



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

MARCIA PEREIRA MONTEIRO

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM AMBIENTES AQUÁTICOS NA
MICRORREGIÃO DE ALTAMIRA, PA

Altamira-Pará
2023

MARCIA PEREIRA MONTEIRO

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM AMBIENTES AQUÁTICOS NA
MICRORREGIÃO DE ALTAMIRA, PA

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado à Faculdade de Ciências
Biológicas da Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Licenciada Plena em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Dias da Silva.

Altamira-Pará
2023

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

M772v Monteiro, Marcia Pereira.
Variáveis Limnológicas em ambientes aquáticos na
microrregião de Altamira,PA / Marcia Pereira Monteiro,
KarinaDias da Silva. — 2023.
30 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Karina Dias da Silva
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de
Altamira, Faculdade de Ciências Biológicas, Altamira, 2023.

1. Variáveis Limnológicas. 2. Ambientes-
Aquáticos. 3. Físico-química. I. Título.


CDD 577.6

MARCIA PEREIRA MONTEIRO

VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM AMBIENTES AQUÁTICOS NA
MICRORREGIÃO DE ALTAMIRA, PA


Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
submetido à aprovação como requisito
parcial para obtenção do grau de
Licenciada em Ciências Biológicas,
pela banca examinadora, formado
pelos professores:

Orientadora:

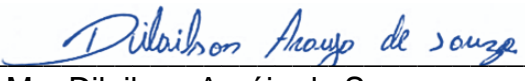


Profa. Dra. Karina Dias da Silva
Faculdade de Ciências Biológicas, UFPA

Banca Examinadora:



Profa. Dra. Daniela Santana Nunes
Faculdade de Ciências Biológicas, UFPA



Me. Dilailson Araújo de Souza
Faculdade de Ciências Biológicas, UFPA

Altamira-Pará, 11 de julho de 2023

“A memória de Paulo (Pai/avô), sábio homem não alfabetizado que fez tanto por mim ao longo da sua vida. ”

“As minhas duas mães, Maura e Lucinete, mulheres sonhadoras e incentivadoras da minha educação formal. ”

“Á Gabriel, Pedro, Liz Bella e Saymon, que tenham oportunidades, e a escolha das próprias formações.”

AGRADECIMENTOS

Aos demais familiares, que contribuíram direta e indiretamente para esta realização. Ao meu namorado, que esteve presente em várias ocasiões, grata pela parceria e conforto nos momentos de ansiedade e estresse.

Aos amigos que a cidade de Altamira me apresentou, Leydiane, Carla, Letícia e moradores da “casa roxa”, que dividiram momentos de alegrias, dificuldades, companheirismo e experiências, vocês tornaram este percurso mais leve e significativo.

Á Carol, uma grande amiga solidária, que muito contribuiu para o meu crescimento acadêmico e pessoal desde o início da graduação. A sua colaboração foi essencial durante todo o desenvolvimento deste trabalho, muito obrigada por toda paciência e por me manter motivada durante os momentos de adversidades, mesmo à distância. Eternamente grata por todo o apoio incondicional.

Á minha orientadora, que apesar do pouco tempo que tivemos, prontamente aceitou me orientar, sempre educada e compreensiva. As suas valiosas indicações e contribuições, foram vitais para a realização desta monografia.

Aos colegas do laboratório de ecologia de insetos aquáticos do Xingu (LEIA-X), que contribuíram direta e indiretamente para obtenção dos dados da pesquisa, gratidão.

Á todos os docentes do curso de Ciências Biológicas, que compartilharam seus conhecimentos e experiências com empenho. Ao Prof. Dr. Hermes Fonseca de Medeiros e toda sua família, muito obrigada pelo carinho, acolhimento, ensinamentos pessoais e colaborações acadêmicas.

Á Universidade Federal do Pará, pela oportunidade de cursar um ensino de qualidade. E também a Superintendência de Assistência Estudantil (Saest), pela concessão dos auxílios durante toda estadia em Altamira, foi de fundamental importância para minha permanência no curso.

RESUMO

Os municípios de Altamira, Brasil Novo e Medicilândia, estão localizados, na rodovia transamazônica (Br-230), Sudoeste do Pará. A região é caracterizada por transformações em sua paisagem natural, tais como, urbanização desordenada, desmatamento, monocultura e pecuária. Os ecossistemas de água doce têm passado por mudanças físico-química e biológicas em todo o mundo, a partir de processos naturais e antrópicos. Estes ambientes apresentam características limnológicas únicas, que influenciam o estabelecimento das comunidades aquáticas. Diante disto, este trabalho teve como objetivo, caracterizar as variáveis limnológicas em ambientes aquáticos situados na rodovia transamazônica (Br-230), na microrregião de Altamira. O estudo foi realizado nos meses de janeiro e fevereiro de 2023. Utilizamos sonda multiparâmetro (Horiba U-50), para mensurar as seguintes variáveis limnológicas: Temperatura da água (Temp) (°C), Turbidez (NTU), Potencial Hidrogeniônico (pH), Potencial Redox (ORP), Condutividade Elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (mg/L). Para a identificação das variáveis utilizamos uma Análise de Componentes Principais (PCA). Para verificar a relação entre as variáveis utilizamos a correlação de Pearson. Consideramos correlacionadas as variáveis que apresentaram ($r > 0,50$; $P < 0,05$). As variáveis que mais contribuíram para a variação espacial foram: CE, STD e ORP, apresentando também os maiores coeficientes de variação. A correlação de Pearson mostrou que STD foi relacionado a um conjunto considerável de variáveis (temperatura da água, pH, ORP e CE), sendo positivamente relacionado com pH, CE e temperatura da água e negativamente relacionado com ORP. A caracterização das variáveis limnológicas, possibilitou identificar alterações nos parâmetros limnológicos, bem como avaliar a qualidade da água. Estudos como esse são importantes pois, podem contribuir para o planejamento de estratégias de manejo e conservação, além de que, possibilita compreender os mecanismos de funcionamento dos ambientes aquáticos.

Palavras-chaves: Alterações antrópicas, ambientes aquáticos, físico-químicas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	10
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	10
COLETA DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS	11
CÁLCULO DO ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)	12
ANÁLISE DOS DADOS	14
RESULTADOS	15
DISCUSSÃO	19
CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS	23
ANEXO	27
ANEXO A: VALORES INDIVIDUAIS DE CADA UMA DAS VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM CADA UNIDADE AMOSTRAL (UA).	27
ANEXO B: ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA PARA CADA UM DOS LOCAIS.....	28

INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de água doce, tem passado por mudanças físicas, químicas e biológicas em todo o mundo, como resultado de alterações naturais e antrópicas em bacias hidrográficas (Allan, 2004). Algumas dessas mudanças são ocasionadas por intervenção direta, tais como construção de barragens, reservatórios e canais, porém, as principais mudanças são resultado do uso inadequado da terra, que aumenta a quantidade de matéria em suspensão na água, tanto dissolvida quanto particulada, são exemplos de intervenção direta: monocultura, mineração, pecuária e urbanização desordenada (Allan et al., 2021; Faria et al., 2023; Couceiro et al., 2011).

A caracterização limnológica busca compreender a complexidade e a dinâmica dos ambientes aquáticos, identificando e quantificando os diversos parâmetros que afetam a sua estrutura e funcionamento. Isso inclui a medição de variáveis como temperatura da água, pH, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, nutrientes, entre outros (Tundisi & Tundisi-Matsumura, 2011; Esteves, 2011).

Ao avaliar esses parâmetros, temos uma visão abrangente das condições ambientais presentes em um corpo d'água específico. Além disso, podemos identificar possíveis impactos e alterações decorrentes de atividades humanas, como poluição, alteração do uso do solo, descargas de efluentes agrícolas, dentre outras fontes de estresse (WETZEL, 2000, 2001).

A compreensão da limnologia de um ambiente aquático é fundamental para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo e conservação (Dos Santos Ferreira; Cunha-Santino, 2015). Os dados obtidos por meio da caracterização limnológica permitem a identificação de padrões sazonais e espaciais, detecção de desequilíbrios ecológicos, a avaliação da eficácia de medidas de mitigação e a elaboração de planos de recuperação ambiental (DARWICH et al., 2005).

Além disso, a caracterização limnológica fornece uma base sólida para a tomada de decisões em relação à gestão sustentável dos recursos hídricos (Tundisi & Matsumura-Tundisi, 2016). Auxilia na definição de padrões de qualidade da água, no estabelecimento de diretrizes para a atividade pesqueira, na identificação de áreas prioritárias para a conservação e na previsão de potenciais impactos ambientais (DEGRANDE et al., 2020).

Dessa forma, o monitoramento da qualidade da água em bacias hidrográficas é essencial para um bom planejamento da gestão e realização de ações mitigadoras (Monteiro *et al.*, 2016). Uma das abordagens mais utilizadas é a avaliação de parâmetros físico/químicos da água, como por exemplo, temperatura, condutividade elétrica e a quantidade de oxigênio dissolvido (Esteves, 1998). Também é comum a aplicação de índices de qualidade da água (Da-Silva & Jardim, 2006) com a finalidade de fornecer indícios sobre a sua qualidade (Esteves, 1998).

Nesse contexto, a Agência Nacional de Águas (ANA) estabeleceu nove parâmetros importantes para avaliar a qualidade da água, alguns devido sua grande importância acabam tendo certo destaque (e.g., oxigênio dissolvido, pH, turbidez, condutividade elétrica e temperatura da água). Apenas analisando esses parâmetros já é possível ter um diagnóstico do padrão de qualidade das águas que estão sendo avaliadas (LIBÂNIO, 2010).

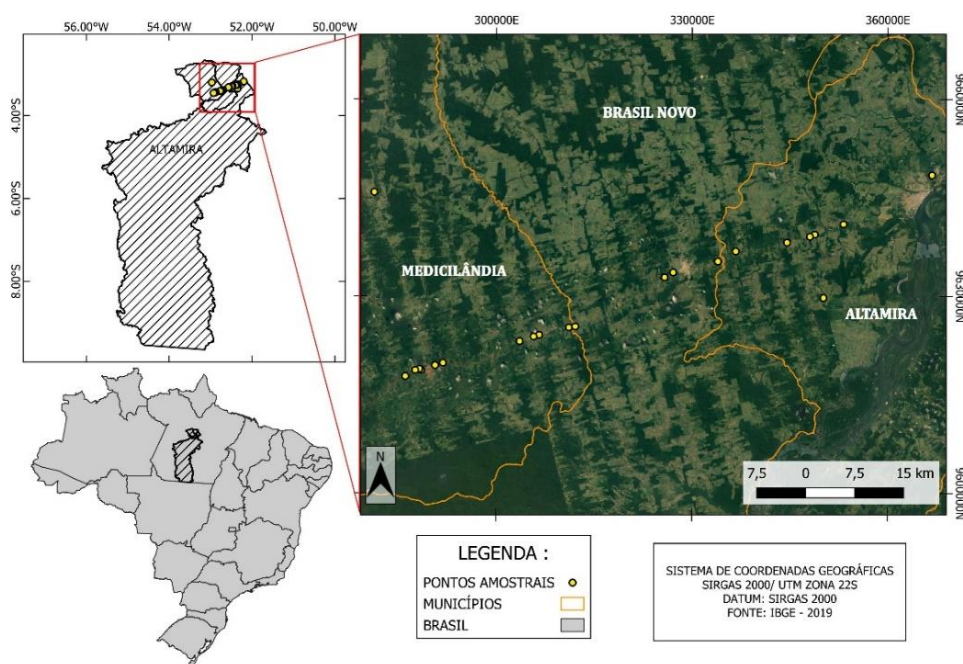
A caracterização limnológica auxilia a interpretar a complexidade dos ecossistemas aquáticos, fornecendo informações que aumentam a compreensão desses importantes recursos naturais. Ao combinar conhecimentos científicos e técnicas de monitoramento, a limnologia desempenha um papel fundamental na promoção da sustentabilidade e no equilíbrio dos ecossistemas de água doce, contribuindo para o bem-estar humano e a conservação da biodiversidade (Esteves, 2011). Diante disso, nosso objetivo foi caracterizar as variáveis limnológicas em ambientes aquáticos localizados às margens da Rodovia Transamazônica BR-230 no trecho compreendido entre a zona urbana da sede do município de Altamira até o município de Medicilândia (Microrregião de Altamira).

MATERIAL E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada ao longo da rodovia Transamazônica (BR-230), que abrange os municípios de Altamira, Brasil Novo e Medicilândia, pertencente a Microrregião de Altamira, Pará (**Figura 1**). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é caracterizado como tropical do tipo Am, com uma estação chuvosa (dezembro a maio) e outra seca (junho a novembro). A temperatura média anual é de 26,5 °C e a precipitação pluviométrica média anual de 191,4 mm (CLIMATE-DATA, 2023).

Figura 1: Localização dos pontos de coleta na Transamazônica (BR-230).



Fonte: Iluany Silva, 2023.

A cobertura vegetal desta região é composta por floresta do tipo ombrófila densa, ombrófila aluvial, ombrófila aberta com palmeiras e cipós, diretamente influenciada pelo sistema hidrológico do rio Xingu; e florestas secundárias recentes e antigas, áreas de capoeiras abandonadas pela agricultura familiar e uso agropecuário,

que agrupa áreas de culturas de ciclos curto, longo e pastagens (SALOMÃO *et al.* 2007).

OBTENÇÃO DOS DADOS LIMNOLÓGICAS

As coletas foram realizadas em 22 pontos amostrais distribuídos aleatoriamente (**Figura 1 e Figura 2**), sendo 19 em lagos e três em igarapés nos meses de janeiro e fevereiro (período chuvoso) de 2023. Com uso de uma sonda multiparâmetro (Horiba U-50) mensuramos as seguintes variáveis limnológicas: **1)** Temperatura da água (T) (°C), **2)** Turbidez (NTU), **3)** Potencial Hidrogeniônico (pH), **4)** Potencial Redox (ORP), **5)** Condutividade Elétrica (CE) ($\mu\text{S}/\text{cm}$), **6)** Oxigênio Dissolvido (OD) (mg/L), e **7)** Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (mg L^{-1}).

Figura 2: Alguns dos locais das coletas nos corpos d'água.



Fonte: Autores, 2023.

CÁLCULO DO ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA (IQA)

Para a análise dos parâmetros e verificação da qualidade da água utilizamos como base o método de enquadramento de águas superficiais, conforme resolução do CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005). Essa resolução estabeleceu condições de qualidade para o enquadramento dos sistemas aquáticos no Brasil. Também nos baseamos na Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011 (Brasil, 2011), que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005 (**Quadro 1**).

Para isso, utilizamos os valores brutos coletados de cada parâmetro e de cada ponto individualmente, e posteriormente realizamos o enquadramento segundo os valores estabelecidos pelas resoluções do CONAMA. Após esse enquadramento, realizamos a média total dos valores brutos de cada parâmetro, através da soma dos valores brutos obtidos em cada igarapé e a divisão pelo número total de igarapés, para assim obter o valor de classificação geral de todos os igarapés (Arantes & Santos, 2020; Baptista *et al.*, 2001).

Quadro 1: Valores limites dos parâmetros da água para o enquadramento nas classes de águas doces no Brasil (de acordo com as resoluções CONAMA n.º 357/2005 e 430/2011) e sua classificação segundo seus diferentes tipos de usos (de acordo com a resolução CONAMA n.º 430/2011).

Classes	Limites para o enquadramento	Principais Usos
Especial	Devem ser mantidas as condições naturais do corpo d'água OD: > 10,0 mg/l; pH: 6,0 a 9,0; Turbidez: 0 a 20 NTU;	Consumo humano com desinfecção; Preservação de equilíbrio natural das comunidades aquáticas; preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

	Condutividade Elétrica: 0 a 50 $\mu\text{s}/\text{cm}$;	
I	OD: 10 a 6 mg/l; pH: 6,0 a 9,0; Turbidez: 20 a 40 NTU; Condutividade Elétrica: 50 a 75 $\mu\text{s}/\text{cm}$;	Consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) Resolução CONAMA n.º 274/2000; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de películas e à proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
II	OD: 6 a 5 mg/l; pH: 6,0 a 9,0; Turbidez: 40 a 70 NTU; Condutividade Elétrica: 75 a 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$;	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, Resolução CONAMA n.º 274/2000, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca.
III	OD: 5 a 4 mg/l; pH: 6,0 a 9,0; Turbidez: 70 a 100 NTU; Condutividade Elétrica: 100 a 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$;	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário, e à dessedentação de animais.
IV	OD: - 4mg/l; PH: 6,0 a 9,0; Turbidez: +100 NTU; Condutividade Elétrica: + 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$;	Navegação e harmonia paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA n.º 357/2005 por Pinto *et al.* (2010)

Aplicamos uma adaptação do Índice de Qualidade da Água (IQA), um dos índices mais utilizados no país (ANA, 2015). Esse índice analisa os principais

parâmetros físicos e químicos da água, dando um peso a cada um deles no cálculo do índice de acordo com a sua relevância. A interpretação final do IQA para cada corpo d'água foi de valores de $80 \leq \text{IQA} \leq 100$ indicam qualidade ótima, $52 \leq \text{IQA} < 70$ (boa), $37 \leq \text{IQA} < 51$ (aceitável), $20 \leq \text{IQA} < 36$ (ruim) e de $0 \leq \text{IQA} < 19$ (péssimo).

Segundo o Ministério da Saúde (ou Agência Nacional das Águas), água de classificação I, II, III e classe especial são destinadas ao abastecimento para o consumo humano sendo consideradas seguras a saúde e o bem-estar da população como nas resoluções CONAMA nº 357/2005 e 430/2011 do Ministério do Meio Ambiente. As classes referem-se ao enquadramento das águas em função de sua qualidade, como estabelecido na Portaria no GM/MS, Nº 888, de 04 de maio de 2021, do Ministério da Saúde. Cabe a ressalva de que a classificação mais recente para os corpos d'água encontra-se estabelecida na Resolução do Conama Nº 357/2005.

Tabela 1: Valores dos limites dos parâmetros da água para enquadramento nas classes das águas doces do Brasil segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 (Brasil, 2005).

	VARIÁVEIS			
	OD (mg/L)	pH (mg/L)	UNT (mg/L)	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
ESPECIAL	> 10.0	6.9 – 9.0	0 – 20	0 – 50
I	10 – 6	6.0 – 9.0	20 – 40	50 – 75
II	6 – 5	6.0 – 9.0	40 – 70	75 – 100
III	5 – 4	6.0 – 9.0	70 - 100	100 – 150
IV	4	6.0 – 9.0	> 100	> 150

Legenda: Limites dos valores das variáveis usuais para determinar a qualidade da água nas diferentes classes: Oxigênio Dissolvido (OD), Potencial hidrogeniônico (pH), Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT), Condutividade Elétrica (CE).

ANÁLISE DOS DADOS

Para caracterizar as variáveis limnológicas, utilizamos Análise de Componentes Principais (PCA) (Legendre e Legendre, 2012) e a Correlação de Pearson (Zar, 2010). Utilizamos a PCA para identificar quais variáveis são mais importantes para a variação espacial dos dados, para escolha dos eixos utilizamos o critério de parada de Broken-stick (Jackson, 1993). Testamos a normalidade dos

dados (Shapiro-Wilk) antes de realizar a correlação de Pearson. Consideramos as variáveis correlacionadas $r > 0,50$; $P < 0.05$. As análises foram realizadas no ambiente *R Statistics* (2021) utilizando os pacotes *vegan*, *car* (OKSANEN *et al.* 2022; FOX & WEISBERG, 2019).

Para análise descritiva foi estimada média, amplitude de variação (mínimo e máximo), desvio padrão e coeficiente de variação. O coeficiente de variação para comparar a variação das variáveis, foi calculado utilizando o desvio padrão, dividido pela média multiplicado por 100.

Calculamos o índice de qualidade da água (IQA) adaptado, usando as variáveis condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, temperatura da água, temperatura do ar, pH e turbidez, este cálculo é realizado com base na média e no desvio padrão das variáveis e a comparação com os valores estabelecidos pelo CONAMA.

RESULTADOS

A PCA explicou 63,6% da variação total dos dados, de acordo com o critério de seleção de eixo de Broken-Stick. O primeiro e segundo eixo foram analisados, sendo que o primeiro eixo contribuiu com 44% desta variação. Temperatura da água, pH, Potencial Redox, Condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos apresentaram maior contribuição para a formação do primeiro eixo (**Figura 3 e Tabela 2**).

Figura 3: Ordenação dos eixos em relação às variáveis limnológicas.

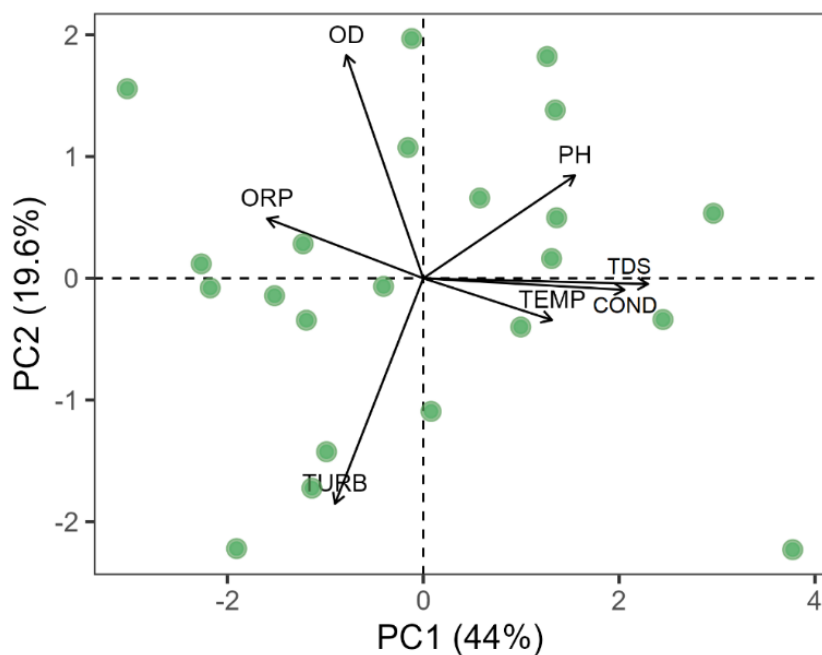


Tabela 2: Valores do 1° e 2° eixos da PCA. Os valores em negrito representam as variáveis que mais contribuíram para a formação do 1° eixo.

Variáveis Limnológicas	PC1	PC2
Temp. (°C)	0,7235	0,18853
Turbidez (NTU)	-0,4966	1,01926
pH	0,8526	-0,46473
ORP (mV)	-0,8783	-0,27042
CE (µS/cm)	1,1309	0,05230
OD (mg/L)	-0,4330	-1,00906
TDS (mg/L)	1,2633	0,02573
Autovalores	0,4396762	0,1967218
Broken-stick	2,5928571	1,5928571

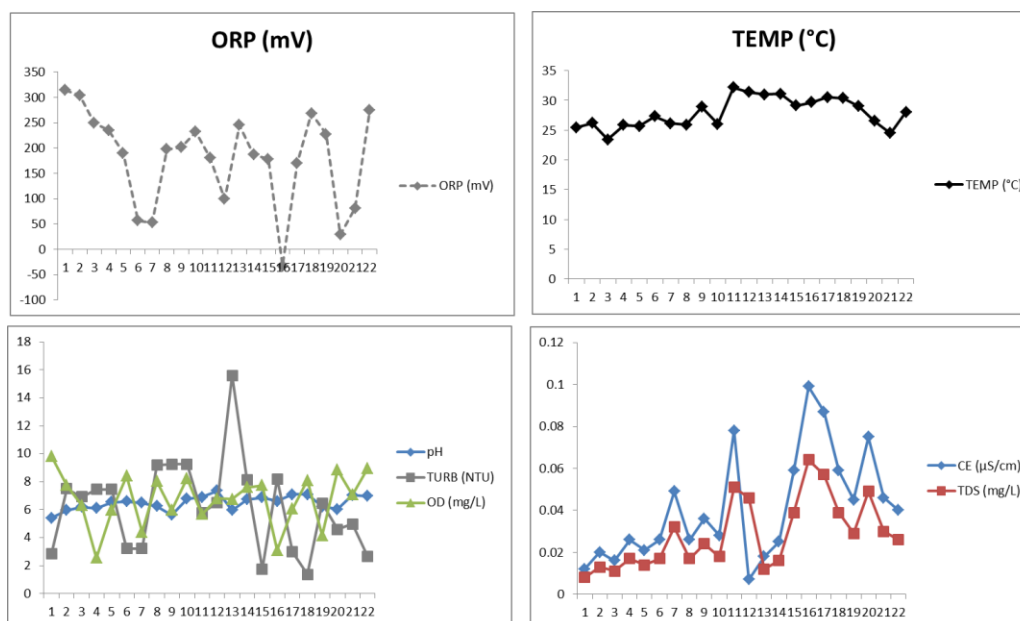
Os eixos que apresentaram maiores valores de Potencial Redox, apresentaram os menores valores de pH (5,41) e sólidos totais dissolvidos (0,008) (**Anexo A; Tabela 3**).

Tabela 3: Valores médios, mínimos e máximos, Desvio Padrão e Coeficiente de Variação das variáveis limnológicas analisadas.

Variáveis	Média	Mínimo	Máximo	DP	CV
Temperatura da água (°C)	27,93	23,44	32,17	2,511	2,511
Turbidez (NTU)	6,148	1,370	15,600	11,811	3,299
pH	6,492	5,410	7,350	0,514	7,924
Potencial Redox (mV)	179,0	-33,0	314,0	93,548	52,261
Condutividade Elétrica (µS/cm)	0,040	0,007	0,099	0,025	64,261
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,740	2,560	9,830	1,904	30,973
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	0,028	0,008	0,064	0,016	58,732

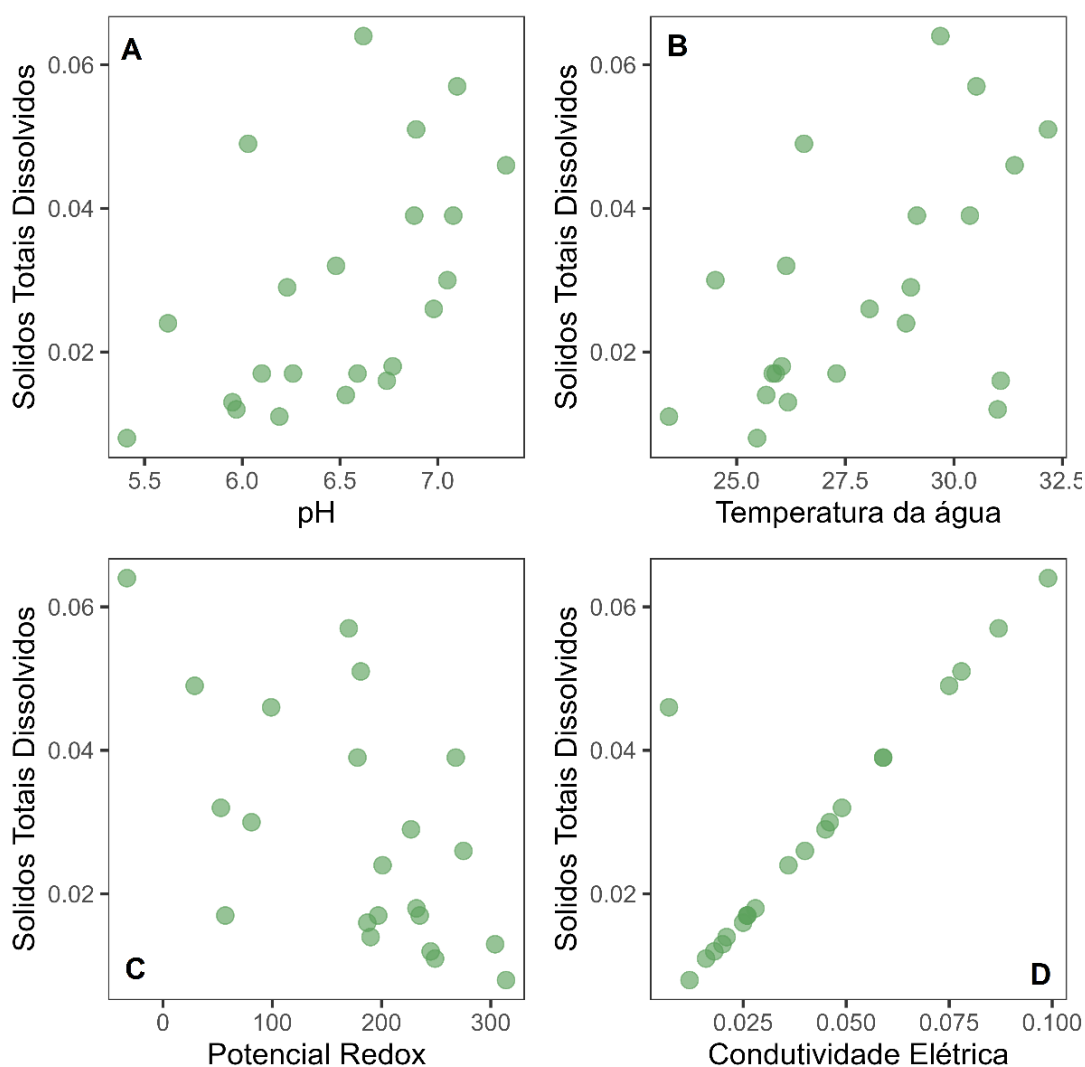
As variáveis com maior coeficiente de variação foram CE (64,26), TDS (58,73), ORP (52,26) e OD (30,97) (**Anexo B; Tabela 3; Figura 4**). A Temperatura da água, pH e turbidez apresentaram pouca variação entre os ambientes amostrados (**Figura 4**).

Figura 4: Variação das variáveis limnológicas entre os pontos de coletas.



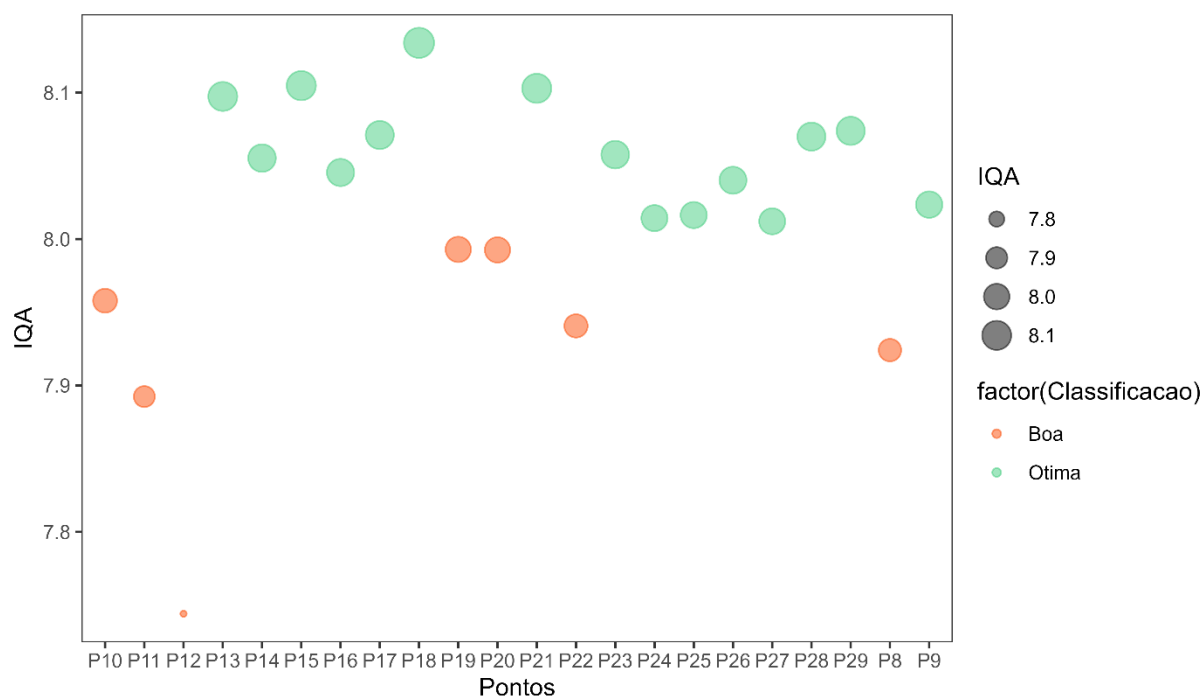
A variável Sólidos Totais Dissolvidos, apresentou correlação positiva com temperatura da água (correlação Pearson = 0,530; $P = 0,011$), pH (correlação Pearson = 0,528; $P = 0,011$) e CE (correlação Pearson=0,859; $P < 0,05$), e negativa com ORP (correlação Pearson = - 0,602; $P = 0,002$) (**Figura 5**). Os locais que apresentaram os maiores valores de STD apresentaram também maior condutividade elétrica (99,00) e valores intermediários de temperatura (29,69 °C). Os menores valores de STD apresentaram água com pH ácido (5,41) e com maior Potencial Redox (314,0).

Figura 5: Correlações acima de 0,50 e $P < 0,05$. **A)** Correlação positiva entre STD e temperatura da água (correlação Pearson = 0,530; $P = 0,011$), **B)** Correlação positiva pH (correlação Pearson = 0,528; $P = 0,011$), **C)** CE (correlação Pearson=0,859; $P < 0,05$), **D)** STD apresentou correlação negativa com ORP (correlação Pearson = - 0,602; $P = 0,002$).



Calculamos o índice de qualidade de água (IQA) adaptado e podemos observar que a maioria dos ambientes estudados possuem água de boa a ótima qualidade e nenhum com péssima qualidade (**Figura 6 e Anexo B**).

Figura 6: Classificação do Índice de qualidade da água (IQA) para cada um dos pontos amostrais.



DISCUSSÃO

Nossos resultados mostraram que houve variação espacial em relação às variáveis limnológicas analisadas entre os 22 locais amostrados na bacia do rio Xingu. Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Potencial Redox (ORP) foram as variáveis que mais contribuíram para a variação espacial, apresentando também os maiores coeficientes de variação. A qualidade da água foi classificada em todos os locais como de boa a ótima qualidade, de acordo com o índice de qualidade da água (IQA). Nossas correlações mostraram que STD foi relacionado a um conjunto considerável de variáveis (temperatura da água, pH, potencial redox e condutividade elétrica), sendo positivamente relacionado com pH, condutividade e temperatura da água e negativamente relacionado com ORP.

Os valores mínimos e máximos registrados para Oxigênio dissolvido (OD), turbidez, pH e STD estão de acordo com os padrões estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama N° 357/2005) para águas doces de classes I e II. Com exceção de alguns locais que apresentaram OD inferior a 6 mg/L (P11 = 2,56; P12 = 5,95; P15 = 4,39; P17 = 5,97; P19 = 5,67; P24 = 3,10; P27 = 4,17), 6mg/L é o valor mínimo estabelecido para que ocorra atividades vitais entre as comunidades aquáticas e o equilíbrio dos sistemas aquáticos (Esteves, 2011). Os valores de pH também se encontram em conformidade com os padrões estabelecidos (6,0 a 9,0) pelo CONAMA para águas doces de classe I e II. Com exceção de alguns locais (P8 = 5,41; P9 = 5,95; P17 = 5,62; P21 = 5,97) que apresentaram valores abaixo de 6. Em geral, os ambientes aquáticos continentais apresentam pH em torno de 6,5 a 8,5 (Esteves, 2011).

A água da maioria dos locais apresentou uma faixa de pH mais ácida (pH < 6), com exceção de alguns locais que apresentaram pH neutro (P20 = 7,35; P25 = 7,10; P26 = 7,08; P29 = 7,05). No período chuvoso a água tende a ficar mais ácida, devido ao processo de lixiviação das encostas e aumento de compostos orgânicos ácidos nos corpos d'água (Esteves, 2011). O rio Xingu em condições naturais possui essa característica de apresentar águas ácidas a neutras. De acordo com a classificação de Sioli (1984), rios de água claras apresentam pH em torno de 4,5 a 7,8. Estudos realizados no rio principal anteriormente também mostraram essa variação de pH (De Araújo *et al.* 2019; Nascimento *et al.* 2021).

O pH é uma medida de acidez ou alcalinidade da água, a relação positiva entre STD e pH ocorre porque certos minerais e compostos sólidos podem influenciar o pH da água (Tundisi, 2011). Por exemplo, a presença de carbonatos e bicarbonatos pode aumentar o pH da água, enquanto ácidos dissolvidos podem diminuir o pH. Portanto, em ambientes aquáticos com altos níveis de STD, é provável que haja uma tendência de aumentar o pH da água (Esteves, 2011). Os sólidos totais dissolvidos

referem-se à quantidade de substâncias sólidas que estão dissolvidas em água, incluindo minerais, sais, metais, nutrientes e compostos orgânicos. Esses sólidos podem ser medidos em termos de concentração ou condutividade elétrica da água.

O potencial de oxirredução, também conhecido como Potencial Redox, é uma medida da capacidade da água em suportar reações de oxidação e redução (Sigg, 2000). A relação positiva entre STD e potencial de oxirredução ocorre porque muitas substâncias sólidas dissolvidas podem estar envolvidas em reações de oxidação e redução. Por exemplo, a presença de íons metálicos dissolvidos pode aumentar o potencial de oxirredução da água. Portanto, ambientes aquáticos com altos níveis de STD podem exibir um potencial de oxirredução mais elevado.

A relação positiva entre STD e temperatura da água é principalmente devido às características físicas e químicas das substâncias sólidas dissolvidas (Riley *et al.* 2022). Geralmente, a solubilidade de muitas substâncias sólidas aumenta com a temperatura. Isso significa que à medida que a temperatura da água aumenta, mais substâncias sólidas podem se dissolver, levando a um aumento nos níveis de STD. No entanto, é importante observar que essa relação pode variar dependendo da natureza específica das substâncias sólidas presentes na água.

A condutividade elétrica é uma medida da capacidade da água em conduzir corrente elétrica e está relacionada à presença de íons dissolvidos na água. A relação positiva entre STD e condutividade elétrica é direta, uma vez que muitos dos sólidos dissolvidos na água estão presentes na forma de íons (De Araújo, 2018). Quanto maior a concentração de íons dissolvidos (ou seja, maior STD), maior será a condutividade elétrica da água. É importante ressaltar que a relação entre STD e as variáveis mencionadas pode ser influenciada por uma série de fatores, incluindo a composição química e a origem dos sólidos dissolvidos, bem como as condições ambientais específicas do corpo de água em questão.

Os valores do IQA nos corpos d'água amostrados podem ter sido influenciados pela época de chuva que acaba alterando as variáveis físico-químicas, devido a renovação diária da entrada de água no ecossistema (König *et al.*, 2008). Outra explicação pode ser o maior peso no cálculo do índice atribuído a variáveis como oxigênio dissolvido e pH que tiveram valores altos nas mensurações, que podem mascarar alterações em outros parâmetros de menor contribuição no cálculo final do índice (De Jesus Santos *et al.*, 2016).

CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que os ambientes aquáticos analisados ao longo da Rodovia Transamazônica (BR- 230) entre os municípios de Altamira, Brasil Novo e Medicilândia, apresentaram índice de qualidade da água classificado de boa a ótima qualidade. As variáveis limnológicas analisadas da maioria dos locais estão em conformidade com os parâmetros de qualidade de água doce de classe I e II estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Desta forma, esta caracterização, possibilitou identificar e avaliar aspectos físicos e químicos, disponibilizando dados que venham complementar as ferramentas que possam ser utilizadas em estudos de indicadores de qualidade ambiental.

Além disso, com trabalhos como este, é possível contribuir para planejamento de estratégias de manejo e conservação, além de que, possibilita compreender o funcionamento dos ambientes aquáticos, bem como informar a sociedade sobre a diversidade de organismos aquáticos que vivem dentro e fora desses locais, conscientizando sobre a preservação.

REFERÊNCIAS

ALLAN, J. DAVID; CASTILLO, MARÍ M. **Stream ecology: Structure and function of running waters**, Springer Nature, p. 135-161, 2021.

ALLAN, J. **Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems**. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, v. 35, p. 257-284, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Indicadores de Qualidade - **Índice de Qualidade das águas (IQA)**. Brasília: 2015. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>.

FARIA, A. P. J. *et al.* **Land use types determine environmental heterogeneity and aquatic insect diversity in Amazonian streams**. *Hydrobiologia*, p. 1-18, 2023.

ARANTES, J.O.; SANTOS, G.O. **Monitoramento qualitativo da água do Ribeirão Abóbora do município de Rio Verde Goiás, como instrumento de gestão de recursos hídricos**. *Tecnologia e Ambiente*, v. 26, p. 158-165, 2020. <<https://doi.org/10.18616/ta.v26i0.5899>>.

BAPTISTA, D. F. *et al.* **Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river**. *Rev Bras Biol* 61:295 – 394, 2001. <<https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000200012>>.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 357/2005, Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais no Brasil**. Governo Federal, Brasília. Publicada no DOU nº 92, de 13 de maio de 2011, seção 1, 89p.

BRASIL, Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução 403/2011, Enquadramento dos Emissários de Esgoto que são Lançados em Corpos Hídricos Superficiais no Brasil**. Governo Federal, Brasília. Publicada no DOU nº 92, de 13 de maio de 2011.

BRASIL, Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 maio. 2021. p. 127.

CLIMATE-DATA. ORG.2023. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/5069/>>. Acesso em: 19 abr.de 2023.

COUCEIRO, S. R. M. *et al.* **Trophic structure of macroinvertebrates in Amazonian streams impacted by anthropogenic siltation.** *Austral Ecology*, v. 36, n. 6, p. 628-637, 2011. <<https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2010.02198.x>>.

DE ARAÚJO, K. R. *et al.* **Carbon dioxide (CO₂) concentrations and emission in the newly constructed Belo Monte hydropower complex in the Xingu River, Amazonia.** *Biogeociências*, v. 16, n. 18, pág. 3527-3542, 2019. <<https://doi.org/10.5194/bg-16-3527-2019>>.

DE ARAUJO, P. L. **Relação entre a qualidade da água e o uso do solo em microbacias do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo-SP.** *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 15, n. 2018. Doi: <10.21168/reg.v15e2>.

DARWICH, A. J. *et al.* **Limnologia do Lago Tupé: dinâmica espaço-temporal do oxigênio dissolvido.** *BioTupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central.* INPA, Manaus, editora INPA, 35-67, 2005.

DE JESUS SANTOS, V.; OLIVEIRA, F. B. S.; PALMEIRA, E. S. **Contribuição individual dos parâmetros de qualidade da água para o Rio Cachoeira, Região Sul da Bahia.** *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 252-259, 2016. <https://doi.org/10.9771/gesta.v4i2.14886>.

DEGRANDE, E. J. S., FIRMINO, G. V., TORRES, M. A. N. **Dinâmica Fluvial e Caracterização Limnológica do Córrego do Cedro, Presidente Prudente-São Paulo/Brasil.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(04), 1851-1869, 2020.

DOS SANTOS FERREIRA, C., CUNHA-SANTINO, M. B. **Monitoramento da qualidade da água do rio monjolinho: a limnologia como uma ferramenta para a gestão ambiental.** *Revista de Estudos Ambientais*, 16(1), 27-37, 2015. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2014v16n1p27-37>.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.

ESTEVES, F. **Fundamentos de limnologia.** Interciência, 1998.

FOX, J & WEISBERG, S. **An R Companion to Applied Regression_, Third edition.** Sage, Thousand Oaks CA. <URL: <https://socialsciences.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion/>>. 2019.

JACKSON, D. A. **Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches.** *Ecology*, 74(8), 2204-2214, 1993. < <https://doi.org/10.2307/1939574>>.

KÖNIG, R. *et al.* **Qualidade das águas de igarapé da região norte do Rio Grande do Sul (Brasil) através de variáveis físicas, químicas e biológicas.** Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 3(1): 84-93, 2008.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology.** 3. ed. Amsterdam: Elsevier, 2012.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3ª. ed. Campinas: Átomo 494 p, 2010.

MONTEIRO, I. H. *et al.* **Avaliação físico-química e bacteriológica da água oferecida em bebedouros de instituições de ensino do município de Rio Casca – MG.** I Seminário Científico da FACIG – 29, 30 e 31 de outubro de 2015.

NASCIMENTO, A. C.; ARAÚJO, K.; DIAS-SILVA, K. **Variação espaço-temporal e correlatos das variáveis limnológicas do rio Xingu a montante da usina hidrelétrica de belo monte, Altamira-Pa.** ENCICLOPEDIA BIOSFERA, v. 18, n. 36, 2021.

OKSANEN, J. *et al.* **vegan: Community Ecology Package.** R package version 2.6-2. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>. 2022.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL <<https://www.R-project.org/>>.

RILEY, M. C. *et al.* **Análise da qualidade da água superficial das lagoas grande e salgada em feira de Santana-BA.** Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 44, p. 162-193, 2022.

SALOMÃO, R. D. P. *et al.* **As florestas de Belo Monte na grande curva do rio Xingu, Amazônia Oriental.** 2007. Disponível em: <https://repositorio.museu-goeldi.br/handle/mgoeldi/148>.

SIGG, L. Redox potential measurements in natural waters: significance, concepts and problems. **Redox: fundamentals, processes and applications**, p. 1-12, 2000.

SIOLI, H. The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin. In: _____. **The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types.** Springer Science & Business Media. p.127-165. 1984.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** Oficina de textos, 2016.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. Oficina de Textos, 2011.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. Academic Press, 2001.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. **Limnological analyses**. Springer Science & Business Media, 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 5. ed. New Jersey: Pearson, 2010

ANEXO

Anexo A: Valores individuais de cada uma das variáveis limnológicas em cada unidade amostral (UA).

UA	Ambiente	TEMP (°C)	pH	ORP (mV)	CE (µS/cm)	TURB (NTU)	OD (mg/L)	TDS (mg/L)
P8	IGARAPÉ	25,47	5,41	3,14	0,012	2,83	9,83	0,008
P9	LAGO	26,18	5,95	3,04	0,020	7,49	7,73	0,013
P10	IGARAPÉ	23,44	6,19	2,49	0,016	6,91	6,31	0,011
P11	LAGO	25,83	6,10	2,35	0,026	7,44	2,56	0,017
P12	LAGO	25,68	6,53	1,90	0,021	7,44	5,95	0,014
P14	IGARAPÉ	27,30	6,59	5,7	0,026	3,22	8,41	0,017
P15	LAGO	26,14	6,48	5,3	0,049	3,22	4,39	0,032
P16	LAGO	25,9	6,26	1,97	0,026	9,18	8,02	0,017
P17	LAGO	28,9	5,62	2,01	0,036	9,26	5,97	0,024
P18	IGARAPÉ	26,04	6,77	2,32	0,028	9,26	8,25	0,018
P19	LAGO	32,17	6,89	1,81	0,078	5,76	5,67	0,051
P20	LAGO	31,40	7,35	9,9	0,007	6,51	6,80	0,046
P21	LAGO	31,01	5,97	2,45	0,018	15,6	6,76	0,012
P22	LAGO	31,08	6,74	1,87	0,025	8,15	7,60	0,016
P23	LAGO	29,15	6,88	1,78	0,059	1,75	7,73	0,039
P24	LAGO	29,69	6,62	-33	0,099	8,19	3,10	0,064

Anexo A: Valores individuais de cada uma das variáveis limnológicas em cada unidade amostral (UA).

UA	Ambiente	TEMP (°C)	pH	ORP (mV)	CE (µS/cm)	TURB (NTU)	OD (mg/L)	TDS (mg/L)
P25	LAGO	30,52	7,10	1,70	0,087	2,99	6,06	0,057
P26	LAGO	30,37	7,08	2,68	0,059	1,37	8,10	0,039
P27	LAGO	29,01	6,23	2,27	0,045	6,47	4,17	0,029
P28	LAGO	26,55	6,03	2,9	0,075	4,59	8,85	0,049
P29	LAGO	24,51	7,05	8,1	0,046	4,98	7,06	0,030

Anexo B: Índice de qualidade da água para cada um dos locais.

Pontos	IQA	Classificação
P8	79,24	Boa
P9	80,23	Ótima
P10	79,57	Boa
P11	78,92	Boa
P12	77,44	Boa
P13	80,97	Ótima
P14	80,52	Ótima
P15	81,04	Ótima
P16	80,45	Ótima

Anexo B-continuação: Índice de qualidade da água para cada um dos locais

Pontos	IQA	Classificação
P17	80,71	Ótima
P18	81,34	Ótima
P19	79,92	Boa
P20	79,92	Boa
P21	81,02	Ótima
P22	79,40	Boa
P23	80,57	Ótima
P24	80,14	Ótima
P25	80,16	Ótima
P26	80,40	Ótima
P27	80,12	Ótima
P28	80,69	Ótima
P29	80,73	Ótima