al., (2020) identificou os principais impactos ambientais do rio Itapecuru, dentre os citados destacou-se: o descarte de resíduos sólidos de origem doméstica e lançamento de efluentes *in natura* diretamente no curso do rio, a prática de arremessar cadáveres de animais no leito do rio e a supressão da mata ciliar, o que ocasiona diversas problemáticas no que se concerne à poluição, a falta de equilíbrio no ecossistema e o odor desagradável no local.

Nos pontos com presença de ações antropogênicas, notou-se a diminuição da concentração de OD, que é diretamente proporcionada pela pressão atmosférica, ou de maneira inversa a altitude, e de modo indireto proporcional a temperatura. A atenuação do OD pode acontecer por causas naturais, principalmente pela respiração de organismos aeróbicos ou pela decomposição da matéria orgânica pelos organismos existentes no ecossistema aquático (Paula et al., 2021).

As concentrações de oxigênio dissolvido não atenderam ao padrão de qualidade do CONAMA quando comparados com os pontos 1, 2 e 4, com valores bem inferiores ao valor considerado ótimo, isto pode estar ocorrendo

devido a fatores como ação climática, hidrográfica, hidrodinâmica, dinâmica do fitoplâncton, além do processo de eutrofização devido os contaminantes

por ações antrópicas (Ram et al., 2014). No entanto, para o ponto 3 o valor foi superior ao proposto pelo CONAMA (Figura 3).

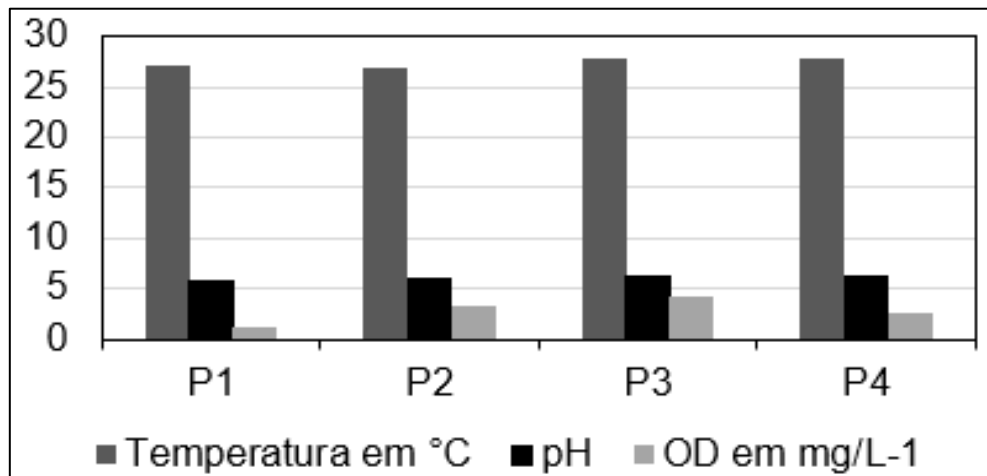


Figura 3. Variação dos parâmetros físico-químicos dos quatros pontos.

Concentração de Clorofila *a*

A concentração de clorofila *a* entre os pontos foram de 0,0197 mg.m⁻³ (ponto 1), 0,0244 mg.m⁻³ (ponto 2), 0,033 mg.m⁻³ (ponto 3) e 0,0205 mg.m⁻³ (ponto 4). Sendo encontrada diferença significativa entre os pontos, a menor concentração foi para o ponto 1, enquanto a maior foi no ponto 3 (Figura 4).

No trabalho de Andrade e colaboradores (2020), a variável, clorofila *a*, apresentou peso elevado (>0,825), e é considerada um indicador da presença de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, como visto no componente. A presença de clorofila *a* em sistemas aquáticos representa o efeito do processo de eutrofização, que é o

fenômeno pelo qual um ecossistema se torna cada vez mais produtivo por meio do enriquecimento com nutrientes (Andrade et al., 2020).

A diminuição das chuvas, associada às altas temperaturas, contribuiu para a intensificação da eutrofização com aumento da concentração de nutrientes, concentração de clorofila, condutividade e sólidos totais em suspensão (Santos, 2020).

O processo de eutrofização acelerada em águas continentais tem se transformado em problema ambiental significativo em todo o mundo. O manejo sustentável de ecossistemas aquáticos requer o monitoramento constante da qualidade da água (Lopes et al., 2015).

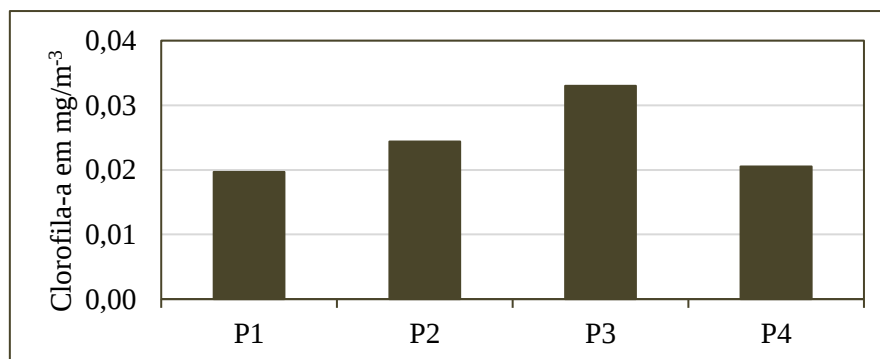


Figura 4. Variação da concentração de clorofila *a* nos quatro pontos.

A eutrofização consiste no aumento excessivo de nutrientes na água, podendo ser causada por drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de minas, drenagem de dejetos humanos, entre outros.

De acordo com Smith e Schindler (2009), a palavra eutrófico significa rico em nutrientes e eutrofização ou eutroficação vem do grego *eu*, “bem” e *trophein* “nutrir” ou seja: bem nutrido.

O processo de eutrofização acelerada em águas continentais tem se transformado em problema ambiental significativo em todo o mundo. O manejo sustentável de ecossistemas aquáticos requer o monitoramento constante da qualidade da água (Lopes et al., 2015).

Atualmente, a maioria dos ecossistemas aquáticos presentes nas áreas mais densamente ocupadas estão completamente alterados quanto à

sua morfometria natural (Lemes-Silva et al., 2020; Lopes et al., 2020).

Os principais impactos observados estão relacionados com o lançamento de resíduos domésticos (dejetos líquidos) e a retirada da vegetação ripária, geralmente ligada à construção civil ilegal, bem como a agricultura, silvicultura e pecuária. Os riachos da região também sofrem com a expansão imobiliária combinada ao saneamento básico precário e falhas nas políticas públicas que agravam esses problemas (Decarli, 2019).

Índice do Estado Trófico – IET

De acordo com o índice trófico IET, o rio Cereja apresentou nível de eutrofização ultra-oligotrófico ($IET \leq 47$: ultra-ligotrófica), para todos os pontos analisados. O ponto 3 apresentou o maior valor trófico (29,99), enquanto o ponto 1 apresentou o menor valor (27,46), conforme mostra a figura 5.

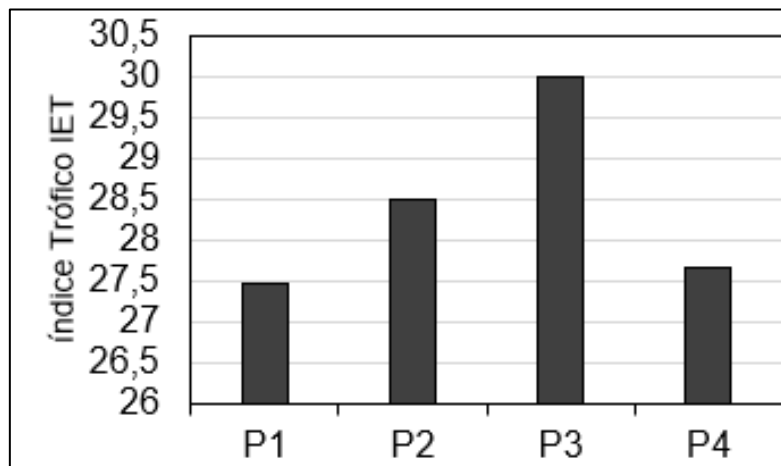


Figura 5. Variação do Índice Trófico IET para os quatro pontos.

Os principais estados são o Oligotrófico, com baixo teor de nutrientes, águas claras, peixes de água fria e alto teor de oxigênio dissolvido; o Mesotrófico com alguma acumulação de sedimentos no fundo, e moderado crescimento planctônico; o Eutrófico com altos níveis de nutrientes, alta produtividade planctônica e baixos níveis de oxigênio dissolvido; e o Hipereutrófico com quantidades excessivas de algas, plantas aquáticas e nutrientes (Costa, 2019; Espírito Santo, 2021).

Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, foram desenvolvidos vários índices e

indicadores ambientais para avaliação desta, com base em suas características físico-químicas e biológicas. O índice de estado trófico (IET) é amplamente utilizado em diversos trabalhos. Esse índice estabelece níveis de trofia em relação à concentração de fósforo total, à clorofila a e ao disco de Secchi, possibilitando a classificação das águas em classes tróficas (Barreto et al., 2013).

A proliferação de cianobactérias em águas, principalmente em rios, está associada à ação antrópica e à poluição das águas causadas por atividades da indústria, agricultura e saneamento básico domiciliar. Com todo o crescimento urbano e populacional, há um impacto no meio ambiente, ocasionando mudanças climáticas, saturando o

saneamento e a infraestrutura das cidades (Nichetti et al., 2022).

Em riachos urbanos, o aumento de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, se dá pela entrada de grande quantidade de dejetos de efluentes domésticos e industriais, os quais contaminam os recursos hídricos e alteram as características químicas (como a diminuição de concentração dos níveis de oxigênio, e aumento das de gás carbônico, fósforo e nitrogênio dissolvidos) e físicas (aumento de partículas finas suspensas e da condutividade elétrica) (Lopes et al. 2020).

Correlação de Spearman (r)

As análises de correlação mostraram correlação positiva significativa entre a temperatura e biomassa fitoplanctônica ($r = 0,417$), pH e biomassa fitoplanctônica ($r = 0,537$), OD (Oxigênio Dissolvido) e biomassa fitoplanctônica ($r = 0,871$). As correlações ratificaram a influência dos fatores climáticos e físico-químicos sobre a biomassa fitoplanctônica analisada no estudo (Figura 6).

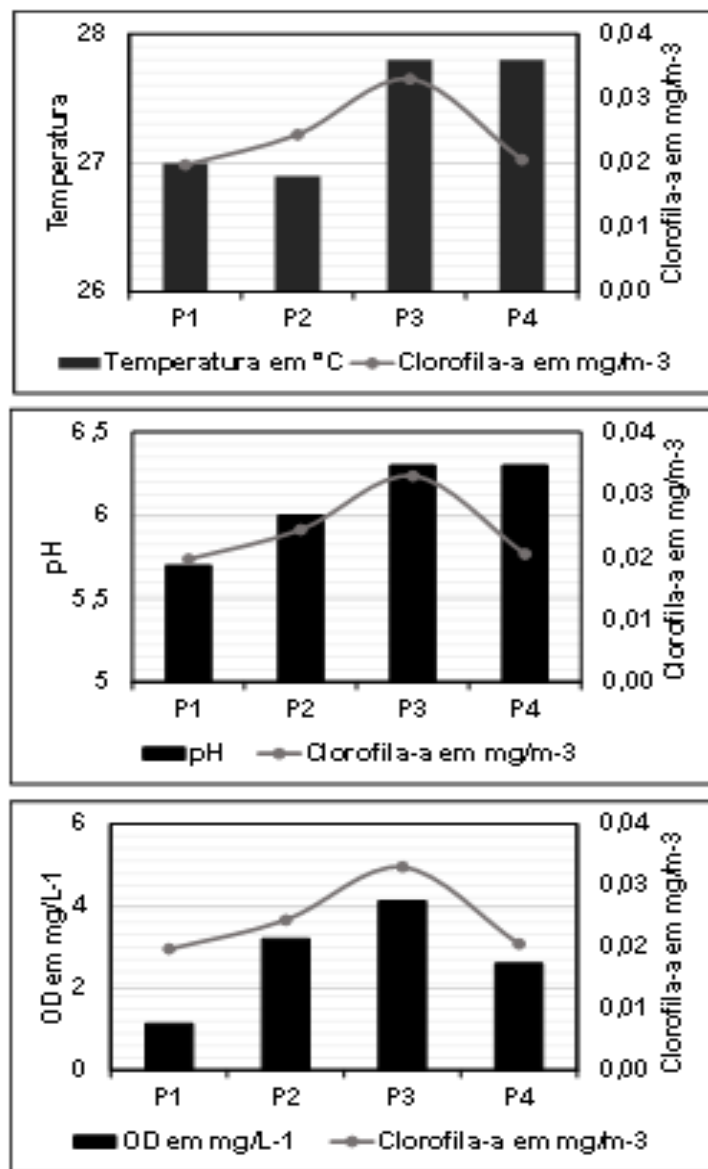


Figura 6. Correlação de Spearman entre variáveis físico-químicas e biomassa fitoplanctônica.

Pesquisas demonstram que as espécies de fitoplâncton possuem sensibilidade as alterações químicas e físicas no seu habitat (Santana et al.,

2016). Cada espécie desta comunidade sobrevive em determinadas condições ambientais bem definidas, cada qual com sua particularidade. Isto

faz do fitoplâncton uma comunidade bioindicadora de condições ambientais, a qual apresenta grande importância na caracterização dos ecossistemas aquáticos, sendo concisa e segura para indicar possíveis mudanças nestes ambientes (Bohnenberger, 2017), incluindo atividades humanas que geram impactos danosos ao meio ambiente e seus organismos (Santana et al., 2016).

O *input* de elementos como o N e o P nos ecossistemas aquáticos, proveniente de fertilizantes e outros fatores, tais como a destruição da mata ciliar dos mananciais e descargas de esgoto sem tratamento, são causas do fenômeno de eutrofização. Este envolve uma proliferação descontrolada (“florações”) de organismos como algas e cianobactérias devido ao enriquecimento artificial do meio aquático por esses nutrientes. A eutrofização pode resultar em mudanças na qualidade da água, redução do oxigênio dissolvido, morte de peixes, decréscimo na diversidade de espécies da comunidade fitoplanctônica e, no caso das cianobactérias, intoxicações graves no homem (Carvalho et al., 2013).

A distribuição e a proliferação das cianobactérias são comumente influenciadas por diversos fatores, tais como concentração de nutrientes, relação estequiométrica entre as concentrações de nitrogênio/fósforo, intensidade de luz, temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, pH, herbivoria e estabilidade da coluna d’água, podendo estes parâmetros agirem sinérgica e antagonicamente. Condições climáticas também podem favorecer a ocorrência de florações; no entanto, a carência de experimentos em larga escala tem limitado as afirmações sobre os efeitos destes fatores (Paerl, 2008).

Conclusão

A temperatura e o pH da água apresentaram baixas variações durante o período de estudo, sendo este fato observado entre os pontos.

Em relação a clorofila *a* presente no rio Cereja foi maior nos pontos localizados no meio, a montante e a jusante do centro do rio Cereja, coincidindo com as maiores concentrações de oxigênio dissolvido, indicando que a comunidade fitoplanctônica possui uma correlação com as concentrações de OD, haja visto que, um dos produtos da fotossíntese é o oxigênio molecular (O₂), tornando-o difuso no meio (ponto 2 e 3) por esses organismos. Embora o nível trófico do Rio Cereja tenha se apresentado como ultra-

oligotrófico, as águas foram mais tróficas onde a influência antrópica é maior.

Com base nos dados analisados podemos inferir algumas sugestões para mitigar os danos causados pela ação antrópica nesse rio, uma delas é o melhoramento do plano gestor, caso haja, ou a elaboração de um plano gestor com envolva o comprometimento com a fiscalização e manutenção das atividades propostas pelo mesmo.

Outra medida, seria vinculá-lo a legislação, partindo do preceito que o rio Cereja é um patrimônio ambiental, fazendo parte de uma rede de canais e efluentes do rio Caeté, que assim, é de extrema importância e necessidade manter a preservação e conservação, para o bem da comunidade Bragantina que retirar boa parte do seu sustento dos recursos pesqueiros inerentes do rio Caeté.

Por conseguinte, investimento em saneamento básico e tratamento para esgoto que é despejado de forma direta e posterior monitoramento da qualidade da água, podendo assim acompanhar desenvolvimento situacional do Rio Cereja. E por fim, incentivar prática de educação ambiental, buscando levar conhecimento acerca das formas de minimizar a contaminação e poluição, para a população.

Referências

- Andrade, E. M. et al. 2020. Balanço de nitrogênio e fósforo em um reservatório na região semi-árida tropical. *Revista Ciência Agronômica*, v. 51, n. 1. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200020>.
- Barreto, L.V., Barros, F.M., Bonomo, P., Rocha, F. A., Amorin, J.S. 2013. Eutrofização em rios brasileiros. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia 9, 2166.
- Bohnenberger, J. E. 2017. Estrutura e dinâmica do fitoplâncton em diferentes escalas temporais e espaciais em ambientes límnicos. 192 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Porto Alegre, 192.
- Carvalho, M.C. et al. 2013 *Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais*, São Paulo: Cetesb, 56.
- CETESB. 2020. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2019. São Paulo. Disponível: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas->

- interiores/publicacoes-e-relatorios/. Acesso: 21 de Mai. 2021.
- Costa, L.C.D. 2019. Avaliação dos parâmetros físico-químicos em diferentes sistemas de cultivo experimental de tambaqui *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) na Amazônia Oriental. 74.
- Costa, P.P.R. 2012. Ocupação desordenada as margens do Rio Cereja, Bragança-Pará: realidades e desafios socioambientais. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação – Connepi, 2012, Palmas, Anais... Palmas: IFTO - Sistema eletrônico de administração de conferências. Disponível: <<https://propi.iftto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/309>>. Acesso: 20 de Jan. 2020.
- Decarli, C. J. 2019. Efeito da urbanização sobre as comunidades de macroinvertebrados aquáticos em uma ilha subtropical. Dissertação (Mestrado Ecologia) - UFSC, Florianópolis, 60.
- Espírito Santo, A.B.M.D. 2021. Análise nictemeral de fitoplâncton e zooplâncton no reservatório do Passauna em Curitiba-PR (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná), 65.
- IBGE, 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. História & Fotos. Bragança (PA). Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/braganca/historico>. Acesso: 20 de Jan. 2021.
- Lamparelli, M.C. 2004. Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de Monitoramento. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo – SP, 238.
- Lemes-Silva, A.L., Lemes, W.P., Andriotti, J., Petrucio, M.M., Feio, M.J. 2020. Recent land-use changes affect stream ecosystem processes in a subtropical island in Brazil. *Austral Ecology*, 45, 644-658.
- Lopes, M.N., Dalpiaz, F.L., Rech, B., Teixeira, J.D., Ribero, I.S.S., Magri, D., Castro, D.G.; Petrucio, M.M., Kavaguichi, N. 2020. Trends in aquatic ecology research associated with urbanization evolution during three decades in Santa Catarina Island/SC. *Acta Limnol. Bras.* 32.
- Lopes, H., Sobral, M.C.; Gunkel, G., Candeias, A. L., Melo, G. 2015. Comportamento espacial da clorofila-a no reservatório de Itaparica, rio São Francisco. *Eng Sanit Ambient* 20, 475-484. DOI: <https://doi.org/10.1590/S14134152201502000111066>.
- Martorano, I.G., Pereira, L.C., Cezar, E.G.M., Pereira, I.C.B. 1993. Estudos climatológicos do estado do Pará, classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (Thorntwhite, Mather). Belém: Sudam/Embrapa, SNLCS, p. 53.
- Monteiro, M.C., Pereira, L.C.C., Guimarães, D O., Costa, R.M., Souza-Filho, P.W.M., Vieira, S. R., Jiménez, J. A. 2011. Influence of natural and anthropogenic conditions on the water quality of the Caeté river estuary (North Brazil). *Journal of Coastal Research* 64, 1535-1539.
- Moraes, B.C.D., Costa, J. M. N. D., Costa, A. C. L. D., Costa, M. H. 2005. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. *Acta amazonica* 35, 207-214.
- Nichetti, L.M.K., Dysarz, J.M., Batista, A.G., Dalonso, N. 2022. Evaluation of cyanobacterial blooms in water supply rivers from Joinville city. *Eng. Sanit. Ambient*, 12. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220200289>.
- Nobre, R.L.G. et al. 2020. Precipitation, Landscape Properties and Land Use Interactively Affect Water Quality of Tropical Freshwaters. *Science of The Total Environment*, 716, 137044. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137044>.
- Nogueira, F. F., Costa, I.A., Pereira, U. A. 2015. 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. Monografia Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Goiás, (Goiânia), 85.
- Onabule, O.A., Mitchell, S.B., Couceiro, F. 2020. The effects of freshwater flow and salinity on turbidity and dissolved oxygen in a shallow Macrotidal estuary: A case study of Portsmouth Harbour. *Ocean and Coastal Management*, 191, 105179.
- Oliveira, L.D.B. 2021. MEIO AMBIENTE E TRÂNSITO: Um olhar para a educação ambiental aplicada à circulação de veículos no município de Ananindeua. São Paulo, Brasil: FLACSO Sede Brasil, 98.
- Pamplona, F.C., Paes, E. T., Nepomuceno, A. 2013. Nutrient fluctuations in the Quatipuru river: A macrotidal estuarine mangrove system in the Brazilian Amazonian basin. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 133, 273-284. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.09.010>.
- Parsons, T.R.A., Strickland, J.D. 1963. Manual of seawater analysis. *Bulletim Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa 125, 1-205.

- Paerl, H.W. 2008. Nutrient and Other Environmental Controls of Harmful Cyanobacterial Florações along the freshwater-marine continuum. In: H.K. Hudnell (ed.). Cyanobacterial Harmful Algal Florações: state of Science and Research Needs. *Advances in Experimental Medicine and Biology* 217-213.
- Paula, L.R., Cesar, K.K.F.A., Batista, A.K.R., Siqueira, F.F.F.S., Silva, L., Limeira Filho, D., Silva, F.L. 2021. Análise físico-química da qualidade da água do rio Itapecuru no município de Caxias-MA. *Research, Society and Development*, 10(15), e551101521973-e551101521973.
- Pereira, L.C.C., Oliveira, S.M.O., Costa, R.M., Costa, K.G., Vilaconcejo, A. 2013. What happens on an equatorial beach on the Amazon coastal when La Niña occurs during the rainy season? *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 135, 116-127. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.07.017>
- Pereira, L.C.C., Monteiro, M. C., Guimarães, D. O., Matos, J.B., Costa, R.M. 2010. Seasonal effects of wastewater to the water quality of the Caeté river estuary, 80 *Brazilian Amazon. Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82, 467- 478.
- Ram, A., Jaiswar, J.R.M., Bharti, M.A.R.S., Vishwasrao, C., Majithiya. 2014. Nutrients, hypoxia and Mass Fishkill events in Tapi Estuary, India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 148, 48-58.
- Rosset, V.K. 2020. A biodiversidade de algas no Paraguai: estado da arte e desafios. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 38.
- Santana, L.M et al. 2016. Spatial and temporal variation of phytoplankton in a tropical eutrophic river. *Brazilian Journal of Biology*. São Carlos, 76, 3, 600-610.
- Santos, E.D.O. 2020 Avaliação do Índice de Estado Trófico e carga de nutrientes no rio Paraíba do Meio durante o ano hidrológico de 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Alagoas, 130p.
- Santos, M.R.S., Júnior, C.N.S. 2012. Caracterização ambiental dos recursos hídricos no município de Bragança, Pará. In: III. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Goiânia 1-5. Disponível: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VIII-004.pdf>>. Acesso: 10 Fev. 2020.
- Santo, A.B.M.S. 2021. Análise nictemeral de fitoplâncton e zooplâncton no reservatório do passauna em curitiba-pr. Universidade tecnológica federal do paraná, 72.
- Santos, D. F. 2020. A seca e seus impactos quali-quantitativos na disponibilidade hídrica de reservatórios na Região Semiárida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 59.
- Silva, P. C., Rodrigues, M.O.S., Santos, B.C.L., Almeida, B.L.N., Andrade, D. M.L.S. 2020. Identificação de impactos ambientais provocados pelo lançamento de resíduos sólidos e líquidos no Rio Itapecuru. *Nature and Conservation*, 13.2, 58-66.
- Silva, I.R., Pereira, L.C.C., Trindade, W.N., Magalhães, A., Costa, R.M. 2013. Natural and anthropogenic processes on the recreational activities in urban Amazon beaches. *Ocean & Coastal Management* 73, 75-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.12.016>.
- Smith, V.H., Schindler, D.W. 2009. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24, 201-207.
- Sousa, B.L.M.; Peleja, J. R. P.; Sousa, B. L. M.; Goch, Y. G. F.; Ribeiro, J. S.; Pereira, B. S.; Lima, F. C. C.; Lemos, E. J. S. 2018. Índice de Estado Trófico de Lagos de Águas Claras Associados ao Baixo Rio Tapajós, Amazônia, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 9, 76-89. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC21796858.2018.07.0008>.
- UNESCO, 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea Waters. Report of SCOR/UNESCO working group 14 with meat from 4 to 6 June. Paris, 69 p. Disponível: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000071612>. Acesso: 15 de Jun. 2021.
- Yusuf, Z.H. 2020. Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria. *Acta Limnol. Bras.* 32. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2179-975X3319>.