



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DAS ÁGUAS  
BACHARELADO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**ANA CAROLINE BARBOSA DE CASTRO**

**DIATOMÁCEAS BIOINDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA NO LAGO  
JUÁ – SANTARÉM/PA**

**SANTARÉM – PA**

**2023**

**ANA CAROLINE BARBOSA DE CASTRO**

**DIATOMÁCEAS BIOINDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA NO LAGO  
JUÁ – SANTARÉM/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas.

Orientadora: Andreia Cavalcante Pereira

Coorientadora: Regiane Gabriele Rocha Vidal

**SANTARÉM – PA  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

- C355d Castro, Ana Caroline Barbosa de  
Diatomáceas bioindicadoras de qualidade da água no Lago do Juá – Santarém/PA./  
Ana Caroline Barbosa de Castro.- Santarém, 2023.  
69 p. : il.  
Inclui bibliografias.
- Orientadora: Andreia Cavalcante Pereira.  
Coorientadora: Regiane Gabriele Rocha Vidal.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará,  
Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, Bacharelado em Engenharia de Sanitária e Ambiental.
1. Bacillariophyceae. 2. Impactos antrópicos. 3. Indicadores biológicos. 4. Lagos de inunda-  
ção. 5. Recursos hídricos. I. Pereira, Andreia Cavalcante, *orient.* II. Vidal, Regi-  
ane Gabriele Rocha, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 579.85098115

---


**ANA CAROLINE BARBOSA DE CASTRO**

**DIATOMÁCEAS BIOINDICADORAS DE QUALIDADE DA ÁGUA NO LAGO  
JUÁ – SANTARÉM/PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental, para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas.


Conceito: Aprovada.

Data de Aprovação: 29/06/2023

Documento assinado digitalmente  
 ANDREIA CAVALCANTE PEREIRA  
Data: 10/07/2023 10:16:40-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Profa. Dra. Andreia Cavalcante Pereira – Orientadora  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente  
 REGIANE GABRIELE ROCHA VIDAL  
Data: 07/07/2023 21:08:51-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Msc. Regiane Gabriele Rocha Vidal – Coorientadora  
Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento

Documento assinado digitalmente  
 ISRAEL NUNES HENRIQUE  
Data: 10/07/2023 08:30:52-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Israel Nunes Henrique  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Documento assinado digitalmente  
 MAXWELL BARBOSA DE SANTANA  
Data: 08/07/2023 08:36:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Maxwell Barbosa de Santana  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Trabalho dedicado aos pesquisadores da  
Amazônia.

## **Agradecimentos**

Primeiramente, agradecer a Deus por escutar todas as minhas orações, aquelas em momentos de desespero, mas principalmente as que eu fiz agradecendo as graças que me foram concedidas. Foram momentos de muita provação, dúvidas e sacrifícios, mas o Senhor me levantou e me conduziu, foi tudo para honra e glória do Teu nome.

À Universidade Federal do Oeste do Pará, que foi minha casa durante esses 6 anos, onde saio daqui com duas graduações. Por toda a infraestrutura, em especial a todos os professores pelo conhecimento e suporte repassado, eu tive os melhores.

À minha orientadora por me receber como orientanda, me dá todo suporte e infraestrutura, por aceitar esse desafio em uma área diferente, por dedicar o seu tempo a me ensinar e por todo incentivo e inspiração.

À minha coorientadora e agora amiga, obrigada por ser a primeira a me dá uma oportunidade na área científica, pela paciência, por todo ralhó e cobrança, pelo acolhimento e empatia, saiba que se eu cheguei até aqui, foi por você, que não me deixou desistir, todo o nosso trabalho foi uma via de mão dupla, tens a minha gratidão.

Ao Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Algas, pelo suporte em todas as etapas, desde a coleta até as identificações das diatomáceas. Em especial as minhas amigas: Luana, Luanna, Jannah e Talia pelo apoio nos dias de coleta, oxidação de amostras, identificação e pranchas, vocês são nota 1000.

Ao Laboratório de Biologia Ambiental, pelas análises de nutrientes concedidas. Em especial aos amigos Camila, Gabriel e Marcelia.

Sou imensamente e incondicionalmente grata aos meus pais, por nunca duvidarem do meu potencial, por sempre estarem presentes e por me darem a opção de ser livre. Obrigada mãe, por me dá um banho de Coca-Cola quando recebemos a notícia de que eu tinha passado na universidade. Vocês fizeram o que podiam e fizeram o melhor, amo vocês.

Agradeço aos meus avós paternos Antônio e Raimunda (in memoriam), por estarem presentes na minha criação e me amarem. Aos meus avós maternos Ruth (Sarita) e José Luiz (in memoriam), obrigado por serem seres de luz que me guiam e me acompanham desde sempre.

Um agradecimento especial a minha querida Tia Fafá e ao meu Tio Toni (in memoriam), por me apoiarem nos estudos, por me incentivarem a voar alto e me proporcionarem a minha primeira aventura: morar em Salvador – BA, eu amo vocês.

À minha irmã gêmea de coração Alessandra Leal, por ser minha amiga, professora e orientadora muitas vezes, por sempre estar comigo, meu muito obrigada. Aos meus amigos de sempre e para sempre Adrison Freire e Rafael Serique, obrigada por serem tão maravilhosos e apocalípticos.

As minhas amigas Adria Lira e Cristiane Neves que foram meu porto seguro em todos os momentos, vocês me completam e me inspiram a ser uma pessoa melhor, porque vocês são mulheres incríveis.

As minhas amigas de faculdade, Regiane Nascimento e Karida Cruz, por todos os trabalhos, aulas de campo, praticas em laboratórios e vários momentos compartilhados. Eu não teria aprendido, ensinado e me inspirado sem vocês ao meu lado.

As Princesas da minha vida: Beatriz, Fernanda, Francielle, Jeyssa, Mayara e Rhana, vocês são a minha dose de alegria diária, para mim vocês são exemplos de empatia, respeito, determinação e amizade, obrigada por essa parceria que percorre o Brasil, amo vocês.

A ENACTUS UFOPA, agradeço por mostrar que eu posso ser a mudança que eu quero ver no mundo, que se eu tiver medo, eu posso ir com medo mesmo e que eu sou dona da minha história. Aos queridos amigos e líderes do futuro: Ildson, Maicon, Maxan, Marlon e Ozenilma, foi um prazer trilhar essa jornada com vocês.

A empresa júnior do meu curso: ESAM Jr, obrigada por me deixar ser a primeira Ana na empresa, por me apresentar o mundo empresarial envolvendo a minha área profissional, por ter esse contato direto com projetos, laboratórios e clientes, vocês são gigantes e merecem alcançar o alto Impacto. Agradeço a empresa em nome dos meus companheiros dedicados: Diana, Daniel, Luís, Lucia e todos membros, sintam-se abraçados.

A todos, todas e todes, que direta ou indiretamente me fizeram chegar até aqui, agradeço por todo apoio e consideração. Finalmente, terminou.

*“Eu adoro ver uma garota jovem sair por aí, e agarrar o mundo pelos colarinhos. A vida é uma megera, e vocês tem que sair lá fora, e quebrar tudo.” (Maya Angelou)*

## RESUMO

A Amazônia é internacionalmente conhecida pela grande diversidade biológica, paisagens e ecossistemas florestais e fluviais. Dentre as suas cidades estratégicas, Santarém-PA, fica situada na confluência entre os rios Tapajós e Amazonas, e passou por mudanças nas suas estruturas físicas e teve suas relações sociais e econômicas fortemente associadas com o ambiente fluvial. Com isso, o gerenciamento e o monitoramento de recursos hídricos para evitar danos ambientais, promover a sustentabilidade e manter um equilíbrio, torna-se necessário para o desenvolvimento econômico e disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade. As diatomáceas, são algas que ocorrem em todos os meios aquáticos e vêm apresentando notoriedade como indicadores biológicos por sua elevada riqueza de espécies e, capacidade de responder rapidamente às alterações hídricas. Diante disso, o objetivo deste estudo foi indicar quais espécies de diatomáceas presentes no sedimento do lago do Juá podem ser utilizadas para avaliação de qualidade de água. As coletas foram realizadas em cinco estações amostrais nos meses de janeiro (enchente), abril (águas altas), julho (vazante) e outubro (águas baixas) de 2021. As diatomáceas bentônicas foram obtidas através de um coletor específico e fixadas com formol a 4%. Concomitante, foram obtidas as variáveis abióticas (física, química e nutrientes) de acordo com Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. As amostras foram submetidas à oxidação para eliminação de matéria orgânica para montagem de lâminas permanentes. As identificações dos táxons foram realizadas por meio das literaturas clássicas. Para determinar as abundâncias relativas dos táxons encontrados, foram contadas no mínimo 400 valvas e expressas como abundâncias relativas. A diversidade foi expressa como riqueza e índice de diversidade Shannon ( $H'$ ). Com base na presença e ausência dos táxons, foi calculado o índice de constância. O grau de associação da comunidade foi verificado através da Análise de Correspondência Canônica (CCA). Os dados físico-químicos foram analisados por meio de estatística descritiva exploratória, análise de variância e Análise de Componentes Principais. foram identificados 177 táxons pertencentes a 32 gêneros. Os gêneros mais representativos foram *Eunotia* Ehrenberg (28%), *Pinnularia* Ehrenberg (18%), *Surirella* Turpin (7%), *Frustulia* Rabenhorst (5%). O menor valor de riqueza registrado foi de 32 espécies na estação E2 JUL correspondente a vazante e o maior de 75 espécies na E5 ABR correspondente a águas altas. Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener variaram entre 2,26 a 3,34. A frequência de ocorrência das espécies apresentou porcentagem de espécies raras (37%), esporádicas (31%), frequentes (19%) e constantes (13%). As agressões que o Lago do Juá vem sofrendo ao longo de sua extensão estão ocasionando uma drástica descaracterização da paisagem, por conta dos processos de expansão territorial. O presente estudo vem ser pioneiro no estado do Pará por abordar informações ecológicas de um grupo que são excelentes bioindicadores ambientais e vem apresentar informações ecológicas que sinalizam a necessidade de biomonitoramento, que será capaz de contribuir com proposição de medidas de preservação e recuperação de ambientes que sofreram ou estão sujeitos as ações antrópicas.

Palavras-chave: Bacillariophyceae, Impactos antrópicos, Indicadores biológicos, Lagos de inundação, Recursos hídricos.

## ABSTRACT

The Amazon is internationally known for the biological, landscapes, forest, and river ecosystems' diversity. Between its strategic cities, Santarém/Pará stays in between the confluence of Tapajós and Amazonas rivers and passed through physical structure changes and had its social and economic relations strongly associated with the river environment. With that, the management and monitoring of the water resources to avoid environmental damages, promote sustainability and to keep balance becomes necessary for the economic development of and water availability in quantity and quality. The diatoms are seaweed that flock in all aquatic environments and have been presenting notoriety as biological indicators for the high richness of species and capacity to fastly answer the water alterations. Because of that, this study's goal is to indicate what diatoms species that resides in lake Juá's sediment can be used for the quality's evaluation of the water. The collections were made in five samples' stations in January (flood), April (high waters), July (ebb) and October (low waters) of 2021. The benthic diatoms were obtained through a specific collector and fixated with formaldehyde at 4%. Concurrently, the abiotic variables were obtained (physically, chemically and nutrients) through Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The samples were submitted to oxidation for the elimination of organic matter to the mounting of permanent blades. The taxon identifications were made through classical literature. To determine the relative abundance of the found taxon, were counted at least 400 valves, and expressed as relative abundances. The diversity was expressed as richness and diversity Shannon (H') index. Based on the presence and abstention of taxon, the consistency index was calculated. The association degree was verified through the Canon Correspondence Analysis (CCA). The physical and chemical data were analyzed through exploratory descriptive statistics, variance analysis and Main Components Analysis. There were identified 177 taxon of 32 gender. The most representative gender was *Eunotia* Ehrenberg (28%), *Pinnularia* Ehrenberg (18%), *Surirella* Turpin (7%), *Frustulia* Rabenhorst (5%). The lowest value of richness recorded was 32 species on E2 JUL station, corresponding to the ebb and the biggest was of 75 species on E5 ABR station, corresponding to the high waters. The Shannon-Wiener index values varied between 2,26 to 3,34. The frequency occurrence of the species presented a percentage of rare species (37%), sporadic (31%), frequent (19%) and constant (13%). The aggressions that lake's Juá has been suffering along its length are causing a drastic mischaracterization of the landscape, due to the processes of territorial expansion. The present study is a pioneer in the state of Pará by addressing ecological information from a group that are excellent environmental bioindicators and comes to present ecological information that signals the need for biomonitoring, which will be able to contribute to the proposition of measures for the preservation and recovery of environments that suffered or are subject to anthropic actions.

Key-words: Anthropogenic impacts, Bacillariophyceae, Biological indicators, Flood lakes, Water resources.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1. As transformações do espaço urbano e ambiental no município de Santarém	12
<b>Erro! Indicador não definido.</b>	
1.2. Monitoramento e avaliação da qualidade da água	14
1.3. As diatomáceas e sua utilização para avaliação de qualidade da água	16
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
2.1. Geral	18
2.2. Específicos	18
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>19</b>
3.1. Área de estudo: Lago do Juá	19
3.2. Estações amostrais e suas características	20
3.3. Amostragem	22
3.4. Preparação de amostras e lâminas permanentes	23
3.5. Análise de dados bióticos	23
3.6. Análise de dados abióticos	24
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>24</b>
4.1. Análises físico-químicas	24
4.2. Análises das diatomáceas encontradas	40
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>50</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>59</b>

## INTRODUÇÃO

### 1.1. As transformações do espaço urbano e ambiental no município de Santarém

A Amazônia é internacionalmente conhecida pela grande diversidade biológica, paisagens e ecossistemas florestais e fluviais de reconhecida importância estratégica para o desenvolvimento nacional (Brasil, 2012). Considerando que sua dimensão geográfica tem sido foco de atenção desde quando os primeiros colonizadores navegaram nos diferentes tipos de águas presentes nesta região, por apresentarem uma elevada riqueza biológica, que em parte ainda é desconhecida e com poucos estudos visando os conhecimentos taxonômicos e ecológicos de determinados grupos biológicos, em especial as microalgas.

Considerando a sua importância significativa nos ambientes aquáticos, esta diversidade vem sendo constantemente ameaçada pelos processos de exploração, como desmatamento, poluição, e outras atividades que geram degradações ambientais severas (Alexim e Lopes, 2022; Brasil et al. 2022, Moi et. al. 2022; dos Santos Lopes et al. 2023).

Em contrapartida, deve-se considerar que a utilização de recursos naturais por empresas e pessoas transforma lugares em pontos de referência estratégica econômica, tornando as cidades e/ou regiões em espaços formadores de opinião. Dos pequenos aos grandes centros urbanos, o fluxo de pessoas, mercadorias, informações, decisões políticas, investimentos e a posição geográfica favorável são alguns fatores que movem a economia (Pereira, 2004). Diante disso, a Amazônia brasileira é um exemplo da expansão territorial de forma estratégica (Brasil, 2015).

Dentre as cidades estratégicas da Amazônia, a cidade de Santarém, figura na hierarquia urbana como condição de cidade mais importante da mesorregião do Baixo Amazonas. Posição construída ao longo de anos principalmente por sua navegabilidade hidrográfica situada na confluência entre os rios Tapajós e Amazonas, entre Belém (PA) e Manaus (AM) e devido aos chamados ciclos econômicos (Amorim, 2000; Santana, 2022). Dessa forma, desde sua origem, Santarém passou por mudanças nas suas estruturas físicas e teve suas relações sociais e econômicas fortemente associadas com o ambiente fluvial (Cardoso et al., 2017; Gomes et al., 2017).

Todas essas mudanças que vêm ocorrendo na paisagem urbana e na paisagem natural da cidade de Santarém, desconsideram políticas e ações que tenham como ponto de partida o uso e a ocupação adequada da bacia hidrográfica local. Mello (2008), descreve que bacia hidrográfica é toda região de captação de água precipitada na terra e que tem

como destino final um canal principal e seus afluentes, sendo condicionada por diversas dinâmicas naturais e de intervenção humana. Os corpos d'água superficiais, como lagos, lagoas e reservatórios artificiais, que possuem a característica de acumulação e deposição de sedimentos, e por serem ambientes lânticos, tendem a serem mais vulneráveis aos efeitos de processos erosivos, infiltrações naturais e retirada da vegetação em função da ocupação desta bacia hidrográfica (Mello, 2008). Vale salientar que os cursos d'água e áreas no entorno de lagos e lagoas são consideradas Áreas de Preservação Permanente - APP, de acordo com a Lei Florestal de Nº 12.651/2012.

No entanto, as ocupações nesses espaços ambientalmente protegidos têm gerado intensos debates, uma vez que há o impedimento de ocupar esses locais segundo a Lei 4.771/65, descritas no artigo 2º e 3º do Código Florestal. No entanto, em razão da crescente urbanização e especulação financeira para fins lucrativos, as pessoas encontram nesse tipo de lugar a única chance de ter o direito à moradia, mesmo que as construções nas faixas marginais dos cursos d'águas sejam inteiramente precárias.

Outro desafio que possui relação direta com o desmatamento e ocupação destes territórios são as mudanças climáticas. Santarém tem incidência de desastres naturais relacionados aos níveis de precipitação hídrica e inundações, assim como os desastres relacionados à diminuição de precipitações (Defesa Civil, 2015). Uma das consequências dessa variação é a mudança da distribuição geográfica, padrões de migração e outras interações de espécies terrestres e aquáticas. E de acordo com a Agenda 2030, a redução do desmatamento das florestas é uma questão urgente para a regulação do clima e do impacto na diversidade cultural e biológica (Brasil, 2022).

Diante desses impactos ambientais e urbanos delicados para a sociedade, essas mudanças não planejadas podem causar transformações imediatas ou de médio à longo prazo sobre a natureza da bacia hidrográfica, repercutindo sobre o bem-estar da população e a qualidade da água (Araújo et al., 2013). Com isso, o gerenciamento e o monitoramento de recursos hídricos para evitar danos ambientais, promover a sustentabilidade e manter um equilíbrio, torna-se necessário para o desenvolvimento econômico e disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade, uma vez que a crise da biodiversidade ou a rápida perda de espécies e a degradação dos ecossistemas é provavelmente uma ameaça maior do que a mudança climática global (University of Copenhagen, 2012; Brasil, 2022).

## 1.2. Monitoramento e avaliação da qualidade da água

A água é o principal recurso de sobrevivência das espécies e a variação da qualidade está diretamente relacionada ao seu uso (Monte et al., 2021). Esse recurso está comprometido em quase todo mundo, devido a degradação do meio ambiente urbano, industrial e agrícola. Regiões onde a densidade populacional é acentuada, os problemas como desmatamento, poluição e uso indevido do solo, acabam gerando modificações nas estruturas física, química e biológica dos cursos d'água (Pimentel et al., 2019).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem suas principais características conforme mencionado na Tabela 1, de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011 que dispõe padrões e procedimentos de controle, tanto para consumo humano, quanto para lançamento de efluentes em corpos d'água.

Tabela 1: Parâmetros de Qualidade da Água de acordo com a Resolução CONAMA 430/2011.

<b>Físicos</b>	<b>Químicos</b>	<b>Biológicos</b>
Cor; Turbidez; Sabor; Odor; Temperatura.	pH; Alcalinidade; Acidez, Dureza, ferro, manganês, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, micropoluentes orgânicos e inorgânicos.	Organismos indicadores, algas, bactérias.

Fonte: Resolução CONAMA 430/2011.

Todos esses parâmetros têm como objetivo analisar a relação entre os fatores abióticos e bióticos no meio ambiente. Essa ligação é o que determina a escala, estrutura e funcionamento da comunidade viva, e a presença de equilíbrio ou ausência do mesmo pode definir o nível de qualidade da água (Perez et. al, 2017). Schuch et. al (2012), pontuam que a avaliação da qualidade da água levando em consideração as alterações das variáveis físicas e químicas, proporcionam uma análise rápida do momento atual daquele ambiente, porém limitada, das condições aquáticas. O que reforça a integração da utilização de comunidades biológicas, que oferecem um panorama de efeitos ambientais ocorridos em intervalos de tempo maiores.

O uso de indicadores biológicos para avaliação da qualidade das águas é sustentado pela Lei 9433/97, que fala da Política Nacional de Recursos Hídricos e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Brasil, 1997), que tem como um de seus objetivos:

“Considerar que a saúde e o bem-estar humanos, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados como consequência da deterioração da qualidade das águas.”

Os ecossistemas aquáticos têm sido alterados de formas significativas e trazem uma desestruturação do ambiente físico-químico e na dinâmica natural das comunidades biológicas.

A expansão das cidades sem planejamento, por exemplo, surge causando um desequilíbrio principalmente nos sistemas aquáticos, como a eutrofização relacionada ao despejo de esgoto sem tratamento e resíduos sólidos depositados em locais inadequados. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), o município de Santarém – PA, aparece na 97ª posição do Ranking de Saneamento Básico do Brasil, como uma das piores cidades que não possuem acesso à água potável, não possuem coleta e nem tratam esgoto de forma adequada no país.

Toda essa influência antrópica desregula o ambiente, aumentando as concentrações de elementos químicos como o fósforo (P) e o nitrogênio (N), que quando presentes no ecossistema aquático, podem apresentar diversas formas. Esses fatores podem estimular o surgimento de um ambiente eutrófico, causando por exemplo florações de algas tóxicas que liberam toxinas e colocam em risco a saúde humana (Monte et al., 2021). Sá et al. (2010), relataram essas florações em alguns pontos do Rio Tapajós, e afirmam que estas podem afetar a saúde sendo por contato direto através das atividades de lazer ou pela ingestão, sendo a última, o principal meio de intoxicação. Além deste, um estudo de qualidade das águas urbanas e periurbanas da cidade de Santarém identificou concentrações de fósforo e coliformes termotolerantes fora dos padrões da Resolução CONAMA 357/2005. A degradação ambiental é contínua devido ao lançamento frequente de efluentes domésticos, esgotos clandestinos e a ausência de gerenciamento dos resíduos sólidos em comum nos pontos coletados (Melo et al., 2020).

Com o intuito de proteger e preservar a vida nos ecossistemas, a União Europeia incluiu no “Water Framework Directory”, a investigação de determinadas comunidades biológicas como bioindicadores para fazer a avaliação do status ecológico em corpos hídricos. Dentre esses, os organismos planctônicos como o fitoplâncton, macroalgas, macroinvertebrados e os peixes (Ar Gall et al., 2016). As algas são organismos

necessariamente aquáticos e tiram todos os nutrientes que precisam do meio onde estão. E apesar de apresentarem pontos em comum, possuem características próprias, podendo indicar diferentes alterações que os poluentes podem ocasionar aos corpos hídricos (Shoubaky, 2013)

As diatomáceas vêm apresentando notoriedade como indicadores biológicos devido apresentarem grupo de organismos fotossintetizantes presentes em todos os tipos de ambientes, com elevada riqueza de espécies e, respondem rapidamente às alterações das características da água (Felisberto e Rodrigues, 2012).

### 1.3. As diatomáceas e sua utilização para avaliação de qualidade da água

As diatomáceas são algas unicelulares que podem ocorrer nos mais diversos ambientes úmidos e aquáticos. Podem ter formas de vida planctônicas (flutuam na coluna de água) ou bentônicas (agarrada ou associadas a um substrato) (Gomes, 2014). As células apresentam padrões variados de forma e tamanho, a maioria desses organismos são autotróficos e alguns apresentam características autotróficas e heterotróficas, como por exemplo *Navicula* e *Melosira* (Nardelli et. al, 2021).

A principal característica morfológica é a parede celular impregnada de sílica, envolvida por uma fina camada de matéria orgânica, conhecida como frústula. É diferenciada e ornamentada por diferentes tipos de estruturas, e sempre dividida em duas metades: a epiteca dividida em epivalva e epicíngulo, e a hipoteca dividida em hipovalva e hipocíngulo. Por isso, essa variedade de estruturas e projeções, são a base da taxonomia das diatomáceas (Round et al., 1990; Franceschini et. al, 2012).

As diatomáceas são reconhecidas mundialmente como indicadores de poluição orgânica e eutrofização, além de possuírem ciclo de vida curto e diversidade ao longo de todo o corpo hídrico, apresentam também sensibilidade a alterações e distúrbios ambientais nas características físicas, químicas e biológicas e, por isso, respondem rapidamente à estas condições (Rangel et al., 2017, Farias et al. 2019).

Dessa forma, utilizando os métodos biológicos para o monitoramento da qualidade da água, como a utilização do perifíton, uma complexa comunidade de microrganismos (algas, bactérias, fungos e animais), detritos orgânicos e inorgânicos aderidos a substratos inorgânicos ou orgânicos, vivos ou mortos (Wetzel, 1983).

Com isso, obtêm-se a vantagem de adquirir informações de efeitos ambientais prolongados, significando que são capazes de refletir estados que não existem naquele

momento, porém, tiveram sua origem no processo de maturação da comunidade biológica (Burliga, Schwarzbald e Torgan, 2016).

No Brasil, a comunidade perifítica vem sendo bastante utilizada como indicadora de qualidade da água e dentre os microrganismos, se destacam as diatomáceas. O estudo pioneiro no Brasil buscando classificar as diatomáceas quanto a sua tolerância à poluição orgânica foi realizado por Lobo et al. (1996), com a proposição de um sistema de sapróbios adaptado aos rios do sul do país, baseado na classificação proposta por Kobayasi e Mayama (1989). Posteriormente Lobo et al. (2002) em função de baixas densidades de diatomáceas sensíveis à poluição em seu estudo de 1996, analisou novas amostras e chamou atenção para os riscos da utilização direta de sistemas elaborados para outras regiões. Neste estudo, realizado na bacia do rio Gravataí – RS, onde as espécies encontradas eram associadas aos parâmetros físicos – químicos, foram identificadas espécies tolerantes a poluição como *Luticola goeppertiana* e *Sellaphora pupula*, ambas com maior densidade na faixa eutrofizada, onde ocorrem despejos de águas residuárias domésticas e industriais. E assim em Lobo et al. (2004a) foi desenvolvido o primeiro Índice Biológico de Qualidade da Água (IBQA), com propriedade para indicar espécies características de águas de baixa qualidade de água, com grandes quantidades de poluição orgânica e carga excessiva de nutrientes.

No estudo de Farias et. al (2019), buscou-se analisar a distribuição, riqueza e abundância das diatomáceas nos rios Prainha e Uraim no município de Paragominas-PA, nos períodos chuvoso e seco. Dentre os gêneros presentes, foram identificados: *Navícula*, gênero associado à poluição orgânica, e citado como indicador de crescimento urbano (Guiry in Guiry, 2018), e os gêneros *Aulacoseira* e *Fragilaria*, extremamente sensíveis a diminuição ou falta de nutrientes (Guiry in Guiry, 2022).

Por sua vez, os enfoques dos estudos referentes à avaliação da qualidade da água de rios e arroios utilizando diatomáceas, podem ser divididos em quatro categorias: índices bióticos, análises multivariadas, índices de diversidade e análise da relação abundância-espécies (Lobo et al., 1995a). Para isso, destaca-se a utilização de comunidades biológicas para avaliar as condições ambientais dos sistemas lóticos, onde as espécies de algas diatomáceas respondem prontamente às mudanças do meio, funcionando como sensores das variáveis ambientais (Cetto et. al, 2004).

Através do monitoramento biológico é possível avaliar as respostas das comunidades frente às modificações ambientais, considerando-se os limites de tolerância de cada espécie em decorrência das alterações ambientais nos ecossistemas (Dupont et al., 2015).

Para sistemas lóticos subtropicais e temperados brasileiros, o Índice Trófico da Qualidade da Água (ITQA), foi desenvolvido por Lobo et al. (2015) e atribuí às espécies de algas diatomáceas epilíticas valores tróficos iguais a 1, 2, 4 e 5, correspondentes a níveis de tolerância à eutrofização das espécies definidas como baixo, médio e alto, respectivamente (Etges; Lobo; Machado, 2020).

Um estudo realizado no período de setembro/2017 a junho/2018, demonstrou que as nascentes monitoradas na Bacia do Arroio Andréas, Município de Vera Cruz, RS, apresentaram um valor médio ( $\pm$  desvio-padrão) para o Índice Trófico de Qualidade da Água (ITQA), de  $2,05 \pm 0,06$ , classificando-as como ambientes de poluição moderada. Apresentando cinco espécies abundantes que mostraram níveis de tolerância elevados à poluição orgânica e eutrofização: *Luticola goeppertiana*, *L. simplex*, *Navicula cruxmeridionalis*, *Nitzschia palea* e *Sellaphora auldreekie* (Etges; Lobo; Machado, 2020).

Na cidade de Santarém – PA, no igarapé do Urumari, outra pesquisa identificou diatomáceas tolerantes à poluição, sendo os gêneros *Nitzschia* e *Navicula*, indicando que nesse igarapé existe um grau de poluição orgânica, ocasionado pela perda de mata ciliar, assoreamento e erosão ao longo do seu curso (Vidal, 2019).

Segundo Farias et al (2019), devido a sensibilidade das diatomáceas as alterações ambientais, juntamente com as problematizações citadas acima e a vertente de que há um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tragam cada vez mais informações, de forma sistemática e acessível para tomadas de decisões, essa pesquisa irá analisar dados obtidos na sazonalidade do ciclo hidrológico da referida região, com o intuito de avaliar a qualidade da água no Lago do Juá, utilizando as diatomáceas como possíveis bioindicadores.

## **OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Indicar quais espécies de diatomáceas presentes no sedimento do lago do Juá podem ser utilizadas para avaliação de qualidade de água.

### **2.2. Específicos**

1. Listar as diatomáceas encontradas no sedimento do lago do Juá;

2. Acessar a estrutura das assembleias de diatomáceas presentes no sedimento através de medidas de abundância relativa e índices de diversidade;
3. Investigar a existência de um gradiente temporal e espacial de deterioração da qualidade da água do lago do Juá com base em parâmetro físico-químicos;
4. Investigar e descrever a relação entre os atributos das assembléias de diatomáceas presentes no sedimento e as variáveis físico-químicas mensuradas no lago do Juá;
5. Indicar quais espécies ou grupo de espécies podem ser indicadoras de qualidade de água do lago do Juá.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

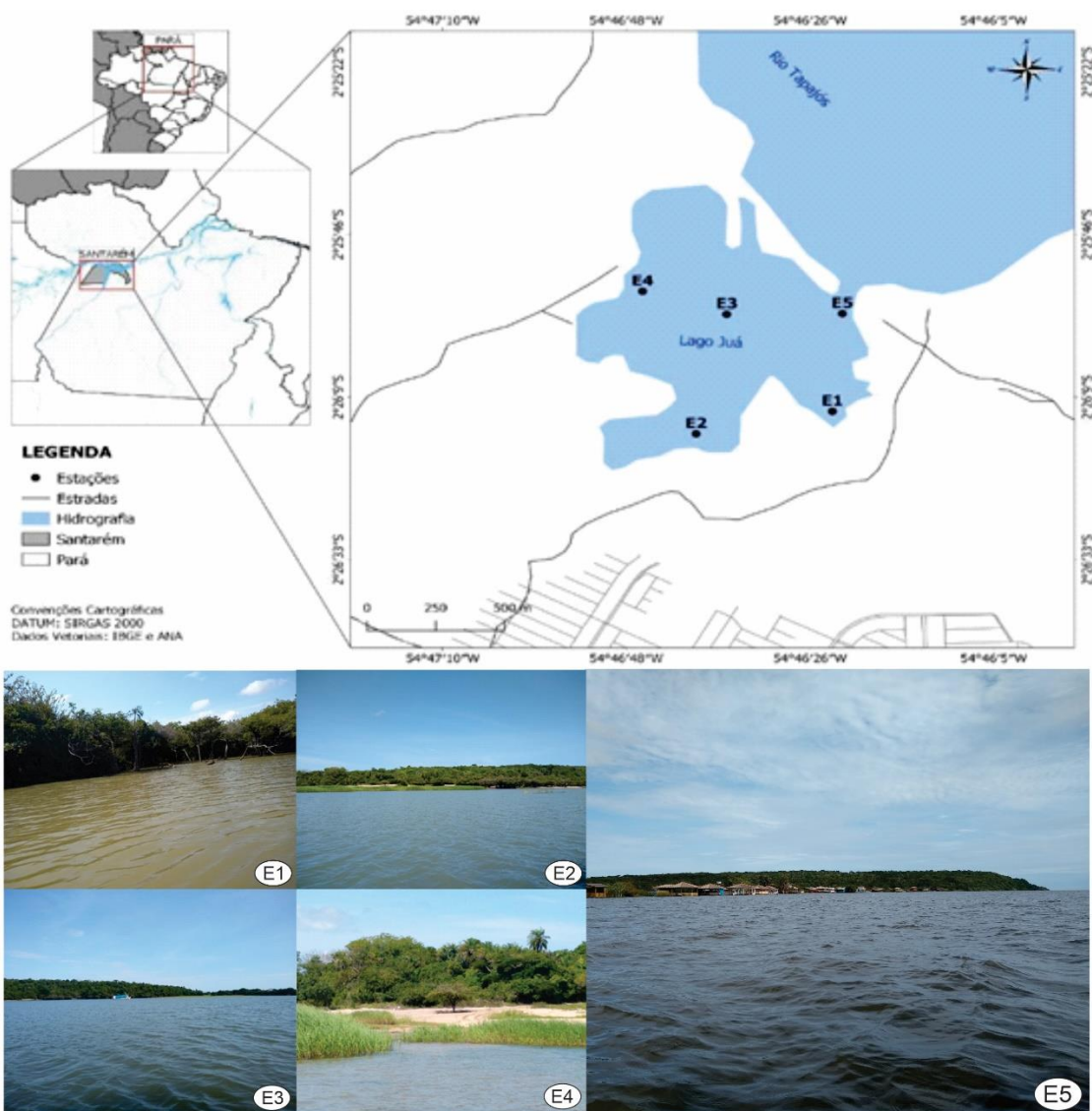
### 1.4. Área de estudo: Lago do Juá

O Lago do Juá (2°26'03" S – 54°46'23" W), está localizado de maneira transversal na zona oeste da cidade de Santarém, Estado do Pará, às proximidades do aeroporto da cidade, escola técnica, empreendimento comercial (Figura 1). Em sua proximidade, encontra-se o bairro Vista Alegre do Juá que foi iniciada em meados de 2010 por famílias sem moradias próprias e organizadas em um movimento denominado Movimento de Luta por Trabalho e Moradia. A ocupação se deu em uma área caracterizada por não possuir função social, localizada às margens da Rodovia Engenheiro Fernando Guilhon e nas proximidades do Lago do Juá, com intuito de formar um novo bairro (Cardoso, 2017).

O lago do Juá está sujeito à flutuação média anual do nível das águas do rio Tapajós (em torno de cinco a seis metros) durante o período de águas altas, que se configura geralmente entre maio e junho, e menores níveis fluviais entre os meses de outubro e novembro. Também pode sofrer forte influência de águas-brancas ricas em água suspensa devido ao refluxo do rio Amazonas (Vieira et al. 2022).

De acordo com Lopes (2016) este ambiente apresenta solo arenoso e a vegetação característica de cerrado e savana amazônica. A área apresenta florestas de terra firme e uma extensa planície inundável, sendo que alguns trechos foram severamente desmatados para a implantação de empreendimentos habitacionais, comerciais e ocupações irregulares.

Figura 1: Área das estações amostrais no Lago do Juá, Santarém, PA: E1 - Margem direita do lago; E2 - Canal próximo à desembocadura do igarapé do Cucurunã; E3 - Centro do lago; E4 - Próximo à galeria de escoamento das águas pluviais da pista do aeroporto e E5 - Canal de desembocadura do lago para o rio Tapajós.



Fonte: Mapa: Luan Imbiriba; Fotos: Ana Castro e Gabriele Vidal.

### 1.5. Estações amostrais e suas características

No âmbito do projeto, foram realizadas quatro campanhas amostrais em 2021, englobando os períodos de águas baixas (outubro), enchente (janeiro), águas altas (abril) e vazante (julho), e distribuídas em cinco estações ao longo do Lago do Juá, totalizando 18 amostras obtidas (Figura 1, Tabela 2). O mês de abril, não foi possível a realização de

coleta de amostras nas E1 e E4, devido ao ambiente ter apresentado sedimento de forma arenosa resultando em não colonização de diatomáceas.

Tabela 2: Estações amostrais, datas de coleta, coordenadas geográficas e número de tombamento no herbário de Santarém.

<b>Estações</b>	<b>Data de coleta</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Tombamento</b>
<b>E1</b>	27/01/2021	S:02°26'12.3" W:054°46'23.4"	HSTM- Algas016616
<b>E2</b>		S:02°26'14.4" W:054°46'39.8"	HSTM- Algas016619
<b>E3</b>		S:02°25'57.2" W:054°46'36.2"	HSTM- Algas016622
<b>E4</b>		S:02°25'53.9" W:054°46'46.1"	HSTM- Algas016625
<b>E5</b>		S:02°25'57.1 W:054°46'22.6"	HSTM- Algas016628
<b>E2</b>	27/04/2021	S:02°26'14.4" W:054°46'39.8"	HSTM- Algas016664
<b>E3</b>		S:02°25'57.2" W:054°46'36.2"	HSTM- Algas016667
<b>E5</b>		S:02°25'57.1 W:054°46'22.6"	HSTM- Algas016672
<b>E1</b>	28/07/2021	S:02°26'12.3" W:054°46'23.4"	HSTM- Algas016704
<b>E2</b>		S:02°26'14.4" W:054°46'39.8"	HSTM- Algas016707
<b>E3</b>		S:02°25'57.2" W:054°46'36.2"	HSTM- Algas016710
<b>E4</b>		S:02°25'53.9" W:054°46'46.1"	HSTM- Algas016713
<b>E5</b>		S:02°25'57.1 W:054°46'22.6"	HSTM- Algas016716
<b>E1</b>	21/10/2021	S:02°26'12.3" W:054°46'23.4"	HSTM- Algas016747
<b>E2</b>		S:02°26'14.4" W:054°46'39.8"	HSTM- Algas016750
<b>E3</b>		S:02°25'57.2" W:054°46'36.2"	HSTM- Algas016753
<b>E4</b>		S:02°25'53.9" W:054°46'46.1"	HSTM- Algas016755
<b>E5</b>		S:02°25'57.1 W:054°46'22.6"	HSTM- Algas016758

Fonte: Autor (2023).

- Estação 1 – E1: Margem direita do lago (próximo aos empreendimentos)

Um dos problemas destacados pelos moradores da área nesta estação de coleta é a presença de desmatamento para a instalação de empreendimentos imobiliários, como exemplos as obras de construção do Residencial Salvação, do Rio Tapajós Shopping e do Residencial Cidade Jardim - Buriti, que estão facilitando o assoreamento do lago, lançando efluentes urbanos, causando eutrofização e interferindo na qualidade da água (Cardoso, 2017).

- Estação 2 – E2: Canal próximo à desembocadura do igarapé do Cucurunã

O igarapé do Cucurunã sofreu algumas alterações no ano de 2016, quando houve a supressão da vegetação local e o barramento para utilização do igarapé como um balneário, fiscalizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente - SEMMA, e essas alterações foram identificadas na Comunidade do Eixo Forte, às margens da Rodovia Everaldo Martins (G1, 2016).

- Estação 3 – E3: Centro do lago

A região central do lago é o local em que menos observamos a presença de plantas aquáticas.

- Estação 4 – E4: Próximo à galeria de escoamento das águas pluviais da pista do aeroporto

De acordo com Cardoso et al (2020), moradores da comunidade do Juá relataram que desde a construção do Aeroporto de Santarém, a desembocadura da galeria de drenagem pluvial vem intensificando o assoreamento do lago a cada período de chuva, facilitando o escoamento de efluentes, alterando a estética da água e influenciando na oferta de peixes.

- Estação 5 – E5: Canal de desembocadura do lago para o rio Tapajós.

É um canal de transição entre o lago e o rio, também é uma área de balneário, onde existem barracas de comerciantes e presença de embarcações utilizadas para a atividade de pesca e de pessoas para fins recreativos. Nesse ponto de coleta, o sedimento presente é bastante arenoso (Cardoso e Andreote, 2016).

## 1.6. Amostragem

As amostras de diatomáceas bentônicas foram obtidas através da coleta de sedimento superficial, através de um coletor tipo CORE, e cada amostra coletada foi armazenada em frascos de plásticos com capacidade para 100 mL e fixadas com formol a 4%.

Simultaneamente às coletas foram efetuadas *in situ* medidas de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ) e a transparência (m) e profundidade através do disco de Secchi (m). Também foram coletados em cada estação amostral um litro de água em frascos previamente esterilizados para a análise dos nutrientes amônia ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), nitrito ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), nitrato ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), fósforo total (mg/L), sílica ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ), DBO (mg/L), clorofila a ( $\mu\text{g}/\text{L}$ ) e turbidez (NTU). Os frascos foram conservados em caixas isotérmicas sob refrigeração e transportados ao Laboratório de Biologia Ambiental (LBA) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), para a realização das análises. As análises foram realizadas seguindo o método Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SMEWW).

#### 1.7. Preparação de amostras e lâminas permanentes

As amostras foram submetidas à oxidação para eliminação de matéria orgânica, segundo o método de Stosch (1970), seguido de lavagens com água destilada. Uma alíquota de 0,5 mL foi utilizada para a confecção de lâminas permanentes, utilizando a resina Naphrax (índice de refração = 1,74) como meio de montagem. Amostras líquidas foram depositadas no Herbário de Santarém da Universidade Federal do Oeste do Pará (HSTM-Algas).

#### 3.5 Análise de dados bióticos

##### *Análise qualitativa dos táxons*

Os espécimes foram registrados e medidos com auxílio do software ZEN, em 1000 aumentos, realizados no Laboratório de Ecologia e Taxonomia de Algas (LABETA) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). A partir das características morfológicas e métricas, os indivíduos foram identificados até no mínimo nível de gênero, quando possível. O sistema de classificação adotado foi o de Ruggiero *et al.* (2015).

Para identificação das espécies de diatomáceas foram utilizadas obras clássicas (Hustedt, 1965; Patrick & Reimer, 1966; Simonsen, 1987; Metzeltin & Lange-Bertalot,

1998; 2007) e trabalhos publicados em periódicos específicos como *Diatom Research*, *Bibliotheca Diatomologica*, *Phytotaxa* e *Iconographia Diatomologica*. A terminologia utilizada nas descrições dos táxons foi baseada em Ross et al. (1979), Barber & Haworth (1981), Cox & Ross (1981) e Mann (1981).

#### *Análise quantitativa dos táxons*

Para determinar as abundâncias relativas dos táxons encontrados, foram contadas no mínimo 400 valvas ou até que a curva de rarefação das espécies se estabilize (Kahlert *et al.*, 2012; Algarte *et al.*, 2017). Para a determinação das espécies dominantes e abundantes será adotado o critério de Lobo e Leighton (1986), que consideram abundantes aquelas espécies cujas densidades superam a densidade média da amostra e dominantes aquelas espécies cujas densidades superam 50% da densidade total da amostra.

As contagens de espécies de diatomáceas em cada estação amostral foram expressas como abundâncias relativas. A diversidade foi expressa como riqueza de espécies (S) e índice de diversidade Shannon (H'). Foi calculado com base na presença e ausência dos táxons, o índice de constância através da equação  $C = (p \times 100)/P$ , (Dajoz, 1978, modificado) onde; p é o número de amostras contendo a espécie, P é o número total de amostras. As espécies com  $C > 70\%$  são consideradas constantes;  $30\% < C < 70\%$  representam espécies frequentes;  $10\% < C < 30\%$  representam espécies esporádicas;  $C < 10\%$  representam espécies raras.

O grau de associação da comunidade de diatomáceas foi verificado através da Análise de Correspondência Canônica (CCA). Foram utilizadas as espécies com abundância relativa  $\geq 5\%$  em pelo menos uma amostra. A significância dos eixos canônicos foi testada pela pelo teste de Monte Carlo (999 permutações) ao nível de 95%.

### 1.6. Análise de dados abióticos

Os dados físico-químicos foram analisados por meio de estatística descritiva exploratória (médias e desvio padrão) e análise de variância (ANOVA unifatorial). Foi utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA) para verificar o gradiente das variáveis ambientais.

## **2. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### 4.1. Análises físico-químicas

Os índices e indicadores ambientais surgiram do aumento da preocupação da sociedade com os aspectos ambientais. Esses indicadores, hoje, são fundamentais para processos decisórios de políticas públicas e também no acompanhamento de seus efeitos com relação à degradação ambiental, diminuição de recursos hídricos e a saúde humana (CETESB, 2006).

Os parâmetros físicos e químicos da água representam características, elas podem determinar a qualidade da água, indicando o nível de concentração e se estão dentro dos padrões exigidos nas legislações vigentes (BRASIL, 2005). Na Tabela 3, são apresentadas as variáveis físico-químicas que foram coletadas nas estações amostrais. Os valores das variáveis obtidas não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 3: Valores médios, desvio padrão, *Fisher* e *p-valor* registrados para variáveis físico-químicas e nutrientes nas estações amostrais do Lago do Juá, nos períodos do ciclo hidrológico: ENC= enchente, AA= águas altas, VAZ= vazante, AB= águas baixas, do ano de 2021.

Variável	ENC	AA	VAZ	AB	F	p
<b>Profundidade</b>	2,94 ± 1,23	5,44 ± 0,80	5,33 ± 1,29	1,38 ± 0,44	0,808	0,539
<b>Temperatura</b>	28,54 ± 0,43	30,06 ± 0,23	30,16 ± 0,30	28,26 ± 1,05	0,1059	0,9787
<b>Oxigênio Dissolvido</b>	5,8 ± 1,20	5,38 ± 0,58	5,24 ± 0,56	6,32 ± 0,50	0,676	0,619
<b>Condutividade</b>	10,56 ± 1,57	12,68 ± 2,00	14,5 ± 1,34	12,92 ± 1,01	0,4361	0,7806
<b>pH</b>	4,81 ± 0,84	5,24 ± 0,22	5,14 ± 0,45	4,04 ± 0,63	0,599	0,7021
<b>Secchi</b>	1,09 ± 0,26	1,89 ± 0,29	2,62 ± 0,32	0,67 ± 0,23	0,2639	0,90
<b>Clorofila a</b>	9,21 ± 12,96	3,72 ± 5,92	1,68 ± 0,53	2,24 ± 3,57	0,5665	0,6908
<b>Sílica</b>	1,65 ± 1,12	6,70 ± 0,33	0,70 ± 0,69	7,60 ± 0,41	0,0521	0,9944
<b>Turbidez</b>	25,27 ± 29,75	20,86 ± 1,49	10,11 ± 2,71	32,04 ± 7,57	0,7244	0,5888
<b>Amônia</b>	0,23 ± 0,12	0,18 ± 0,03	0,09 ± 0,08	0,00 ± 0,00	0,3783	0,8206
<b>Nitrato</b>	0,56 ± 0,12	0,40 ± 0,31	0,25 ± 0,03	0,39 ± 0,10	0,5669	0,6905
<b>Nitrito</b>	0,00 ± 0,00	0,09 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,0734	0,99
<b>Fósforo total</b>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,099	0,3928
<b>DBO</b>	3,22 ± 2,74	0,70 ± 0,51	1,34 ± 0,42	1,88 ± 0,56	0,8626	0,5085

Fonte: Autor (2023).

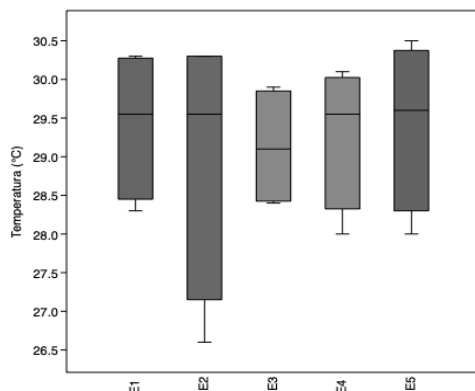
### *Temperatura*

A maior média de temperatura foi registrada no período de vazante, e a menor foi no período de águas baixas. E os maiores valores de temperatura foram nas estações E2 e E5 de julho, correspondente o período da vazante. Os menores valores de temperatura da água foram observados nas estações E4 do mês janeiro e na E2 do mês de abril com valores de 28° C e 26,6° C, respectivamente. (Figura 2).

Os maiores valores registrados neste estudo foram no mês de abril e no mês de julho, considerado período de águas altas e vazante do rio respectivamente, ambos medindo valores acima de 30°C. No estudo sobre o índice de estado trófico de águas

claras, realizado em quatro lagos, incluindo o Lago do Juá, publicado por Sousa et al. (2018), apresentou temperatura de 31,2°C no período de águas altas, relatando que o ambiente do Lago do Juá é influenciado pelo período de águas altas, coincidindo com o período chuvoso da região, resultados estes, similares a este estudo.

Figura 2: Variações de temperatura da água (°C) nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



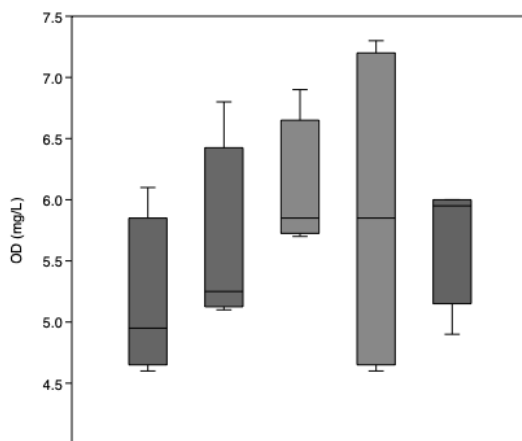
Fonte: Gabriele Vidal (2023).

A Resolução nº 357/2005 do CONAMA, não prevê limites para temperatura, contudo o clima amazônico predominante é equatorial quente e úmido com média anual de 24 °C e 26°C (CPTEC/INPE, 2010).

### *Oxigênio dissolvido*

A maior média de oxigênio dissolvido encontrada no período de estudo foi no período de águas baixas, e a menor foi no período de vazante. O menor valor deste parâmetro foi encontrado na estação E1 no mês de janeiro com valor de 4,8 mg/L, e na estação E1 de julho com valor de 4,6 mg/L. já os maiores valores foram de 6,9 mg/L nas E3 de janeiro e E4 de outubro com o mesmo valor e 6,8 mg/L na E2 deste mesmo mês (Figura 3).

Figura 3: Variações de oxigênio dissolvido (mg/L) nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

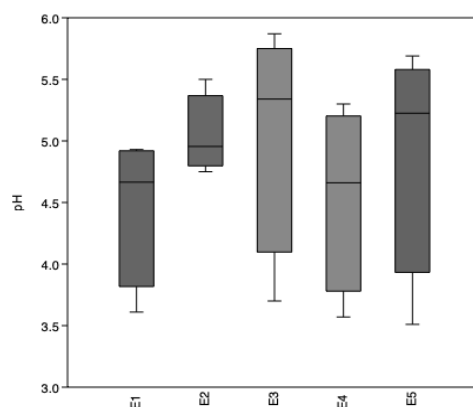
De acordo com a Resolução do Conama nº 357/2005 para as águas doces de Classe 2, esse parâmetro não pode ter concentração inferior a 5 mg/L. No estudo em questão, cinco estações registraram valores inferiores ao exigido, como as estações E1 JAN, E1 JUL e a E5 JAN, ambas as estações passam por impactos antrópicos como desmatamento e descarte de resíduos sólidos. No mês de abril e julho a E4 com valor inferior (4,6 mg/L) de OD, parâmetro que pode ser influenciado pelo despejo de esgoto e águas pluviais advindas de um empreendimento próximo.

Um estudo recente realizado por Batista et al. (2022) na microbacia do Juá demonstrou níveis de oxigênio dissolvido abaixo das determinações da resolução assim como no presente estudo no período águas baixas, em que a média foi de 4,70 mg/L, podendo indicar a presença de matéria orgânica, oriundo de escoamento superficial.

#### *Potencial hidrogeniônico*

A maior média de potencial hidrogeniônico (pH) foi observada no período de águas altas, e a menor foi observada no período de águas baixas. Os maiores valores encontrados foram de 5,87 na E3 de julho e 5,69 na E5 do mês de janeiro. Já os menores valores de pH encontrados foram de 3,57 na E4 em janeiro e de 3,51 na E5 de outubro (Figuras 4).

Figura 4: Variações de potencial hidrogeniônico (pH) nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021 nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

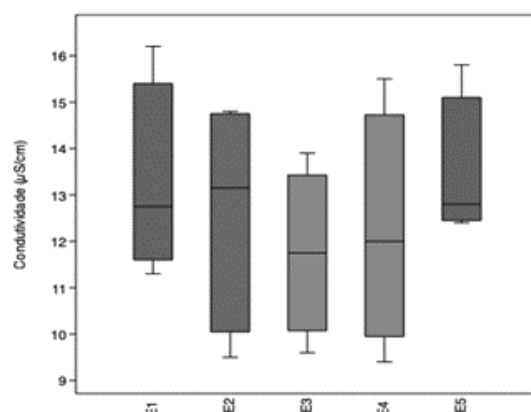
As águas da região amazônica tendem a serem mais ácidas devido a acidez do solo, considerando valores de 3 a 6 normal (Melo et al. (2022). Aguiar et al. (2014), realizaram um estudo de qualidade da água no Município de Santarém e Belterra localizados no Estado do Pará, onde os valores de pH oscilavam entre 4 e 6, também observaram que durante o período chuvoso os valores se tornavam mais ácidos. No presente estudo, pode-se constatar que os menores valores de pH foram registrados nos períodos de enchente e águas baixas.

Vidal (2019), realizou um estudo de qualidade da água utilizando diatomáceas como bioindicadores na microbacia do Urumari em Santarém-PA e obteve índices de pH com valores abaixo do recomendado pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 para as Classes I e II. Os valores de pH ácidos coincidem com os apresentados no estudo de Batista et al., (2022), onde demonstram um caráter ácido na maioria dos pontos coletados em 2020 na microbacia do Juá.

#### *Condutividade elétrica*

No período de estudo a maior e a menor média de condutividade elétrica foram encontradas nos períodos de vazante de águas baixas respectivamente. As maiores condutividades foram verificadas nas estações E1 ABR e E5 JUL com valores de 16,2 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e 15,8 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Já as menores condutividades foram verificadas nas estações E2 e E4 do mês de janeiro com valores de 9,5 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) e 9,4 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (Figura 5).

Figura 5: Variações de condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

De acordo com o relatório da CETESB (2006), a condutividade elétrica da água tem capacidade de transmitir corrente elétrica dependendo da quantidade de substâncias

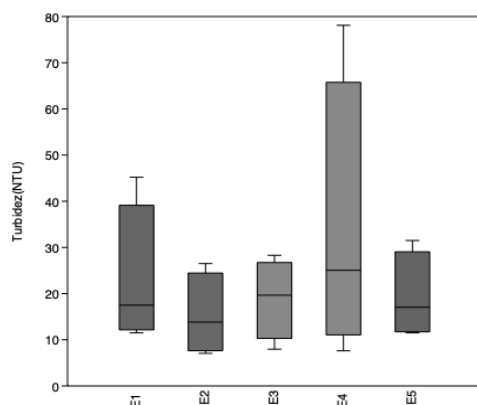
dissolvidas no meio ambiente aquático e que geralmente em ambientes naturais os valores ficam entre 10 a 100  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ . Os valores registrados neste estudo permaneceram de acordo com essa faixa, já que a Resolução CONAMA nº 357/05 não prevê limites para esse parâmetro.

No estudo de Santos et al. (2021), sobre a qualidade da água na microbacia do Irurá, a coleta foi realizada nos períodos chuvosos e registraram valores de 11,9  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  chegando até 203,68  $\mu\text{S.cm}^{-1}$ , em pontos onde era recebido carreamento de matéria orgânica e inorgânica. Em outro estudo de qualidade da água realizado no Rio Tapajós em Santarém-PA, foram registrados valores entre 16,5  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  a 20,5  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  distribuídos em seis pontos ao longo do curso do rio (Aguiar et al., 2014). Nesse mesmo estudo, os autores relatam que alguns valores foram considerados baixos para áreas que tinham despejo de esgoto, coincidindo com valores registrados no presente estudo nas estações E1 e E4.

### *Turbidez*

A maior e a menor média de turbidez do período estudado foram nos períodos de águas baixas e na vazante respectivamente. Os maiores valores de turbidez foram encontrados nas estações E4 de janeiro com o valor de 78,1 NTU, e 45,2 NTU na E1 do mês de outubro. Já os menores valores foram encontrados nas estações E2 de janeiro e na E4 de julho com valores respectivos de 7,06 NTU e 7,61 NTU (Figura 6).

Figura 6: Variações de turbidez (NTU) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores permitidos são de até 100 NTU para águas de Classe II e todos os valores deste estudo se enquadram na

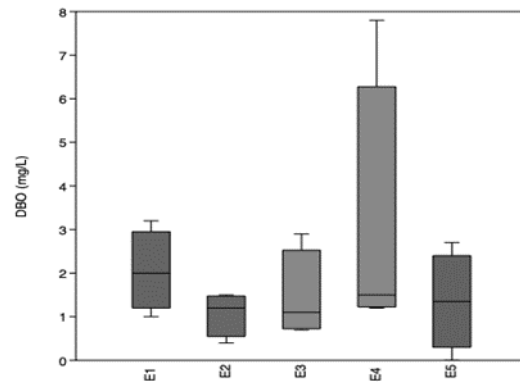
legislação vigente. Assim como os valores registrados nos estudos de: Monte et al., (2021) (3,4 NTU – 4 NTU); Aguiar et al., (2014) (9 NTU – 14 NTU no período de águas baixas) e (5 NTU – 14 NTU no período chuvoso); e também no estudo de Batista et al., (2022) onde os valores de turbidez no período chuvoso foram elevados, apresentando 90,63 NTU a 108,89 NTU, os valores do período de estiagem de 6,71 NTU a 8,51 NTU foram aproximados com valores dos períodos de enchente e vazante deste estudo, registrando 7,06 na E2 JAN e 7,61 na E4 JUL.

No estudo de Alcântara (2006), sobre a análise de turbidez na planície de inundação de Curuaí – Pará, aponta que essa variável possui comportamento diferente ao longo do pulso de inundação e que foram registrados picos de turbidez no período de águas baixas, onde a intensidade, direção e duração do vento influenciaram na geração de turbidez associada a baixa profundidade. Uma observação importante de ser relatada, é que no presente estudo, os maiores valores de turbidez foram registrados no período de águas baixas e onde foram registrados os menores valores de profundidade, e devido a essa influência, o sedimento superficial do lago pode ser facilmente movimentado por qualquer fator externo, alterando os valores finais.

#### *Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)*

No período de estudo a maior e a menor média de Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foram encontradas nos períodos de enchente e águas altas respectivamente. Os maiores valores de DBO foram verificados nas estações E1 de janeiro com o valor de 3,20 mg/L e E4 com valor de 7,80 mg/L. Já os menores valores foram encontrados nas E2 e E5 de abril com valores de 0,40 mg/L e 0,00 mg/L (Figura 7).

Figura 7: Variações de demanda bioquímica de oxigênio (mg/L) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

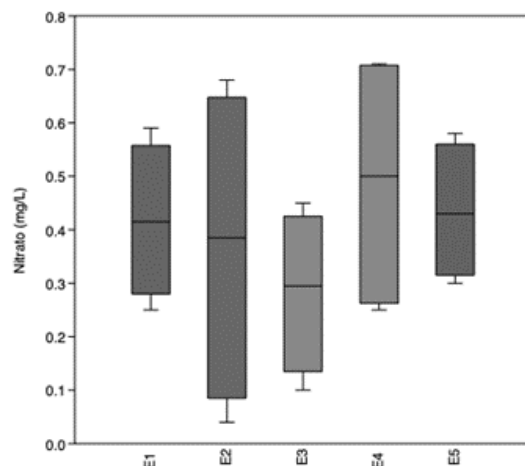
Levando em consideração que os processos abióticos estão relacionados com a disponibilidade e com a demanda de oxigênio no meio aquático, Silva et al. (2020), realizou uma pesquisa de qualidade da água no município de Paragominas – PA, escolheram os Rio Prainha e no Rio Uraim, por apresentarem alta e baixa densidade populacional respectivamente, ausência de saneamento básico, despejo de esgoto doméstico, e também usos para fins de lazer, pesca e comerciais, porém, registraram valores em conformidade com o exigido na Resolução CONAMA nº 357/05 em que os níveis de DBO não podem ultrapassar 5 mg/L para a Classe II.

No presente estudo a maioria dos níveis de DBO em todas as estações ficaram em conformidade com a resolução. No entanto é preciso pontuar que apenas uma estação ficou acima do permitido, a E4 de janeiro medindo 7,8 mg/L, que coincide com os resultados da pesquisa de Batista et al. (2022), onde apenas um ponto amostral excedeu os limites da resolução, indicando a presença de esgotos lançados no ponto. Semelhantemente ao que acontece com a E4 de janeiro e que também pode ter sido influenciado pelo período de chuvas e o carreamento de matéria orgânica para o lago.

### *Nitrato*

No período de estudo a maior e menor média de nitrato foram verificadas nos períodos de enchente e vazante com o valor de 0,56 mg/L e de 0,25 mg/L, respectivamente. Os maiores valores de nitrato foram encontrados nas estações de 0,71 na E4 de abril e 0,68 mg/L na E2 de janeiro. Já os menores valores foram verificados nas estações E2 e E3 de abril com 0,04 mg/L e 0,1 mg/L respectivamente (Figuras 8).

Figura 8: Variações de nitrato (mg/L) referente aos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



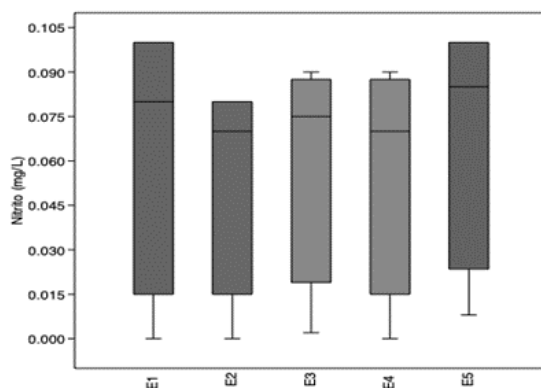
Fonte: Gabriele Vidal (2023).

A Resolução CONAMA nº 357/05 determina um limite de 10 mg/L, e o presente estudo se enquadra dentro dos padrões estabelecidos. Os valores coincidem com o estudo realizado no município de Ji-Paraná em Rondônia, onde fizeram análises de água em 8 nascentes do igarapé Dois de Abril, sendo elas com diferentes níveis de uso e ocupação (Silva, Andrade e Webler, 2019). Em uma destas nascentes foi possível verificar valores considerados altos que não foram citados, principalmente no período chuvoso (como neste presente estudo). Na mesma nascente houve a constatação de que um estabelecimento comercial que possui um açougue, despeja esgoto não tratado próximo a nascente. Isso corrobora que as atividades antrópicas podem exercer influência sobre os corpos hídricos.

### *Nitrito*

No período de estudo a maior e menor média de nitrito foram verificadas nos períodos de águas altas e vazante com o mesmo valor de 0,09 mg/L e 0,00 mg/L no período de enchente. Os menores valores foram encontrados no mês de janeiro com três estações com valor de 0,00 mg/L, e o maior valor de 0,09 mg/L foi encontrado na E3 de abril e E4 de julho (Figura 9).

Figura 9: Variações de nitrito (mg/L) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

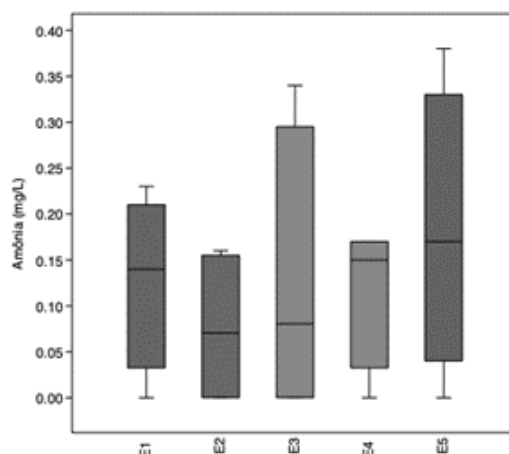
As concentrações de nitrito em ambientes naturais, com presença de vegetação são relativamente baixas (CETESB, 2018). Locais que possuem agricultura ou qualquer atividade que possa causar a exposição do solo, pode contribuir para os aumentos das concentrações de nitrato e nitrito nos ambientes aquáticos através das chuvas (Marmontel e Rodrigues, 2025).

Os valores registrados neste estudo ficaram abaixo dos limites exigidos pela Resolução CONAMA nº 357/05 que é de 1,0 mg/L, coincidindo com valores registrados no estudo de Aguiar et al. (2014), com 0,001 mg/L em áreas de cultivo agroextrativista da Floresta Nacional do Tapajós. Diferente do estudo de Silva et al. (2019), que obtiveram uma concentração de 0,53 mg/L em uma nascente com retirada da vegetação nativa e atividade comercial próxima.

### *Amônia*

No período de estudo a maior e média de amônia foram nos períodos de enchente e águas baixas com valores de 0,23 mg/L e 0,00 mg/L. Os maiores valores de 0,34 mg/L e 0,38 mg/L foram encontrados nas E3 e E5 de janeiro. Já os menores valores foram no mês de outubro, com todas as estações medindo 0,00 mg/L (Figura 10).

Figura 10: Variações de amônia (mg/L) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

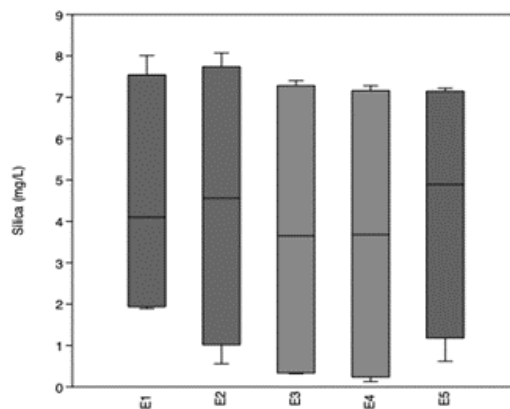
O nitrogênio total é encontrado no meio aquático e está ligada a produção primária do meio ambiente, diante de excesso, esse parâmetro poderá ocasionar o estado de eutrofização (CETESB, 2016). Os registros desse estudo estiveram dentro dos padrões exigidos por lei, destacando que o período de enchente (janeiro) obteve os maiores valores registrados, e os períodos de águas altas, vazante e águas baixas diminuíram os valores em ordem decrescente. O trabalho de Nascimento et al. (2021), em uma área da microbacia do Irurá que sofre influência de estação de tratamento de esgoto (ETE) também registrou valores dentro dos padrões, com a concentração de 0,24 mg/L.

A amônia pode ser tóxica para os peixes em concentrações elevadas, alterando a transformação de energia dos alimentos que são ingeridos em ATP, impedindo a formação de proteínas e prejudicando o crescimento desses animais, e que no lago do Juá isso seria um problema, já que uma das atividades econômicas da comunidade no entorno é pesca (Pereira e Mercante, 2005).

### *Sílica*

No período de estudo a maior e média de sílica foram verificadas nos períodos de águas altas e vazante com valores de 7,60 mg/L e 0,70 mg/L. Os maiores valores de 8,07 mg/L e 8,01 mg/L foram encontrados nas E1 e E2 de outubro. Já os menores valores foram verificados nas estações E2 e E3 de julho, com valores de 0,32 mg/L e 0,13 mg/L (Figura 11).

Figura 11: Variações de sílica (mg/L) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

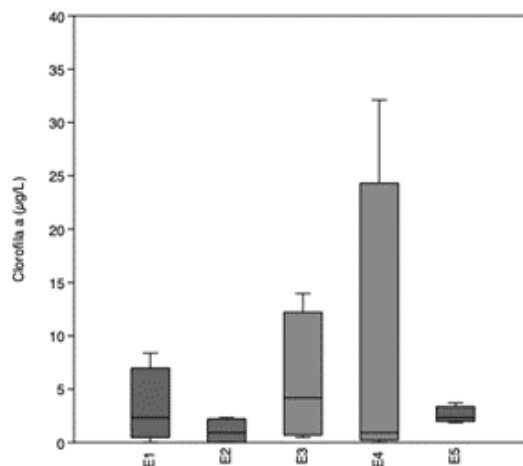
A sílica presente no ambiente aquática tem como principal provedor, a decomposição de minerais que estão presentes em rochas e sedimentos (Esteves, 1998). A sílica pode ser um dos materiais sólidos presentes em um corpo hídrico que colaboram com o aumento de turbidez, servindo de indicador de descarga sólida. A maior média de turbidez foi no período de águas baixas (outubro) e a maior média de sílica registrada foi no mesmo período.

A composição das diatomáceas está fortemente associada a esta variável, já que utiliza da sílica para a formação da sua carapaça (Esteves, 1998). Em um estudo sobre a diversidade de diatomáceas no reservatório da Hidrelétrica de Curuá-Una em Santarém-PA, foram registrados valores de 7,98 mg/L em dezembro de 2016 e 13,76 mg/L em março de 2017, e esses valores foram associados ao período chuvoso no reservatório, que é caracterizado como um ambiente lântico (Azevedo, 2020).

### *Clorofila a*

No período de estudo a maior e média de clorofila a foram verificadas nos períodos de enchente e vazante com valores de 9,21  $\mu\text{g/L}$  e 1,68  $\mu\text{g/L}$ . Os maiores valores de 32,11  $\mu\text{g/L}$  e 13,96  $\mu\text{g/L}$  foram encontrados nas E4 de janeiro e E3 de abril. Já os menores valores foram verificados nas estações E1 e E2 de abril e nas E2 e E4 de outubro, com valor igual a zero (Figura 12).

Figura 12: Variações de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

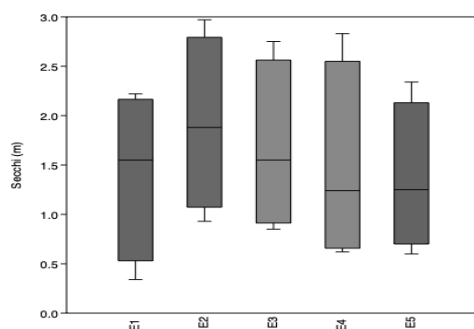
A variável clorofila a tem limite de 10 µg/L instituído pela Resolução CONAMA nº 357/05, tendo as médias deste estudo todas em conformidade com os padrões exigidos. Destacando duas estações que ultrapassaram os limites da legislação, a E4 de janeiro com valor de 32,11 µg/L e a E3 de abril com 13,96 mg/L, ambas em períodos (enchente e altas) que há o aumento das chuvas.

Um estudo realizado no rio Arari, próximo à Ilha do Marajó – PA, os valores de clorofila a também foram maiores no período chuvoso, oscilando entre 3,90 a 25,81 µg/L (Alves et al. 2012). Enquanto no igarapé do Irurá, as menores concentrações foram no período das águas baixas, com valores de 0,3 a 4,5 µg/L em pontos com preservação da mata ciliar, coincidindo com valores registrados neste estudo em períodos de águas baixas (Pinheiro et al. 2019).

### *Secchi*

No período de estudo a maior e média de Secchi foram verificadas nos períodos de vazante e águas baixas com valores de 2,62 m e 0,67 m. Os maiores valores de 2,97 m e 2,83 m foram encontrados nas E2 e E4 de julho correspondente a vazante. Já os menores valores foram verificados nas estações E4 e E5 de outubro, com valores de 0,62 m e 0,6 m (Figura 13).

Figura 13: Variações de Secchi (m) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.

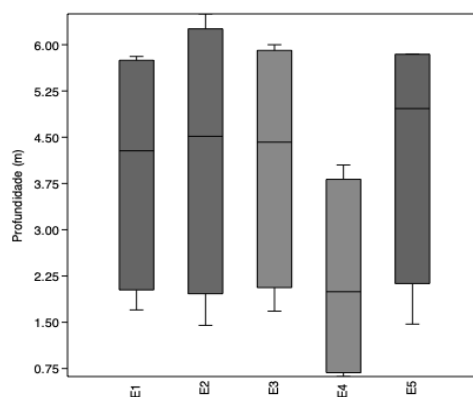


Fonte: Gabriele Vidal (2023).

### *Profundidade*

No período de estudo a maior e menor média de profundidade foram verificadas nos períodos de águas altas e águas baixas com valores de 5,44 m e 1,38 m. Os maiores valores de 5,85 m e 5,83 m foram encontrados nas E5 de julho e E5 de abril respectivamente. Já os menores valores foram verificados nas estações E4 de janeiro e E4 de outubro, com valores de 0,87 m e 0,62 m (Figura 14).

Figura 14: Variações de profundidade (m) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

A profundidade e a transparência são parâmetros interligados. A profundidade pode interferir na formação de matéria viva pelo processo de fotossíntese, no caso de lagos a formação de Fitoplâncton. Alguns fatores são dependentes da profundidade, como a turbidez e o fósforo (Esteves, 2006; Veiga, 2010).

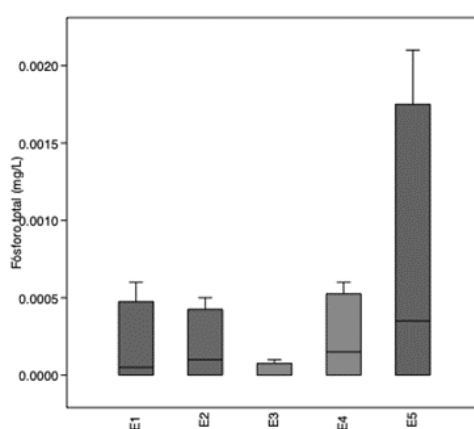
De acordo com Esteves (2006), em uma medição realizada pelo disco de Secchi no Rio Solimões, a transparência foi 0,25 m em uma profundidade de 1m. No presente estudo, na maior profundidade registrada que foi de 6 m (E3 de abril) a transparência foi

de 2 m e na menor profundidade de 0,62 m (E4 de outubro) a transparência foi o mesmo valor.

### *Fósforo total*

No período de estudo a média de fósforo para todos os períodos, foi igual a zero. O maior valor encontrado foi de 0,0021 mg/L na estação E5 do mês de outubro. Já o menor valor verificado acima de 0,00 mg/L foi na estação E1 de abril com 0,0001 mg/L (Figura 15).

Figura 15: Variações de fósforo (mg/L) medidos nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021, nas cinco estações amostrais do Lago do Juá.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

Segundo Esteves (2011), o fósforo é um dos nutrientes que em excesso pode definir um estado de eutrofização em um ambiente aquático. As maiores concentrações de fósforo estão ligadas ao uso de fertilizantes para agricultura e ao esgoto, Pinheiro et al. (2019) identificaram valores acima do recomendado pelo CONAMA (0,1 mg/L) durante o período de chuvas, associado ao aumento do escoamento superficial.

As concentrações de fósforo no presente estudo se mantiveram bem abaixo do padrão exigido pela legislação. A estação com maior valor registrado foi a E5 em outubro com 0,0021 mg/L. De acordo com Veiga (2011), as mais elevadas concentrações podem estar associadas com baixa profundidade, gerando movimentação na água e promovendo a diluição. O que coincide com os resultados encontrados, a maior concentração de fósforo foi no mesmo período e na mesma estação em que houve a menor profundidade da E5 de outubro com 1,47 m.

### *Análise de Componentes Principais*

Os scores obtidos através da ordenação espacial das 14 variáveis físico-químicas nas cinco estações de amostragem (E1-E5) no Lago do Juá são apresentados na (Tabela 4; Figura 16).

Tabela 4: Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) com 14 variáveis físico-químicas medidas em cinco estações amostradas em janeiro, abril, julho e outubro de 2021 no Lago do Juá.

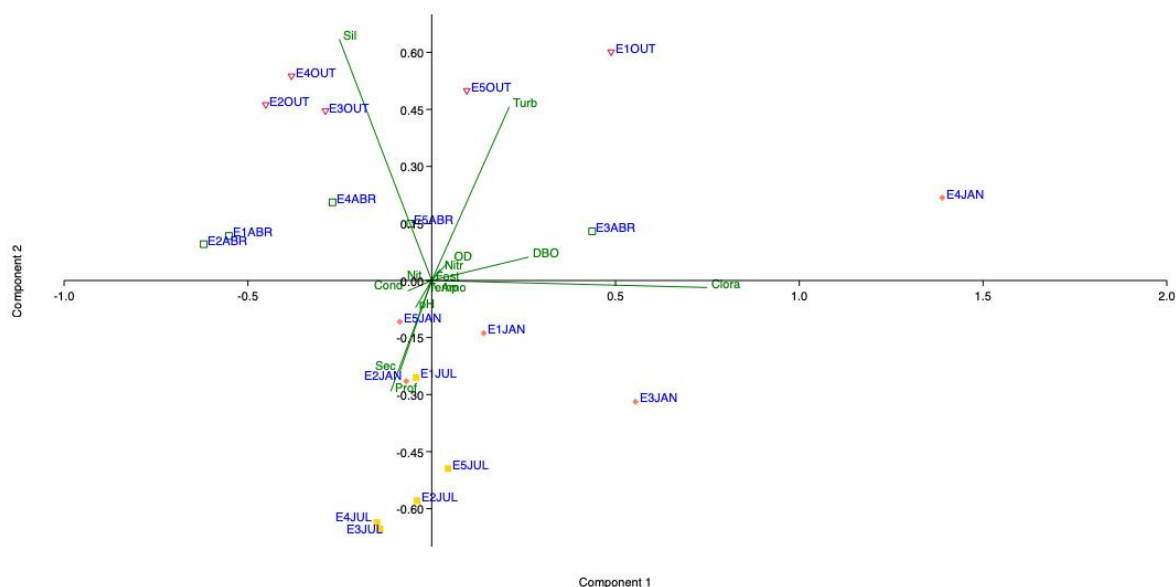
<b>Variáveis</b>	<b>Componente 1</b>	<b>Componente 2</b>
Profundidade	-0.12719	-0.3324
Temperatura	-0.0091761	-0.017953
OD	0.051069	0.055247
Condutividade	-0.074614	-0.03149
pH	-0.050098	-0.081184
Secchi	-0.099258	-0.27404
Clorofila a	0.85507	-0.02131
Sílica	-0.28701	0.72395
Turbidez	0.24085	0.52143
Amônia	0.016417	-0.030393
Nitrato	0.026882	0.033865
Nitrito	-0.016297	-0.00088731
Fósforo Total	-2,05E-01	0.00025588
DBO	0.30069	0.07022
<b>Autovalores</b>	<b>0.208064</b>	<b>0.16488</b>
<b>% de variância</b>	<b>44.546</b>	<b>35.301</b>

Fonte: Autora (2023).

Os dois primeiros componentes mostram um percentual de variância acumulada igual a 79,84% (Tabela 4, Figura 17). Foram selecionados os dois componentes localizados acima do ponto de inflexão na curva do teste de Broken-Stick. O primeiro componente esteve mais relacionado positivamente com clorofila a ( $r=0.85$ ), DBO ( $r=0.30$ ) e turbidez ( $r=0.24$ ) e negativamente relacionado a condutividade elétrica ( $r=-0.07$ ), pH ( $r=-0.05$ ) e nitrito ( $r=-0.01$ ). O segundo componente esteve mais relacionado positivamente a sílica ( $r=0.72$ ) e a turbidez ( $r=0.52$ ), além de negativamente relacionado com o Secchi ( $r=-0.27$ ) e profundidade ( $r=-0.33$ ). A separação das unidades amostrais ocorreu em função principalmente dessas variáveis.

### Caracterização das estações amostrais com base nos parâmetros físico-químicos

Figura 16: Análise de Componentes Principais (PCA) com 14 variáveis físico-químicas medidas em cinco estações amostradas em janeiro, abril, julho e outubro de 2021 no Lago do Juá. Explicação da variância acumulada nos dois primeiros eixos = 79,84%.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

A partir dos resultados da PCA, verificou-se a formação de 3 grupos. O grupo A representado em geral pelas estações amostrais correspondentes a águas altas (E1 ABR, E2 ABR, E4 ABR e E5 ABR) e águas baixas (E1 OUT, E2 OUT, E3 OUT, E4 OUT e E5 OUT). Estações caracterizadas principalmente pelos maiores valores de sílica, turbidez, oxigênio dissolvido e DBO e menores valores de Secchi, Profundidade e pH e Condutividade elétrica. O grupo B representado pelas estações amostrais correspondentes a enchente (E1 JAN, E2 JAN, E3 JAN e E5 JAN) e vazante (E1 JUL, E2 JUL, E3 JUL, E4 JUL e E5 JUL). Este grupo B é caracterizado por apresentar os maiores valores de clorofila a, Secchi e profundidade e por menores valores de sílica e turbidez. A E4 JAN não agrupou provavelmente por apresentar os maiores valores de Turbidez (78,1 NTU) e de clorofila a (32, 1 µg/L).

De acordo com Santos (1980), em um estudo realizado no lago Grande do Jutai - Amazonas, que possui águas levemente ácidas, a sílica é facilmente agregada por que há sempre decomposição de matéria orgânica, isso porque as condições de temperatura e intensa lixiviação podem ser fatores decisivos. Neste mesmo estudo, o valor mais alto

encontrado foi no mês de janeiro (4,65 mg/L), também considerado período de enchente como no presente estudo, onde o lago começa a receber maiores concentrações de sílica devido a suspensão do sedimento, lixiviação de áreas vizinhas e ação do vento em baixas profundidades.

De acordo com as observações de Carvalho (1983), no Lago Grande – AM, os maiores valores de turbidez ocorreram durante a inundação do lago, nesse período, o aumento de material orgânico na coluna d'água pode ser facilmente revolvido pela quantidade de chuvas e lixiviação, principalmente em pontos onde havia atividades antrópicas como desmatamento e criação de gado. Os trabalhos de Aguiar et al., Monte et al., e Batista et al., também obtiveram valores de turbidez elevados no período de chuvas intensas, como podemos observar na estação E4 JAN, que registrou essa grande concentração de sílica e elevada turbidez, provavelmente por conta do despejo da galeria de drenagem do aeroporto da cidade e por conta das chuvas nos dias anteriores e também no dia da coleta.

#### 4.2 Análises das diatomáceas encontradas

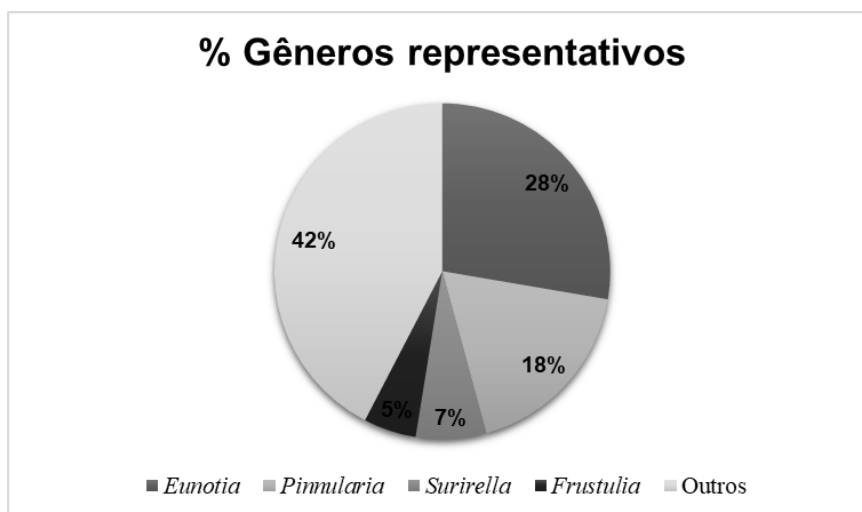
##### *Diversidade*

Durante o presente estudo, foram identificados 177 táxons (sendo que 45 táxons não puderam ser identificados a nível de espécie e foram deixados em *sp*) que são pertencentes a 32 gêneros (Anexo 1).

Os gêneros mais representativos foram *Eunotia* Ehrenberg (28%), *Pinnularia* Ehrenberg (18%), *Surirella* Turpin (7%), *Frustulia* Rabenhorst (5%), podendo ser visualizados na Figura 17.

Outros gêneros que foram identificados, mas com porcentagem abaixo de 7% foram: *Achnanthes* Bory, *Actinella* Lewis, *Aulacoseira* Thwaites, *Brachysira* Kutzing, *Carpatogramma* Grunow, *Craticula* Grunow, *Cyclotella* Kutzing, *Cymbopleura* Krammer, *Diploneis* Ehrenberg, *Discostella* V.Houk & R.Klee, *Encyonema* Kutzing, *Encyonopsis* Krammer, *Fragilaria* Lyngbye, *Fragilariforma* Willians & Round, *Gomphonema* Ehrenberg, *Hantzschia* Grunow, *Melosira* C. Agardh, *Navicula* Bory, *Neidium* Pfitzer, *Nitzschia* Hassall, *Placoneis* Mereschkowsky, *Planoplatessa*, *Sellaphora* Mereschkowsky, *Stauroneis* Ehrenberg, *Staurosira* Ehrenberg, *Stenopterobia* Brébisson ex Van Heurck, *Ulnaria* Kutzing e *Urosolenia* Round & R.M.Crawford.

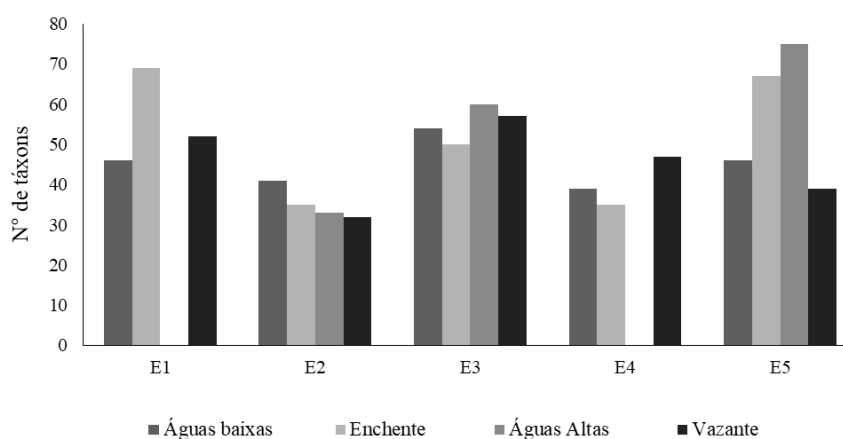
Figura 17: Representação de riqueza encontrada em cinco estações amostrais do Lago do Juá, com destaque para os gêneros mais representativos.



Fonte: Autora (2023).

Durante os meses de coleta houve variação da riqueza taxonômica de diatomáceas no Lago do Juá. O menor valor registrado foi de 32 espécies na estação E2 JUL correspondente a vazante e o maior foram de 75 espécies na E5 ABR correspondente a águas altas (Figura 18).

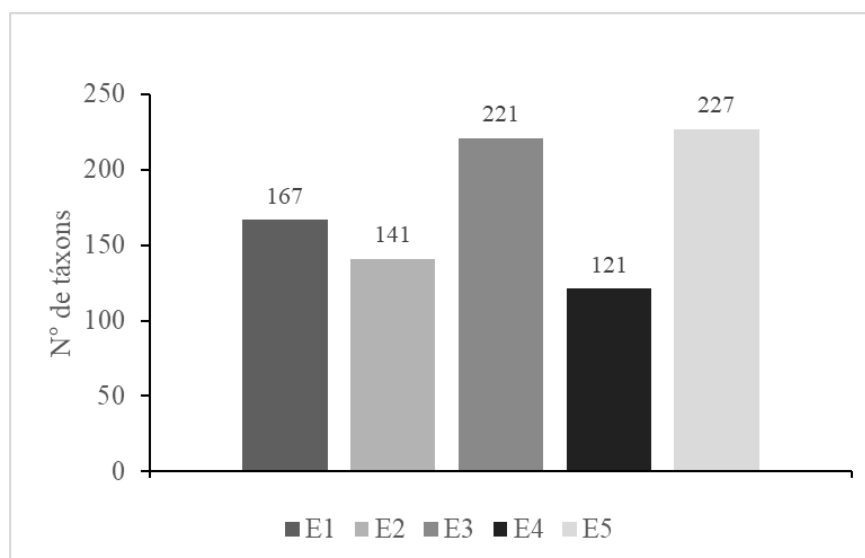
Figura 18: Representação de riqueza encontrada em cinco estações amostrais do Lago do Juá nos períodos de águas baixas, enchente, águas altas e vazante.



Fonte: Autora (2023).

De forma geral ao longo dos períodos estudados, a E5 apresentou a maior riqueza de espécies, e a E4, a menor riqueza de espécies (Figura 19).

Figura 19: Representação de riqueza encontrada em cinco estações amostrais do Lago do Juá.

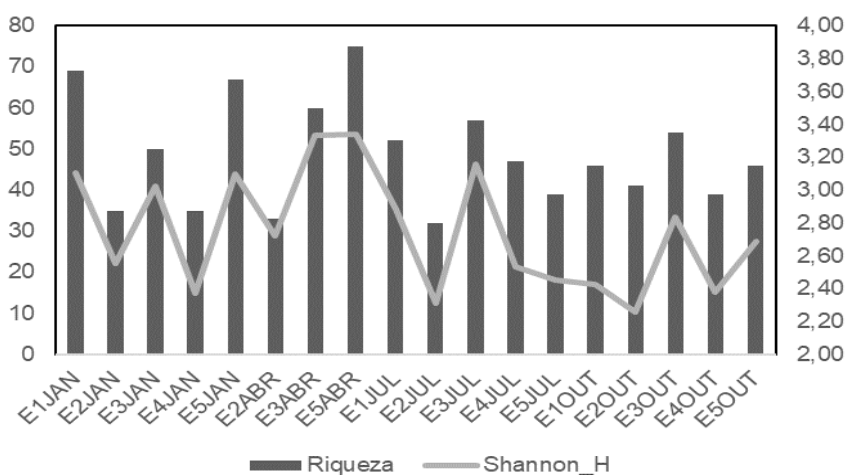


Fonte: Autora (2023).

As estações E2 JUL e E2 OUT apresentaram os maiores valores de dominância  $D= 0,21$  e  $D= 0,25$ . Nestas estações, algumas espécies apresentaram altos valores de abundância, tais como: *Eunotia cf. incisa* W. Gregory (42% na E2 JUL e 47% na E2 OUT), *Frustulia cf. saxonica* Rabenhorst (8% na E2 JUL), *Eunotia parasiolii* Metzeltin et Lange-Bertalot (6% na E2 JUL), *Eunotia* sp 5 (15% na E2 OUT) e *Eunotia* conectival 1 (4% na E2 OUT). Referente a estação que obteve o menor índice de dominância, foi a E3 ABR com  $D= 0,06$  (Figura 20).

Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener, variaram entre 2,26 a 3,34. Dessa forma, a maior diversidade foi encontrada na E5 ABR (3,34) e a menor foi registrada na E2 OUT (2,26).

Figura 20: Variação da riqueza (R) e da diversidade de Shannon – Wiener (H) nas cinco estações amostrais do Lago do Juá durante os meses amostrados em 2021.



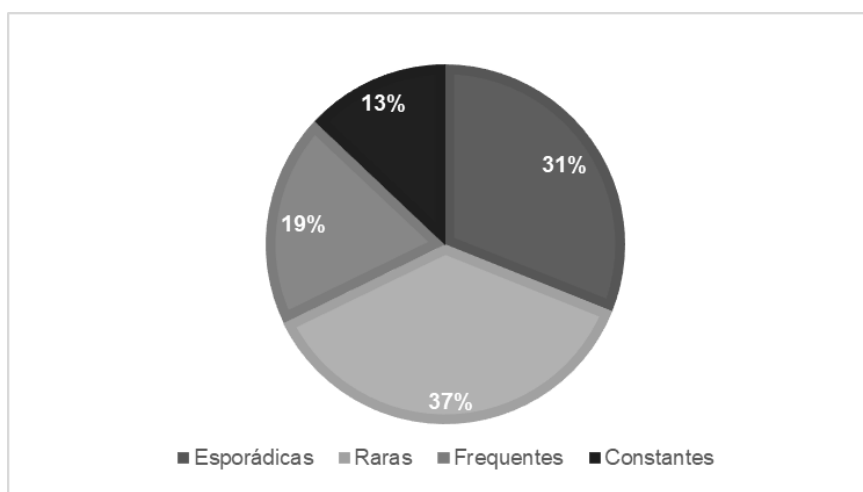
Fonte: Autora (2023).

### 2.6.1. Frequência de ocorrência

A frequência de ocorrência das espécies nas estações amostrais do Lago do Juá apresentou porcentagem de espécies raras, esporádicas, frequentes e constantes de forma decrescente respectivamente (Figura 21).

As espécies raras foram encontradas 37% das amostras, com um total de 65 espécies, as esporádicas foram encontradas em 31%, com um total de 55 espécies, as consideradas frequentes foram encontradas em 19% das amostras, com um total de 34 espécies, e em 13% das amostras foram encontradas 23 espécies consideradas constantes. Algumas espécies estiveram presentes em todas as amostras, como: *Brachysira brebissoni* R. Ross, *Eunotia parasiolli* Meltzeltin e Lange-Bertalot, *Eunotia cf incisa* W. Gregory e *Eunotia* sp. 7.

Figura 21: Frequência de ocorrência (%) dos táxons registrados (raras, esporádicas, frequentes e raras), nas cinco estações amostrais do Lago do Juá, no período do ciclo hidrológico.



Fonte: Autora (2023).

### 2.6.2. Análise de Correspondência Canônica

Os resultados obtidos na Análise de Correspondência Canônica (CCA) são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5: Scores das variáveis abióticas em relação aos dois primeiros eixos da CCA e lista de táxons selecionados que obtiveram abundância acima de 5%, identificados nas cinco estações amostrais do Lago do Juá, com seus códigos e scores relacionados com os dois primeiros componentes da Análise de Correspondência Canônica.

Siglas	Variáveis/Táxons	Componente 1	Componente 2
<b>Prof</b>	Profundidade	<b>0,247072</b>	<b>-0,451209</b>
<b>Temp</b>	Temperatura	<b>0,305418</b>	<b>-0,609034</b>
<b>OD</b>	Oxigênio dissolvido	-0,234891	0,0294807
<b>Cond</b>	Condutividade	-0,0875011	0,128846

<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico	0,243138	-0,218053
<b>Sec</b>	Secchi	<b>0,246812</b>	-0,31088
<b>Clora</b>	Clorofila a	-0,378855	-0,44957
<b>Sil</b>	Silica	0,226872	0,181648
<b>Turb</b>	Turbidez	-0,0368104	0,0705169
<b>Amo</b>	Amonia	0,0995382	-0,312071
<b>Nitr</b>	Nitrato	-0,541482	0,430839
<b>Nit</b>	Nitrito	0,172567	<b>-0,265945</b>
<b>Fost</b>	Fósforo total	0,0774761	0,00662379
<b>DBO</b>	Demanda bioquímica de oxigênio	-0,316274	0,195013
<b>ACGU</b>	<i>Actinella guianensis</i>	0,97515	0,0830606
<b>AUGR</b>	<i>Aulacoseira granulata</i>	0,97515	0,0830606
<b>AUAN</b>	<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i>	-0,186973	-0,163986
<b>AUS1</b>	<i>Aulacoseira</i> sp 1	-0,213603	-0,42896
<b>BRBR</b>	<i>Brachysira brebissoni</i>	0,168995	-0,518251
<b>ENLA</b>	<i>Encyonema latareolatum</i>	-0,276566	-0,625142
<b>EUC1</b>	<i>Eunotia</i> sp. 7	-0,149178	-0,231975
<b>EUC2</b>	<i>Eunotia</i> sp. 8	-0,230032	-0,0555649
<b>EUC3</b>	<i>Eunotia</i> sp. 9	0,045993	0,0911612
<b>EUPA</b>	<i>Eunotia parasiolli</i>	-0,0446201	-0,147159
<b>EUIN</b>	<i>Eunotia cf incisa</i>	-0,165176	0,109072
<b>EUS3</b>	<i>Eunotia</i> sp 3	-0,244207	0,407805
<b>EUS5</b>	<i>Eunotia</i> sp 5	-0,362469	2,11961
<b>EUEL</b>	<i>Eunotia rabenhorstiana</i> var. <i>elongata</i>	2,78611	0,0507236
<b>EUBR</b>	<i>Eunotia ventriosa</i> var. <i>brevis</i>	-0,103647	-0,38667
<b>EUBO</b>	<i>Eunotia botuliformes</i>	3,08072	-0,0352447
<b>FRUN</b>	<i>Frustulia undosa</i>	2,50045	0,172834
<b>FRCS</b>	<i>Frustulia</i> sp. 1	-0,293848	-0,13679
<b>FRSA</b>	<i>Frustulia saxonica</i>	0,0164618	0,347482
<b>FRMA</b>	<i>Frustulia magna</i>	0,308271	0,055427
<b>FRCM</b>	<i>Frustulia</i> sp. 2	-0,36493	-0,0488452
<b>PIPO</b>	<i>Pinnularia pogoi</i>	-0,286045	-1,63338
	<b>Autovalores</b>	<b>0,42166</b>	<b>0,14526</b>
	<b>% variância</b>	<b>39,54</b>	<b>13,62</b>

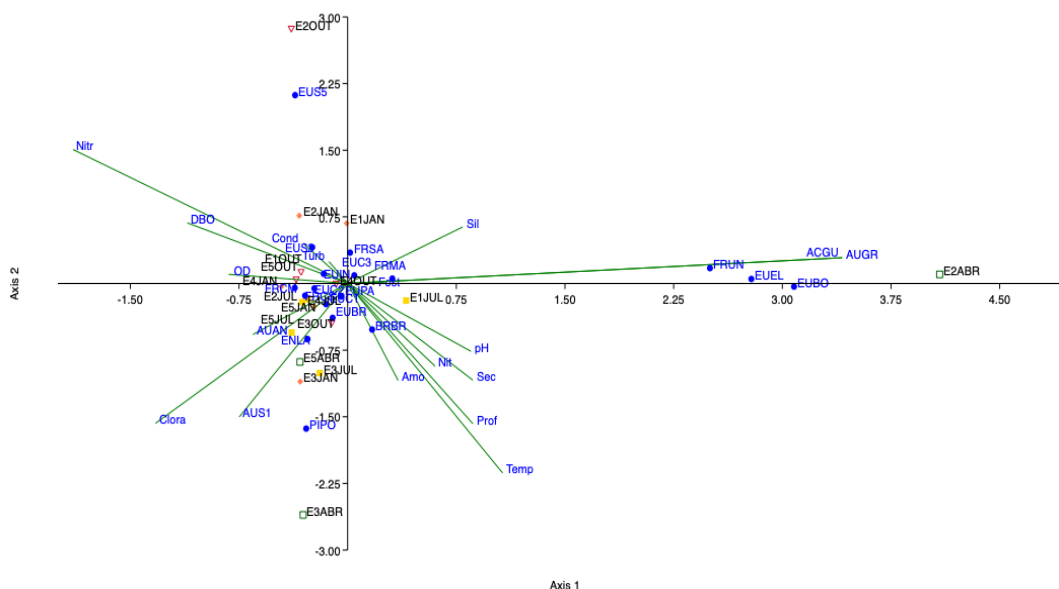
Fonte: Autora (2023).

Os dois primeiros componentes mostram um percentual de variância acumulada igual a 53%. O primeiro componente com 40% de explicação, esteve positivamente relacionado a temperatura ( $r=0,30$ ), a profundidade ( $r=0,24$ ) e ao Secchi ( $r=0,24$ ) (Tabela 5 e 6). As espécies com maiores relações a este componente foram as: *Actinella guianensis* Grunow ( $r= 0,97$ ), *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen ( $r= 0,97$ ),

*Frustulia magna* Meltzeltin & Lange-Bertalot ( $r=0,30$ ) e *Brachysira brebissoni* R. Ross ( $r= 0,16$ ).

O segundo componente, com 14% de explicação, esteve relacionado negativamente com a temperatura ( $r=0,60$ ), a profundidade ( $r= 0,45$ ) e ao nitrito ( $r= 0,26$ ) (Tabelas 5 e 6). As maiores relações das espécies com esse componente foram *Frustulia undosa* Meltzeltin & Lange-Bertalot ( $r=0,172834$ ), *Eunotia* cf. *incisa* W. Gregory ( $r=0,109072$ ), *Frustulia* sp 1 Rabenhorst ( $r=-0,13679$ ), e *Pinnularia pogoi* Ehrenberg ( $r=-1,63338$ ).

Figura 23: Gráfico de ordenação baseado na Análise de Correspondência Canônica (CCA) com as 22 espécies selecionadas e 14 variáveis abióticas em cinco estações amostrais do Lago do Juá. Os códigos das espécies são apresentados na Tabela 6.



Fonte: Gabriele Vidal (2023).

Dentre estas, oito espécies, a saber: *Actinella guianensis*, *Aulacoseira granulata*, *Eunotia botuliformis*, *E. rabenhorstiana* var. *elongata*, *E. sp. 9*, *Frustulia undosa*, *F. saxonica*, *F. magna*, apresentaram maior afinidade com pH ácido e aumento de sílica, característica marcante na composição da parede celular de diatomáceas.

Este grupo pertence a ordem Eunotiales, que apresentam afinidades por ambientes oligotróficos, com baixos valores de condutividade elétrica e pH ácido, como demonstrado no estudo de Raupp et al. (2009) no lago Cutiuauá - AM, que obteve a maior diversidade deste mesmo grupo. Além disso, este grupo é comumente registradas em

regiões de clima tropical e a maioria dos estudos dessa espécie é na Amazônia e principalmente em águas do tipo preta (Melo et al., 2010).

*Eunotia* sp. 9 (IC = frequente), foi registrada com maior abundância na estação E5 JAN (5,89%), mas também houve pequenos registros nas estações E1, E2 e E4 JAN, E2 e E5 ABR, e nas estações E1 e E2 JUL. *Eunotia rabenhorstiana* var. *elongata* (IC= constante), foi abundante na estação E2 ABR (17,59%), mas também registrado em menores abundâncias em todos os períodos estudados. *Eunotia botuliformes* (IC = esporádica), foi abundante na estação E2 ABR, nas águas altas, e na E1 JUL na vazante.

*Frustulia undosa* (IC = frequente), também foi abundante na E2 ABR no período de águas altas, e registrou menores abundâncias nas estações E1 JAN, E3 e E4 JUL, E1 e E3 e E4 OUT no período de águas baixas. *Frustulia saxonica* (IC = constante), apresentou registro em quase todas as estações amostrais (com exceção de E3 e E4 JAN), no entanto teve maior abundância em duas estações, na E1 e E2 JAN (5,98% e 12,85 %). *Frustulia magna* (IC= constante), foi registrada em todas as estações amostrais, sendo abundante na estação E4 JUL. O gênero *Frustulia* foi abundante em todas as estações amostrais. Grupo que tem afinidade com pH entre 5,0 e 7,0, também sendo um gênero distrófico com preferências oligotróficas e com boa quantidade de luz (Soares et al., 2011; Oliveira, 2014; Wengrat, 2016).

*Aulacoseira granulata* (IC=constante), houve registro em quase todas as amostras, mas sua maior abundância foi na estação E2 ABR (19,21 %), correspondente a vazante. Esta espécie é amplamente disponível em vários sistemas de água doce interior, e é relatada para indicar uma condição eutrófica em rios à medida que se acumulam para formar alta biomassa (Hötzel e Croome, 1996; Yang et al. 1997, Chong et al. 2009).

No estudo de Dantas (2010), realizado em um reservatório em Pernambuco, essa espécie foi encontrada no período chuvoso, em condições em que houve maior fluxo de nutrientes e a redução de luz. Mas, considerando que este gênero tem afinidade com ambientes mesotróficos e também com elevado nível trófico, o seu aparecimento em abundância no mês de abril pode ter ocorrido devido à grande quantidade de sedimento em suspensão presente no dia e na estação da coleta, havendo pouca transparência na água. Também é importante destacar que a E2 ABR, é a área de desembocadura do igarapé do Cucurunã, que já vem sofrendo impactos de atividades antrópicas referentes a especulação imobiliária (Silva, 2019).

Duas espécies, a saber: *Brachysira brebissonii* e *Eunotia parasiolli* estiveram mais relacionadas ao aumento de Temperatura, pH, Amônia, Nitrito, Secchi e Profundidade.

*Brachysira brebissonii* (IC = constante), foi presente em todas as amostras, porém com maior abundância na E3 JAN (8,18%). Geralmente é encontrado em baixas abundâncias (Guiry e Guiry, 2023). Pode ser observado em lagos ácidos a moderadamente ácidos e oligotróficos a mesotróficos, concentração leve a moderada de nutrientes (Silva-Lelmjuhl, 2020, Canani et al. 2011, Guiry e Guiry, 2023).

*Eunotia parasiolli* (IC= constante) onde foi registrada em todas as estações amostrais, e com abundância acima de 5% nas estações: E4 JAN, E1 e E2 JUL, e na E1 OUT. Como já foi citado, o gênero *Eunotia* tem afinidade com ambientes de águas ácidas, e em um estudo no Lago Tupé no Amazonas, o mesmo gênero foi encontrado em todas as amostras, sendo o maior em número de espécies e o mais abundante entre elas (Segundo; Melo; Pereira, 2009).

Cinco espécies, a saber: *Eunotia cf. incisa*, *E. sp. 8*, *E. sp. 3*, *E. sp. 5* e *Frustulia sp. 2* estiveram mais relacionadas com aumento de OD, Nitrito, DBO, Condutividade e Turbidez.

*Eunotia sp. 8* (IC = constante), foi abundante acima de 10% na estação E2 JAN e JUL, correspondente ao período de enchente e vazante respectivamente. *Eunotia cf. incisa* (IC = constante) foi registrada em todas as amostras com abundância acima de 5%. *Eunotia sp. 3* (IC = constante), foi abundante na E2 JAN no período de enchente. A mesma espécie foi registrada em todos os períodos, com exceção da estação E2 ABR.

No estudo de ecologia e taxonomia de *Eunotia* realizado em represas do Estado de São Paulo, a espécie *Eunotia incisa* foi a terceira espécie mais abundante, em águas consideradas oligotróficas até eutróficas, com baixa condutividade e pH ácido (Costa, 2015). No presente estudo, esta espécie se mostrou de fácil adaptação para todas as condições apresentadas em todas as estações amostrais.

No estudo de Almeida (2017) realizado no baixo Rio Negro em Manaus – AM, o gênero *Eunotia* obteve um elevado número de espécies, representando 39%. Duas estações apresentadas pela autora registraram valores altos de condutividade, provavelmente pela influência de dois igarapés que drenam efluentes da área urbana de Manaus carregando grande quantidade de matéria orgânica, sedimentos e nutrientes.

Sete espécies, a saber: *Aulacoseira granulata* var. *angustissima*, *Aulacoseira* sp 1, *Eunotia ventriosa* var. *brevis*, *E.* sp 7, *Encyonema latareolatum*, *Frustulia* sp. 1 e *Pinnularia pogoii*, estiveram mais relacionadas com maiores valores de clorofila a.

*Aulacoseira granulata* var. *angustissima* (IC =frequente), foi abundante em quatro estações (E5 ABR, E5 JUL, E1 e E5 OUT), e não houve registro no período de enchente. *Eunotia ventriosa* var. *brevis* (IC= constante), foi registrada nas estações E5 JAN, E3 ABR, E3 e E4 JUL e E3 OUT (acima 5%), mas houve registros em menores abundâncias em todas as outras estações nos meses coletados. Também a *Eunotia* sp. 7 (IC = constante) e também foram registradas em todas as amostras, mas com abundância acima de 5%, apenas nas estações E3 e E5 JAN, E1 e E2 JUL e na E1 OUT.

*Encyonema latareolatum* (IC= constante), foi abundante na E5 JUL (8,72%) correspondente a vazante. Também apresentou menores abundâncias nas outras estações amostrais (exceção E2 ABRIL). *Pinnularia pogoii* (IC= esporádica) teve maior abundância na estação E3 ABR (5,09%) e só teve registros em mais três estações (E5 ABR, E3 JUL e E5 OUT).

A *Aulacoseira* var. *angustissima* costuma formar colônias para melhorar a motilidade e aumentar a produção de biomassa (Hötzel e Croome, 1996). Devido a isso, é comum que esse gênero busque condições melhores de crescimento, como locais com bastante luz e nutrientes, por isso também é conhecido por ocorrer em ambientes eutrofizados (Krammer & Lange-Bertalot, 1991). No presente estudo, a abundância desta espécie ocorreu na estação E5 que é o canal de desembocadura para o Rio Tapajós, ambiente com maior nível de luz solar.

O gênero *Encyonema* de acordo com Taylor e Cocquyt (2016), possuem espécies de habitats ácidos a alcalinos e também podem estar presentes em ambientes oligotróficos e mesotróficos. No estudo que Azevedo (2019) desenvolveu na hidrelétrica de Curua-Una no Pará, foram registrados sete táxons em um reservatório que recebe muita incidência de luz solar, com pH entre ácido e básico e com baixas concentrações de nutrientes.

No estudo de Pereira et al., (2012) sobre o gênero *Pinnularia* no curso inferior do Rio Negro – AM, foi registrada a presença da espécie *Pinnularia pogoii*. O Rio Negro tem características ácidas e de baixa condutividade, onde a maior riqueza do gênero foi registrada no período de águas baixas. Pode se dizer que a sua abundância no presente estudo foi na estação em que não vemos a presença de árvores ou outro tipo de interferência que possa atrapalhar a incidência da luz solar, que é o centro do lago.

Através de uma abordagem integrada do uso de diatomáceas presentes no sedimento superficial e parâmetros físico-químicos, os resultados indicaram que o Lago do Juá apresenta condições hidrológicas que favorecem o aparecimento das 177 espécies registradas e listadas (Anexo 1). Evidenciando a distribuição e substituição da comunidade de diatomáceas por espécies de maiores tolerâncias à poluição orgânica e à eutrofização da água nas unidades amostrais distribuídas no Juá ao longo dos períodos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de uma abordagem integrada do uso de diatomáceas presentes no sedimento superficial e parâmetros físico-químicos, foi possível listar 177 táxons, comprovando que o Lago do Juá possui uma elevada riqueza de espécies.

Foram registradas a presença de gêneros considerados sensíveis e moderadamente tolerantes a poluição em todas as estações amostrais, sendo a ordem Eunotiales presentes em ambientes com baixa quantidade de nutrientes e encontrada em vários estudos amazônicos. E os gêneros *Aulacoseira* e *Brachysira*, conhecidos por terem preferências de ambientes com elevada quantidade de nutrientes.

Os parâmetros físicos e químicos não obtiveram uma variação significativa entre os períodos do ciclo hidrológico, mas todos os valores registrados estiveram dentro dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA Nº 430/2011. E a relação das espécies encontradas com as variáveis registradas, demonstrou que a condição atual do Lago do Juá é estável, porém com as agressões que vem ocorrendo ao longo de sua extensão e a descaracterização da paisagem, por conta dos processos de expansão territorial, associados ao crescimento urbano devido à ausência de planejamento e políticas públicas, é necessário que haja um melhor monitoramento ambiental.

Diante disso, o presente estudo é pioneiro no estado do Pará por abordar informações ecológicas de um grupo que são excelentes bioindicadores ambientais, e poderá ser utilizado para contribuir com informações da qualidade de água no Lago do Juá, com enfoque em pesquisas de programa de monitoramento de recursos hídricos, preservação e recuperação de ambientes que sofreram ou estão sujeitos as ações antrópicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, André Muniz. Monitoramento da Qualidade da Água: fatores físicos. *Aqua Culture Brasil*, 2018. Disponível em: <https://www.aquaculturebrasil.com/coluna/164/monitoramento-da-qualidade-da-agua:-fatores-fisicos>. Acesso em: 10/03/2022.

AR GALL E, LE DUFF M, SAURIAU PG, de CASAMAJOr MN, Gevaert F, POISSON E, Hacquebart P, JONCOURT Y, Barillé AL, BUCHET R, Bréret M, Miossec L (2016) Implementation of a new index to assess intertidal seaweed communities as bioindicators for the European Water Framework Directory. *Ecol Indic* 60:162–173

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. *Revista Árvore*, v.38, n.6, 2014.

AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S.; GOCH, Y. G.; GUIMARÃES, A. S.. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.20, n.4, p.1093-1102, 2015.

ALVES, I. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F.. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). *Acta Amazônica*, v.42, n.1, 2012.

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C.. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.22, n.1, p.45-56, 2017. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1413-41522016144803>.

Amazônica de saúde, 2010. Disponível em: [http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S2176-62232010000100022&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?pid=S2176-62232010000100022&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 11/02/2021.

ALMEIDA, P.D. & BICUDO, D.C. 2014. Diatomáceas planctônicas e de sedimento superficial em represas de abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, SP, Sudeste do Brasil.

ALMEIDA, Fabiane Ferreira de. O que as algas têm a dizer sobre o rio Negro? O uso de algas perifíticas como bioindicadoras de qualidade ambiental do baixo rio Negro, Manaus-AM. Tese (Doutorado) – Ciências Biológicas. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Manaus, 2017.

ALCÂNTARA, E. H. Análise da turbidez na planície de inundação de Curuaí (PA, Brasil) integrando dados telemétricos de imagens MODIS/TERRA / Enner Herenio de Alcântara. – São José dos Campos: INPE, 2006.

AZEVEDO, Jessica da Silva; TALGATTI, Dávia Marciana; TORGAN, Lezilda Carvalho; PEREIRA, Andreia Cavalcante; MELO, Sergio de. O gênero *Gomphonema* (Bacillariophyta) na comunidade perifíticas do rio e reservatório de Curuaí-una (Santarém, Pará, Brasil). *Rodriguésia* 69(2): 765-776. 2018.

AZEVEDO, Jessica da Silva. DIVERSIDADE DE DIATOMÁCEAS (BACILLARIOPHYTA) PERIFÍTICAS NO RESERVATÓRIO DE CURUÁ-UNA (SANTARÉM, AMAZÔNIA, BRASIL). Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) Programa de Pós-graduação em Doutorado Sociedade, Natureza e Desenvolvimento. Santarém, 2020.

BACELAR, Rívolo de Jesus. AVALIAÇÃO ESPACIAL DOS NÍVEIS DE MERCÚRIO TOTAL EM SEDIMENTOS DO RESERVATÓRIO DA UHE DE CURUÁ-UNA, PARÁ, BRASIL. Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos. Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Universidade federal do Oeste do Pará. 2017.

BARBER, H. G.; HAWORTH, E. Y. 1981. A guide to the morphology of the diatom frustule. Freshwater. Biological Association Scientific Publication 44:1-112.

BICUDO, C.E.M.; MENEZES, M. 2006. Técnicas para coleta, fixação, preservação e estudo. In: Bicudo, C.E.M.; Menezes, M. (Orgs.). Gêneros de algas continentais do Brasil (chave para identificação e descrições). Rima: São Carlos. 508p.

BRASIL, L. S., OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B., DIAS-SILVA, K., SHIMANO, Y., & Juen, L. (2022). Insetos aquáticos bioindicadores de mudanças de uso da terra no Pará, Brasil: evidências e perspectivas. *Oecologia Australis*, 26(3), 424-444.

BRASIL. LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Constituição Federal: inciso XIX do Artigo 21. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm). Acesso em: 15/02/2022.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Constituição Federal: incisos I e II do parágrafo único do Artigo 87. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 15/02/2021.

BASSOI, L.J. Índices de Comunidades Biológicas para avaliação da qualidade das águas com vistas à preservação da vida aquática. CETESB, 2006.

BATISTA, L. F.; MONTE, C. N.; CORREA, E. S.; NASCIMENTO, T. S. R.; COSTA, I. Avaliação da qualidade da água superficial em uma microbacia periurbana do município de Santarém, PA. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.13, n.2, p.117-133, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.002.0011>.

BICUDO, Denise C., TREMARIN, Priscila I., ALMEIDA, Priscilla D., ALMEIDA, Stéfano Zorzal, WENGRAT, Simone; FAUSTINO, Samantha B., COSTA, Livia F., BARTOZEK, Elaine C.R., ROCHA, Angélica C.R., BICUDO, Carlos E.M., MORALES, Eduardo A. (2016). Ecology and distribution of Aulacoseira species (Bacillariophyta) in tropical reservoirs from Brazil, *Diatom Research*, 31:3, 199-215, DOI: 10.1080/0269249X.2016.1227376.

CANANI, L.G.C., MENEZES, M. & TORGAN, L.C. 2011. Diatomáceas epilíticas de águas oligotróficas e ácidas do Sudeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25: 130-140.

CARVALHO, Mirian Leal. Efeitos da flutuação do nível da água sobre a densidade e composição do zooplâncton em um lago de várzea da Amazônia, Brasil. *Acta Amazonica* 13(5-6). 1983.

CARDOSO, MARCELIA CASTRO. Transformações socioambientais e espaço natural: o caso do Lago do Juá, Santarém - PA / Marcelia Castro Cardoso. - Santarém, 2018. 126f.: il.

CAVALCANTE, Kaoli. Diatomáceas –as algas douradas. Laboratório de Ficologia, Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~veiga/ficologia/diatomaceas.html>. Acesso: 10/03/2022.

COSTA, Livia Franco da. Taxonomia e ecologia de Eunotia (Bacillariophyceae) em represas das regiões Sul e sudeste do Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2015.

CHONG W, HUANG Y, SHENGBING H et al (2009) Variation of phytoplankton community before an induced cyanobacterial (*Arthrospira platensis*) bloom. *J Environ Sci* 21:1632–1638.

COX, E.J.; ROSS, R. 1981. The striae of pennatae diatoms. In: Ross, R (Ed.). *Proceedings of the sixty symposium on recent and fossil diatoms*. Otto Koetz, Hoenigstein. Germany, p. 267-278

DAJOZ, R. 1978. *Ecologia geral*. 3º Ed. Editora Vozes LTDA. Petrópolis. Rio de Janeiro. 472p.

DANTAS, Ênio Wocylí. *Ecologia da comunidade de algas planctônicas em reservatórios de Pernambuco (Nordeste, Brasil)*. Tese (Doutorado) – Doutorado em Botânica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2010.

Do Alto Solimões, Amazonas. *Educação Ambiental em Ação*, 2020. Disponível em: <http://revistaea.org/artigo.php?idartigo=4022>. Acesso em: 11/02/2021.

Dos Santos Lopes, M. J., Santiago, B. S., da Silva, I. N. B., & Gurgel, E. S. C. (2023). Impacto do desmatamento e queimas na biodiversidade invisível da Amazônia. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 16(1), 1-14.

*Ecologia Do Perifiton*. Front Cover. Ana Luiza Burliga, Albano Schwarzbald, Lezilda Carvalho Torgan. RIMA, Nov 3, 2016 - 413 pages.

ESTEVEES, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVEES, F. *Fundamentos de limnologia*. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FARIAS, N., SILVA, A. C., ROSÁRIO, L., & JÚNIOR, A. P. (2019). Sazonalidade, Distribuição dos gêneros, riqueza, abundância das diatomáceas em rios urbanos e as indicações ambientais. Paragominas, Pará (Brasil). *Enciclopédia Biosfera*, 16(30).

FARIA, D.M., TREMARIN, P.I. & LUDWIG, T.A.V. Periphytic diatoms from Itaquí reservoir, São José dos Pinhais, Paraná: Fragilariales, Eunotiales, Achnanthes and *Gomphonema* Ehrenberg. *Biota Neotrop.* 10(3): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/en/abstract?inventory+bn04110032010>.

FAVARETTO, C.C.R., TREMARIN, P.I., MEDEIROS, G., LUDWIG, T.A.V., BUENO, N.C. *Eunotia* (Bacillariophyceae) from a subtropical stream adjacent to Iguaçu National Park, Brazil, with the proposition of a new species. 21(1): e20190811. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0811>.

FERRARI, Fernanda; PROCOPIAK, Leticia Knechtel; ALENCAR, Yamile Benaion. Eunotiaceae (Bacillariophyceae) em igarapés da Amazonia Central, Manaus e Presidente Figueiredo, Brasil. *Acta Amazonica*. Outubro, 2022.

FERRARI, Fernanda; LUDWIG, Thelma Alvim Veiga. Coscinodiscophyceae, Fragilariophyceae e Bacillariophyceae (Achnanthes) dos rios Ivaí, São João e dos Patos, bacia hidrográfica do rio Ivaí, município de Prudentópolis, PR, Brasil. *Acta Botânica Brasil*, 21(2): 421-441, 2007.

GOMES, Taynara do Vale; CARDOSO, Ana Cláudia Duarte; COELHO, Helder Santos; OLIVEIRA, Kamila Diniz. Santarém (PA): um caso de espaço metropolitano sob múltiplas determinações. *Cad. Metrop.*, São Paulo, v. 19, n. 40, pp. 891-918, set/dez 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2017-4009>. Acesso: 03/05/2022.

GM GUIRY em Guiry, MD & Guiry, GM 31 de janeiro de 2022. *AlgaeBase*. Publicação eletrônica mundial, Universidade Nacional da Irlanda, Galway. <https://www.algaebase.org>; pesquisado em 14 de março de 2022.

GUIRY IN GUIRY, M.D.; Guiry, G.M. 2023. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. ([www.algaebase.org](http://www.algaebase.org)). Acesso em: 31 de maio de 2023.

GOMES, A. I. D. S. H. D. (2014). Alterações ambientais na costa Algarvia durante o Holocénico: um estudo com base em diatomáceas.

HERMANY, Guilherme. Ecologia da comunidade de diatomáceas epilíticas de um Sistema de rio de baixa ordem da região hidrográfica do Guaíba: subsídios ao monitoramento ambiental de ecossistemas aquáticos sul brasileiros. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2005.

HÖTZEL G, CROOME R (1996) Population dynamics of *Aulacoseira granulata* (EHR.) Simonson (Bacillariophyceae, Centrales), the dominant alga in the Murray River, Australia. *Arch für Hydrobiol* 191–215

HUSTEDT, F. 1965. Neue und wenig bekkante Diatomeen. IX Süßwassers Diatomeen aus Brasilien besondere des Amazonasgebiet. International Review of Hydrobiology, 50 (3): 391-409.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativas da população residente no Brasil e Unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2016. 2016, p. 1-12. Disponível em: Acesso em: 05 maio 2017.

Igarapé do Cucurunã é soterrado por obra na rodovia Everaldo Martins. Blog O Boto, 2019. Disponível em: <https://o-boto.com/blog/igarape-do-cucuruna-e-soterrado-por-obra-na-rodovia-everaldo-martins>. Acesso em: 23/11/2021.

IPCC, 2022: *Mudança Climática 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade*. Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [H.-O. Pörtner, DC Roberts, M. Tignor, ES Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge

JUNIOR, Antônio Pereira; MARQUES, José Raimundo Alves; Sousa, Luisa Helena Silva de; CASTRO, Beatriz Ferreira de; JESUS, Edmir dos Santos; GUTJAHN, Ana Lucia Nunes; MORAES, Gundisalvo Piratoba. Ações antrópicas ocorridas no bairro Maracanã e a avaliação de impactos ambientais em Santarém – PA. Research, Society and Development, v. 10, n. 15. dezembro, 2021.

Kahlert, M.; Kelly, M; Albert, R.L.; Almeida, S.F.P.; Besta, T.; Blanco, S.; ...; Vogel, A. 2012. Identification versus counting protocols as sources of uncertainty in diatom-based ecological status assessments. Hydrobiologia, 695: 109-124.

Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1991. Bacillariophyceae, Teil. 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Süßwasserflora Mitteleuropa 2/3. Fischer, Stuttgart, p. 1-576.

LIMA, Caio Simão; GRAZZIOTTI, Isabela Spinassé; SILVA, Lara Maria Viola. Uso de bioindicadores na avaliação da qualidade da água do rio Araraquara no distrito de Guaraná, Aracruz-ES. Revista Ifes Ciência, v.4, n.2, 2018.

Lobo, E.; Leighton, G. 1986. Estructurascomunitarias de las fitocenosis planctonicas de los sistemas de desembocaduras de rios y esteros de la zona central de Chile. Rev. Biol. Mar., 22 (1): 1-29.

Lobo, E.A.; Callegaro, V.L.M.; Bender, E.P. 2002. Utilização de algas diatomáceas epilíticas como indicadoras da qualidade da água em rios e arroios da região hidrográfica do Guaíba, RS, Brasil. EDUNISC, Santa Cruz do Sul.

MARMONTEL, Caio Vinicius Ferreira; RODRIGUES, Valdemir Antonio. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. Floresta e Ambiente. Botucatu/SP, 2015.

MANN, D. G. 1981. Sieves and flaps: siliceous minutiae in the pores of raphid diatoms. In: Proceedings of sixty symposium on recent and fossil diatoms. Ross, R. Otto Koetz, 57 Koenigstein. Germany. 279-300 pp.

METZELTIN, D.; Lange-Bertalot, H. 1998. Tropical Diatoms of South America I. Iconographia Diatomologica 5. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Koenigstein. 695 pp.

METZELTIN, D.; Lange-Bertalot, H. 2007. Tropical Diatoms of South America II. Iconographia Diatomologica 18. A.R.G. Gantner Verlag K.G, Koenigstein. 877 pp.

M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 20 de junho de 2018. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 14 de março de 2022.

M.D. Guiry in Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 7 de fevereiro de 2016. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>; searched on 14 de março de 2022.

MELO, Sergio Gouvea; RIBEIRO, Joseph Simoes; LOPES, Ruy Bessa; MOURA, Lucinewton Silva; SILVA, Julio Tota da. Análise físico-química da água de poços em uma área urbana de ocupação irregular na Amazonia Brasileira. Research, Society and Development, v. 11, n. 4, e25511427359, março, 2022.

MELO, Sergio; TORGAN, Lezilda Carvalho; RAUPP, Stela Valenti. *Actinella* species (Bacillariophyta) from an Amazon black water floodplain lake (Amazonas – Brazil). Acta Amazonica, vol. 40(2) 2010:269-274. 2010.

DIAS-NETO, José. O uso da biodiversidade aquática no Brasil: uma avaliação com foco na pesca. / José Dias Neto e Jacinta de Fátima Oliveira Dias. – Brasília: Ibama, 2015. 288 p.

NASCIMENTO, T. S. R.; MONTE, C. N.; CORREA, E. S. Qualidade de água em áreas influenciadas por uma estação de tratamento de esgoto na Amazônia. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.9, p.146-160, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0012>

NIERO, Mariana Mrotskoski. Influência de diferentes elementos da paisagem sobre a estrutura da comunidade de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) em um ambiente agrícola no sul de Santa Catarina. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

OLIVEIRA, Simone Alves de. Comparação da biodiversidade e da distribuição das diatomáceas planctônicas, perifíticas e de sedimentos superficiais nos reservatórios Cabuçu e Tanque Grande, Região Metropolitana de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica, Secretaria do meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo, 2015.

OLIVEIRA, Barbara Dunk; NOGUEIRA, Ina de Souza; SOUZA, Maria da Graça Machado. Eunotiaceae Kützing (Bacillariophyceae) planctônicas do Sistema Lago dos Tigres, Britânia, GO, Brasil. Hoehnea, 39(2): 297-313, 2012.

PATRICK, R.; REIMER, C.W. 1966. The Diatoms of United States: exclusive of Alaska and Hawaii. Philadelphia: Academy of Natural Sciences 13 (1): 688.

PEREZ, Isabella Miranda; JARDULI, Lucas Ribeiro; BRITTO, Yvana Cristina Tenório; RONDINA, Artur Berbel Lirio. Caracterização de Fatores Bióticos e Abióticos da Fazenda Matas do Lageadinho, Ourinhos, SP. Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO, 2017. Disponível em: [http://www.cic.fio.edu.br/anaisCIC/anais2017/pdf/08\\_04.pdf](http://www.cic.fio.edu.br/anaisCIC/anais2017/pdf/08_04.pdf). Acesso em: 10/03/2022.

PEREIRA, Cátia Alexandra Lúcio. Modelos de Interferência de Alterações Ambientais Baseados em Diatomáceas (Bacillariophyta) de Sedimentos das Lagoas dos Açores. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Ecologia Insular) – Departamento de Biologia, Universidade dos Açores. Ponta Delgada. 2013.

PEREIRA, Lilian Paula Faria; MERCANTE, Cacilda Thais Janson. A AMÔNIA NOS SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE PEIXES E SEUS EFEITOS SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA. UMA REVISÃO. *B. Inst. Pesca*, São Paulo, 31(1): 81 - 88, 2005.

PEREIRA, Andreia Cavalcante; TORGAN, Lezilda Carvalho; MELO, Sergio. Pinnularia (Bacillariophyta) do curso inferior do rio Negro, Amazonas, Brasil: taxonomia e distribuição temporal. *Revista Acta Amazonica*. vol. vol. 42(3) 2012.

PINHEIRO, D. C.; SALDANHA, E. C.; MONTE, C. N.. Índice de estado trófico e a proveniência do fósforo e clorofila-a em diferentes estações do ano em uma microbacia amazônica. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.5, p.89-100, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0009>

REGO, Jacilene Cleice Da Silva;CAVALCANTE, Maria Madalena de Aguiar. A territorialização das lutas e (re)existências no bairro vista alegre do juá em santarém –PA.Anais do XIV ENANPEGE(Encontro Nacional de Pós-Graduação ePesquisa emGeografia). Campina Grande: Realize Editora, 2021. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/78212>>. Acesso em: 28 abr. 2023

RESENDE, Alvaro Vilela de. Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. EMBRAPA Cerrados, 2002.

ROSS, R., COX, E.J., KARAYEYA, D.G., MANN, D.G., PADDOCK, T.B., SIMONSEN R.; SIMS, P.A. 1979. An emended terminology for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedwigia* 64: 513-533.

RUGGIERO, M.A.; GORDON, D.P.; ORRELL, T.M.; BAILLY, N.; BOURGOIN, T.; BRUSCA, R.C.; KIRK, P.M. 2015. A Higher Level Classification of All Living Organisms. *Plos One* 10 (4): e0119248.

SALOMONI, Saionara Eliane. Diatomáceas epilíticas indicadoras da qualidade de água na bacia do Rio Gravataí, Rio Grande do Sul, Brasil. Tese (Doutorado em ciências Biológicas) – Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade de São Carlos. São Carlos, São Paulo.2004.

SANTOS, Umberto de Menezes. Aspectos limnológicos do Lago Grande do Jutai (Amazônia Central), face as alterações químicas do meio hídrico da região. *Acta Amazonica* 10(4). 1980.

SANTOS, Gedinara Paiva dos; CANANI, Luís Gustavo Castro; MORTATI, Amanda Frederico; OLIVEIRA, Leidiane Leão de. Efeitos da integridade ambiental da zona ciliar e sua influência na qualidade da água de igarapés urbanos em Santarém-PA, Amazônia, Brasil. *Revista Brasileira de geografia Física*. Pernambuco, novembro, 2021.

SANTOS, G. P.. Avaliação hidroambiental de seis igarapés no município de Santarém/PA. Monografia (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia das Águas) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2017.

SÁ, Lena Lílian Canto de. Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do Rio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). *Revista Pan*

Semma constata desmatamento e barragens em igarapés de Santarém. *G1 Santarém e Região*, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/2016/12/semma-constata-desmatamento-e-barragem-em-igarapes-de-santarem.html>. Acesso em: 23/11/2021.

SEGUNDO, Walter Oliva Pinto Filho; MELO, Sergio; PEREIRA, Andreia Cavalcante. Composição e distribuição de diatomáceas (Bacillariophyta) em três diferentes habitats no lago Tupé (Amazonas-Brasil). XVIII Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/F APEAM/INPA. Manaus, 2009.

Simonsen, R. 1987. Atlas and catalogue of the diatom types of Fredrich Hustedt. J. Cramer. Berlin. 525p.

SILVA, Cricia Cavalcanti Ferreira da. Variabilidade espaço-temporal da comunidade de diatomáceas nos sedimentos superficiais da baía de Camamu (Bahia, Brasil) e suas variáveis ambientais estruturantes. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

SILVA, Ana Claudia de Souza da; FARIAS, Nayara do Socorro Nascimento; JUNIOR, Antônio Pereira. Diatomáceas como indicadoras da qualidade da água em rios urbanos. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n.6, p.34616-34643 jun. 2020.

SILVA-LEHMKUHL, A.M., LEHMKUHL, E.A., OLIVEIRA, S.A., MORAIS, K.S., BICUDO, D.C. E BICUDO, C.E.M. 2020. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. *Algae* 45: Bacillariophyceae (Naviculales: *Brachysira*). *Hoehnea* 47: e502019. <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-50/2019>.

SILVA, Alesandra Dyana Branches da. Percepção dos pescadores acerca dos impactos socioambientais decorrentes do processo de urbanização no entorno do lago do Juá, Santarém, Pará, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Ciências da Sociedade - Programa de Pós-Graduação em Ciências da Sociedade, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. 2019.

SIQUEIRA, Gilmar W.; APRILE, Fabio; MIGUÉIS, Antonio Miguel. Diagnóstico da qualidade da água do Rio Parauapebas (Pará-Brasil). *Acta Amazonica*, vol. 42(3) 2012: 413 – 422. 2012.

SIOLI, Harald. A Limnologia e a sua importância em pesquisas da Amazônia. *Amazoniana*, Band I, vol. 1. Pg. 11-35. dezembro, 1965.

SOUZA, Giane Soares de; KOENING, Maria Luise; LEÇA, Enide Eskinazi; COELHO, Maria de Pompeia Correia de A. Distribuição estratigráfica das Diatomáceas (Bacillariophyceae) em Sedimentos do Quaternário De Dois Irmãos, Recife – Pernambuco. II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. 2010.

SOUSA, B.L.M; GOCH, Y.G.F; LIMA, F.C.C; PELEJA, J.R.P; RIBEIRO, J.S; LEMOS, E.J.S; SOUSA, B.L.M; PEREIRA, B.S. Índice de Estado Trófico de Lagos de Águas Claras Associados ao Baixo Rio Tapajós, Amazônia, Brasil. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais* - v.9 - n.7. SETEMBRO, 2018.

Stoch, H. A. Von. 1970. Methods for preparation of small or delicate siliceous elements for the electron and light microscopy, especially of diatoms and small quantities of material. *Zeitschrift für wissenschaftlichen Mikroskopie*, 70: 29-32.

TEIXEIRA, Ana Paula; BRITO, Andressa de Oliveira; SOUZA, Francisco de; SILVA, Paulo Fernandes Roges Sousa Silva. Diatomáceas bioindicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos: uma revisão. *Natureza Online*, 16 (2): 018-025, fevereiro, 2018.

UNIVERSITY PRESS, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3056 pp., doi: 10.1017/9781009325844. UNIVERSITY OF COPENHAGEN. Biodiversity crisis is worse than climate change, experts say. *ScienceDaily*, 20 January 2012. Disponível em: [www.sciencedaily.com/releases/2012/01/120120010357.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2012/01/120120010357.htm). Acesso em: 27 abr. 2023.

VEIGA, B. V. Fatores intervenientes na dinâmica do fósforo em ambientes lenticos - investigação sobre o Reservatório de Alagados no Estado do Paraná. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

Vieira et al. (2022), *Acta Pesca News* 10[2]: 113-132 DOI 10.46732/actafish.2022.10.2.113-132

VIDOTTI, Eliane Cristina; ROLLEMBERG, Maria do Carmo E. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. *Química Nova*, vol. 27, nº 1, 139-145, 2004.

VIDAL, Regiane Gabriele Rocha. Diatomáceas perifíticas como bioindicadores de qualidade de água na microbacia do Urumari, Santarém (PARÁ, BRASIL). Dissertação (Mestrado em Recursos Aquáticos Continentais Amazônicos) – Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará. Pará. 2019.

VIDAL, Regiane Gabriele Rocha. Taxonomia e variação sazonal da Família Neidiaceae (Bacillariophyta) em dois lagos da área de proteção ambiental de Alter do Chão (Santarém, Pará, Brasil). Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará. Pará. 2017.

WETZEL, R. G. Recommendations for future research on periphyton. In: WETZEL, R. G. (Ed.). *Periphyton of freshwater ecosystems*. The Hague, The Netherlands: Dr. W. Junk, 1983. p. 339-346.

Yang J-R, Basu BK, Hamilton PB, Pick FR (1997) The development of a true riverine phytoplankton assemblage along a lake-fed lowland river. *Arch für Hydrobiol* 243–260.

ANEXO 1: Lista dos táxons registrados nas cinco estações amostrais (E1-E5) nos meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021 no Lago do Juá, com seus respectivos valores de indivíduos, riqueza, índice de diversidade de Shannon-Wiener e dominância.

Períodos Táxons	ENC (JAN)					AA (ABR)			VAZ (JUL)					AB (OUT)				
	E1	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
<i>Achnanthes</i> sp. 1 Bory	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes</i> sp. 2 Bory	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Actinella brasiliensis</i> Grunow	1	6	4	0	6	0	4	4	0	2	8	0	0	0	0	0	9	0
<i>Actinella guianensis</i> Grunow	4	7	0	0	8	83	0	0	3	8	3	1	1	3	0	0	0	0
<i>Actinella hustedtii</i> J.P. Kociolek	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Actinella lima</i> J.P. Kociolek	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Actinella mirabilis</i> Grunow	0	2	2	1	3	12	3	5	4	0	0	1	0	1	4	1	1	2
<i>Actinella rianegrensis</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i> Ehrenberg	1	0	1	0	62	8	91	89	9	0	61	12	84	35	12	144	56	66
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> Ehrenberg	0	0	0	0	0	0	0	31	16	4	16	7	67	33	1	28	7	19
<i>Aulacoseira</i> sp. Ehrenberg	13	0	64	3	3	0	39	1	0	0	49	0	14	13	5	39	0	47
<i>Melosira</i> sp. C. Agardh	1	0	1	0	6	0	7	4	1	0	11	6	7	2	0	2	1	1
<i>Brachysira brebissoni</i> R. Ross	6	5	39	3	18	18	19	6	18	20	21	10	7	3	4	6	8	5
<i>Brachysira rostrata</i> (Krasske) Metzeltin & Lange-Bertalot	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	1	4	0	2
<i>Brachysira serians</i> var. <i>acuta</i> (Hustedt) Hamilton	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Carpatogramma</i> sp. Grunow	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Craticula riparia</i> Hustedt	12	2	0	0	0	4	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Craticula</i> sp. 1 Grunow	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Cyclotella</i> sp. 1 Kutzing	1	2	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbopleura</i> sp. 1 Krammer	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Diploneis krammeri</i> Lange-Bertalot & E.Reichardt	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Discostella</i> sp. 1 V. Houk & R. Klee	0	0	0	0	5	0	1	2	1	0	10	5	11	7	2	6	2	4







<i>Neidium hamatum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	0	0	2	0	5	3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1
<i>Neidium latum</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Neidium</i> sp. 1 Pfitzer	0	1	1	0	0	0	1	2	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Neidium</i> sp. 2 Pfitzer	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neidium</i> sp. 3 Pfitzer	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neidium</i> sp. 4 Pfitzer	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	1	1	0	0	0
<i>Hantzschia amphyoaxis</i> (Ehrenberg) Grunow	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia</i> cf. <i>palea</i> (Kützing) W.Smith	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia rhombofasciata</i> Krammer e Metzeltin	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia amoena</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pinnularia subboyeri</i> Metzeltin e Krammer	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> cf. <i>pisciculus</i> var. <i>angusta</i> Metzeltin & Krammer in Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia divergens</i> var. <i>malayensis</i> Hustedt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia brauniana</i> (Grunow) Mills	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia discrepantia</i> Metzeltin & Krammer	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia</i> cf. <i>interruptiformes</i> W. Smith	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia rostratissima</i> var. <i>superventricosa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	0	0	3	0	7	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	0
<i>Pinnularia nobilifasciata</i> Krammer & Metzeltin	0	0	0	0	4	0	14	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia pogoi</i> Sherer	0	0	0	0	0	0	26	5	0	0	9	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pinnularia rostratissima</i> var. <i>ventricosa</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	2	0	1	0	3	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
<i>Pinnularia latevittata</i> Cleve	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia instabilis</i> (A.W.F.Schmidt) Metzeltin	11	1	0	8	2	0	3	1	1	0	3	7	1	1	0	2	1	1
<i>Pinnularia sterrenburgii</i> var. <i>sterrenburgii</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1	2	18	1	0	0	1	1	1	0	1	2	1	1	0	2	1	1
<i>Pinnularia instabiliformis</i> Krammer & Lange-Bertalot	2	3	2	8	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1



<i>Sellaphora</i> sp. 4 Mereschowsky	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sellaphora</i> sp. 5 Mereschowsky	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stauroneis</i> aff. <i>Anceps</i> Ehremberg	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Stauroneis hasta</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	2	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
<i>Staurosira acutirostrata</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stenopterobia</i> cf. <i>amazônica</i> Guerrero, Núñez Avellaneda & Kociolek	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Stenopterobia amazonica</i> Guerrero, Núñez Avellaneda & Kociolek	7	5	14	0	3	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0
<i>Stenopterobia planctonica</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	1	0	2	2	0	0	0	3	0	0	6	0	0	1	0	1	0	0
<i>Stenopterobia hulli</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	6	0	1	6	0	0	0	0	1	1	2	4	2	0	0	0	0	0
<i>Stenopterobia pelágica</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella davidsonii</i> A.W.F.Schmidt	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Surirella grunowii</i> Kulikovskiy, Lange-Bertalot & Witkowski	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella guatimalensis</i> Ehrenberg	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
<i>Surirella linearis</i> var. <i>constricta</i> Grunow	0	0	0	0	8	0	23	8	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0
<i>Surirella braunii</i> Hustedt	0	0	0	0	5	0	12	2	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1
<i>Surirella</i> aff. <i>biseriata</i> var. <i>constricta</i> (Grunow) Hustedt in A. Schmidt	0	14	2	0	1	0	0	3	1	1	1	0	1	1	4	4	1	16
<i>Surirella</i> aff. <i>linearis</i> var. <i>helvetica</i> (Brun) Meister	0	0	3	0	1	0	0	1	1	0	2	0	1	0	1	1	0	0
<i>Surirella grossestriata</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella</i> aff. <i>vasta</i> var. <i>linearis</i> Hustedt	0	0	0	0	1	0	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella rottii</i> Hustedt	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella</i> aff. <i>congolensis</i> Cocquyt & J.C. Taylor	0	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella stalagma</i> Hohn & Helleman	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Urosolenia</i> sp. (Round and Crawford) emended Rott	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Nº de indivíduos</b>	418	428	477	419	526	432	511	420	460	415	469	460	447	434	403	489	427	458
<b>Riqueza</b>	69	35	50	35	67	33	60	75	52	32	57	47	39	46	41	54	39	46
<b>Índice de Diversidade de Shannon</b>	3,11	2,55	3,02	2,37	3,1	2,72	3,33	3,34	2,89	2,31	3,16	2,53	2,45	2,43	2,26	2,83	2,38	2,69

ANEXO 2: Lista dos táxons registrados com abundância acima de 5% nas cinco estações amostrais (E1-E5) durante os meses de janeiro, abril, julho e outubro de 2021 no Lago do Juá.

<i>Táxons</i>	ENC (JAN)					AA (ABR)			VAZ (JUL)					AB (OUT)				
	E1	E2	E3	E4	E5	E2	E3	E5	E1	E2	E3	E4	E5	E1	E2	E3	E4	E5
<i>Actinella guianensis</i> Grunow	0,96	1,64	0,00	0,00	1,52	19,21	0,00	0,00	0,65	1,93	0,64	0,22	0,22	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aulacoseira granulata</i> Ehrenberg	0,96	1,64	0,00	0,00	1,52	19,21	0,00	0,00	0,65	1,93	0,64	0,22	0,22	0,69	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Aulacoseira granulata</i> var. <i>angustissima</i> Ehrenberg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,38	3,48	0,96	3,41	1,52	14,99	7,60	0,25	5,73	1,64	4,15
<i>Aulacoseira</i> sp 1 Ehrenberg	3,11	0,00	13,42	0,72	0,57	0,00	7,63	0,24	0,00	0,00	10,45	0,00	3,13	3,00	1,24	7,98	0,00	10,26
<i>Brachysira brebissoni</i> R. Ross	1,44	1,17	8,18	0,72	3,42	4,17	3,72	1,43	3,91	4,82	4,48	2,17	1,57	0,69	0,99	1,23	1,87	1,09
<i>Encyonema latareolatum</i> Krammer	0,48	0,47	3,56	2,63	0,57	0,00	4,11	3,57	1,52	1,93	3,20	0,43	8,72	0,23	0,50	2,86	1,17	0,22
<i>Eunotia conectiva</i> 1 Ehrenberg	0,48	3,27	7,97	2,39	6,84	1,39	3,13	4,29	5,65	5,78	3,41	2,17	2,68	9,22	4,47	4,50	4,22	4,37
<i>Eunotia conectiva</i> 2 Ehrenberg	1,91	6,54	3,35	1,91	3,80	0,00	0,78	0,95	3,48	6,02	2,99	2,61	4,03	4,15	2,48	1,64	2,34	3,06
<i>Eunotia conectiva</i> 3 Ehrenberg	1,67	0,70	0,00	2,15	5,89	0,69	0,00	0,48	1,74	1,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Eunotia parasiolli</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0,96	2,34	2,94	5,73	2,28	1,85	1,57	2,86	10,43	6,75	2,99	3,48	1,34	5,07	2,98	0,82	4,22	3,06
<i>Eunotia cf incisa</i> W.Smith ex W.Gregory	36,12	34,81	18,87	34,61	26,62	8,80	9,59	15,95	33,26	42,89	19,62	38,91	28,41	42,40	47,39	14,72	43,56	31,88
<i>Eunotia</i> sp 3 Ehrenberg	0,72	9,58	0,21	0,24	0,19	0,00	0,20	0,24	0,22	0,24	0,64	0,22	0,22	0,69	0,74	1,43	0,23	0,22
<i>Eunotia</i> sp 5 Ehrenberg	0,48	0,00	0,00	1,19	0,19	0,00	0,20	0,24	0,22	0,24	0,21	0,00	0,22	0,23	15,14	0,20	0,23	0,00
<i>Eunotia rabenhorstiana</i> var. <i>elongata</i> Metzeltin & Lange-Bertalot	0,24	0,00	0,00	0,24	0,38	17,59	0,20	0,24	3,26	0,24	0,21	0,00	0,22	0,23	0,50	0,20	2,11	0,00



ANEXO C: Microscopia óptica das 22 espécies com abundancia acima de 5%. 1. *Actinella guianensis*; 2. *Aulacoseira granulata*; 3. *Aulacoseira* sp1; 4. *Braquisyra brebissoni*; 5. *Encyonema latareolatum*; 6. *Eunotia* sp7; 7. *Eunotia* sp8; 8. *Eunotia* sp9; 10. *Eunotia parasiolli*; 11. *Eunotia* cf. *incisa*; 12. *Eunotia* sp3; 13. *Eunotia* sp5; 14. *Eunotia rabenhortiana* var. *elongata*; 15. *Eunotia ventriosa* var. *brevis*; 16. *Eunotia botuliformes*; 17. *Frustulia undosa*; 18. *Frustulia* sp1; 19. *Frustulia saxônica*; 20. *Frustulia* sp2; 21. *Frustulia magna*; 22. *Pinnularia pogoi*.

