

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ  
CAMPUS LARANJAL DO JARI  
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

VALKIRIA CHAVES VIEIRA

**COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FITOPLÂNCTON DE UM TRECHO  
DO BAIXO RIO JARI, SUL DO AMAPÁ, BRASIL**

LARANJAL DO JARI

2023

VALKIRIA CHAVES VIEIRA

**COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FITOPLÂNCTON DE UM TRECHO  
DO BAIXO RIO JARI, SUL DO AMAPÁ, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Darley Calderaro Leal Matos.

Coorientadora: Dra. Elane Domênica Cunha de Oliveira

LARANJAL DO JARI

2023

Biblioteca Institucional - IFAP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

- V658c    Vieira, Valkiria Chaves  
          Composição e riqueza de espécies de fitoplâncton de um trecho do baixo  
          Rio Jari, sul do Amapá, Brasil. / Valkiria Chaves Vieira - Laranjal do  
          Jari, 2023.  
          50 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de  
          Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari,  
          Curso de Licenciatura em Ciências Biológica, 2023.
- Orientadora: Darley Calderaro Leal Matos .  
          Coorientadora: Elane Domênica Cunha de Oliveira.
1. Diatomáceas. 2. Grupos Funcionais . 3. Similaridade de espécies. I.  
          Matos , Darley Calderaro Leal , orient. II. Oliveira, Elane Domênica  
          Cunha de , coorient. III. Título.
-

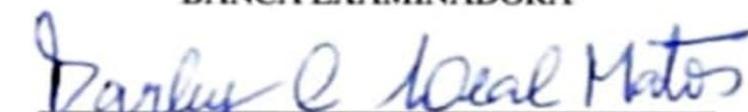
VALKIRIA CHAVES VIEIRA

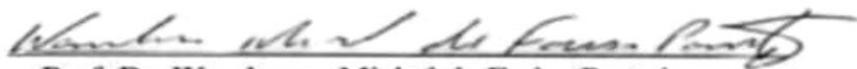
**COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE ESPÉCIES DE FITOPLÂNCTON DE UM TRECHO  
DO BAIXO RIO JARI, SUL DO AMAPÁ, BRASIL**

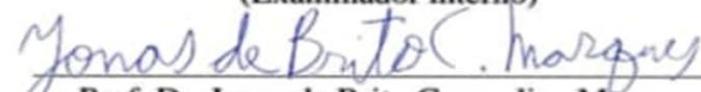
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal do Amapá, Campus Laranjal do Jari, como requisito avaliativo para obtenção de título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Darley Calderaro Leal Matos.  
Coorientadora: Dra. Elane Domênica Cunha de Oliveira

**BANCA EXAMINADORA**

  
Dra. Prof.<sup>a</sup> Darley Calderaro Leal Matos  
Instituto Federal do Amapá – Campus LRJ  
Orientadora/Presidente da Banca

  
Prof. Dr. Wanderson Michel de Farias Pantoja  
Instituto Federal do Amapá – Campus LRJ  
(Examinador interno)

  
Prof. Dr. Jonas de Brito Campolina Marques  
Instituto Federal do Amapá – Campus LRJ  
(Examinador interno)

Apresentado em: 18/12/2023.

Conceito/Nota: 9,5

## AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, criador e mantenedor do universo, que em seu bom humor faz da minha vida uma Graça, doada por Si.

Ao Instituto Federal do Amapá, campus Laranjal do Jari por me introduzir à academia, por me proporcionar oportunidades inigualáveis, me fazendo crescer intelectual e emocionalmente e me tornando profissionalmente preparada através de seu ensino gratuito e de qualidade. Desejo que todos tenham a chance de estudar com chances igualitárias, sem meritocracia. A educação deve ser para todos.

À Jari Celulose por me ceder dados importantes para a realização desta pesquisa.

À minha orientadora, Darley Calderaro Leal Matos, Deus realizou meu sonho quando te enviou com sua mente brilhante, realizando meu desejo de fazer a monografia com uma temática maravilhosa que é a comunidade fitoplanctônica, em área específica de biologia. Saiba que foi um privilégio ser sua aluna, sua aprendiz, sua amiga e, agora, sua colega de formação. Admiro a sua força, a sua perspicácia, a sua inteligência, o seu bom senso, autoridade e carinho com que ensina, é ótimo ouvir suas risadas, seus questionamentos assertivos, aprender com sua sistemática quando aprimora seus métodos e ter contato com você que é um exemplo de alguém que é livre no Senhor. Saiba que você é amada por seus alunos. Aceite minhas desculpas por dar tanto trabalho rs. Obrigada por tanto.

À minha coorientadora que me direcionou as fontes desta pesquisa, me treinou com vigor, renovou na minha vida o desejo de fazer uma pesquisa mesmo na dura realidade que é fazer pesquisa no país. Obrigada por me ensinar a correr atrás do conhecimento sobre fitoplâncton. Vocês são mulheres fortes para enfrentar os desafios de fazer pesquisa no país.

À Mônica Moraes Vilhena, técnica em biologia, por me auxiliar e ceder os horários no laboratório de Microscopia todos os dias que precisei ficar horas a fio nas análises das lâminas no desenrolar da minha pesquisa.

Aos meus professores, Franciscleyton Silva dos Santos, meu primeiro preceptor no Programa de Práticas Pedagógicas Inovadoras em 2019, por sua responsabilidade e franqueza como profissional e ser humano.

À Rita de Cássia Chaves (*in memoriam*), que ensinava biologia como quem respira, naturalmente; sua frase “somos todos cientistas” ecoa na minha cabeça a cada dia que me aprofundo na ciência.

A Robson Alves Marinho, que poderia “ser de humanas” de tanto afeto que demonstrava por seus alunos, mas a genialidade com que ensina ciências da natureza, não deixa dúvidas: ele nasceu para mediar conhecimento de ciências da natureza e suas tecnologias.

A Jonas de Brito Campolina Marques que com avidez e senso crítico me fez amar ainda mais biologia, e adotou a nossa turma, a Bio19.1, como sua favorita (sem ciúmes pessoal, são palavras dele); comemorou um aniversário conosco e nos disse que tudo podemos.

Ao professor e amigo, Wallace J. Reis que me ensinou além de um sotaque mineiro, a encarar a docência com mansidão, domínio próprio e sobriedade nos estágios e na forma de avaliar os discentes; lembrando outra paixão minha que é química, no bacharel (que um dia será concluído haha). Todo sucesso profs. Um abraço.

À professora e amiga Laiana Vanessa Pereira Carneiro, que atuou como minha professora, mas que nos aproximamos enquanto foi minha preceptora no Programa de Residência Pedagógica da CAPES, persistiu em me dar conselhos e exercer sua generosidade para comigo. Abraço apertado, Lai!

À Núbia Caramello que com sua energia inesgotável pegou pela minha mão e me incentivou a realizar minha primeira publicação em um Workshop Internacional, quando me incluiu no projeto de pesquisa “Vozes do Jari”, ano de 2022. Minha gratidão, professores.

Aos meus grandes amigos Andrei Teles Oliveira, amigo para todas as horas, com quem compartilho o fascínio pela biologia, te admiro pelo controle nas finanças e por correr atrás dos seus sonhos sem exposições desnecessárias.

A Gabriel Willckson Conceição Pereira, um ser humano espetacular que com seu bom humor e cuidado auxilia a todos nós, apenas pela recompensa de saber que estamos bem;

À Laís Lorena Cunha de Souza, uma mulher super gentil e responsável, que me provoca admiração por lutar por suas metas com tanto vigor.

A Rafael Willckson Conceição Pereira, amigo das piadas internas, grandes realizações para vocês.

Aos amores da minha vida: Heloísa Bruna Vieira Pedroso, minha sobrinha e afilhada, cuja existência é como balsamo nas nossas vidas; minha Helô, tão genial e com essa personalidade linda, que você cresça com saúde e faça o que gosta. Obrigada por existir, amor da tia.

A Rosires Pedroso Neto, uma das maiores surpresas da minha vida nos últimos anos, pelo amor recíproco e curador que têm dispensado a mim, por seus cuidados e compreensão para comigo nessa fase tão cheia de desafios. Obrigada.

A Bruno Chaves Vieira, meu irmão que de tão parecido comigo física e emocionalmente divide momentos engraçados, épicos, saudosos e nostálgicos sobre nossa infância no agora. É fácil ser

tua irmã, tenho orgulho de ti, do nosso crescimento. Obrigada por sempre enfrentar a vida comigo. Te amo!

À Valéria Chaves Vieira Pedroso, com quem posso ser sempre sincera e honesta a respeito de mim mesma, e pelo privilégio de te ter em minha vida, pela sintonia de irmãs, pelo amadurecimento juntas, assim fica menos pesado encarar a vida. Obrigada por cuidar de mim e ter me dado sobrinhos maravilhosos. Te amo, sucesso.

A José Evandro Castro Pedroso, esposo de minha irmã mais nova, pela empatia, ótimas comidas, paciência e carona para casa nos fins de semana. Obrigada.

À Tatiana Chaves Vieira, minha irmã mais velha que por sua natureza generosa, expressiva e engraçada me tornou alguém melhor apontando meus defeitos com carinho para eu melhorar como ser humano.

Ao meu pai, Adonildo Ferreira Vieira, pelo privilégio de nascer sua filha nesta vida; por, desde a infância, incentivar o meu senso crítico e desenvolver em mim uma visão única do mundo; por me dar segurança, proteção e amor, pela paciência de sempre, em lidar com a minha personalidade, pelo pulso forte na formação do meu caráter, e ainda assim em me ceder liberdade para eu fazer minhas próprias escolhas, por estar ao meu lado até nas minhas limitações, por não apenas incentivar meus estudos, mas, também, por investir seus recursos, como o tempo, desde que me ensinava as tarefas no ensino fundamental, até aqui com recurso financeiro durante o ensino superior, sei que sempre terei seu apoio. Eu lhe amo demais!

À minha mãe, que basta olhar para saber como me ajudar, me orgulha a sua forma simples de levar a vida, sua simpatia, seu bom humor, sua empatia, generosidade, leveza e seu carinho para lidar comigo e com todos os outros ao seu redor; você me faz querer ser uma pessoa melhor, obrigada por me amar até nos meus momentos de inutilidade. Eu lhe amo demais!

Ao meu padrasto, Edgar Ferreira Rodrigues que além de ser uma referência de pessoa, chegou em nossas vidas como alguém que cuida, aconselha e é disposto a ajudar. Obrigada por cuidar da minha mãe. Muita saúde!

À Vanilma Ramalho Cunha e João Guilherme Silva Cunha que cuidaram de mim como filha em Laranjal do Jari, e minha irmã postiça, Júlia Beatriz Ramalho Cunha, que dividiu sua família comigo (sem muitos ciúmes haha), à Maria Ilma Ramalho Borges, outra mãe presente na vida e no incentivo aos estudos; à Jussinéia Oliveria Ramalho, Antônio Valmir Lima Ramalho e Antônio Lucas Oliveira Ramalho, esta família que abraçou as minhas dificuldades em fazer uma graduação, disponibilizando sua casa e computador para eu produzir meus trabalhos no primeiro ano da faculdade. Compartilhou suas experiências de vida com carinho e me deu lições de humanidade e espiritualidade como ninguém. Obrigada pela amizade e afeto.

A todos os colegas que caminharam comigo durante estes quase 5 anos de graduação e de Ifap, em especial Eluana de Almeida da Silva Pereira, por seu carisma e cuidado comigo num dos anos difíceis do curso.

A Elisandra Silva Neto, minha dupla nas aulas remotas, seu empenho foi um reflexo positivo para o meu amadurecimento como discente.

À Cleyla Duarte de Almeida, sua bondade e calma me fizeram bem, admiro sua força, garota. Ao meu grupo de trabalho atual, na turma, foi uma honra viver tudo isso com vocês: Obrigada pela acolhida.

À Pedro Gonçalo Madeira de Souza, a quem eu chamo carinhosamente de Petrus, e com quem rola os melhores debates, as intrigas e o apoio mútuo, presentes em uma amizade para além de incrível, tua dedicação sempre me inspira;

À Tássia L. Lopes Rodrigues, a *best* por quem tenho profunda admiração e amizade, alguém tão única quanto se possa ser, leal, generosa, lúcida, e parceira – uma das melhores qualidades que o ser humano pode polir.

À Wendria Maria Pantoja Matos, de quem me aproximei nos primeiros meses de graduação, decidida e perspicaz como ninguém, obrigada por compartilhar sua caminhada conosco.

À Marli Braga dos Santos com sua visão única sobre o mundo, costuma dar ótimos conselhos, obrigada por seu tempo e amizade.

À Aldriellen Flexa da Silva, que tem mais força do que imagina, sensível e amiga para as horas difíceis. Suas amizades foram essenciais para a minha permanência na faculdade.

Aos meus colegas de formação Midiane Carmo de Almeida, José Wallerson Farias Lima, Izabela Priscila Tavares Barbosa e Rafael Vieira da Silva que trilharam a jornada semelhante e com muito esforço têm, agora, o título de graduados. Os últimos compartilhando e interagindo sempre na nossa paixão em comum que é a biologia.

À minha amiga de longa data, Beatriz Priscila Tavares Barbosa, que mesmo de longe está sempre a me ouvir e apoiar, ouvindo os dissabores e aventuras desta vida acadêmica louca, na qual eu estive e que talvez perdue, ainda, por mais um tempo, já que você me incentiva à pós-graduação. Grata pela compreensão e amizade do passado, de agora e de sempre.

Às empresas de transporte coletivo, Cattani S.A Transportes e Turismo em nome dos senhores Plínio Jairlo da Paz, gerente, e, Rodrigo de Lima da Silva, cobrador;

À Transoliveira, em nome de Rosiane Pereira de Lima da Silva, estes que com simpatia me disponibilizavam os passe-escolares de meia passagem para estudante dos quais tenho direito.

À Ângela Maria dos Santos de Almeida, amiga de generosidade que abraça a todos a seu redor, uma incentivadora para mim nas horas que lutei comigo mesma para não desistir; obrigada pelo

amor e cuidado, pelas comidas gostosas que alimentavam não só o físico, mas o meu emocional, meu espiritual. Sua vida é tão preciosa, e é um combustível para as pessoas que tem a honra de conviver com você.

A meu primo, William Chaves Dinelly e Alcijane Ferreira Chaves, minha tia. Juntos eles me apoiam, me incentivam e não apenas isso, me presentearam com um aparelho de celular que me mantém conectada e que também utilizo para ler, estudar, revisar. Por me amarem e me incentivarem, agradeço.

À Françoise de Almeida Marreiros; Cynthia de Almeida Menezes e Arthur de Almeida Menezes pela acolhida em sua casa no período do meu curso de capacitação ministrado no IEPA, campus fazendinha. Gente dedicada e classuda. Pela gentileza de me receberem no seu lar, agradeço.

A Mateus Alho Maia, pela colaboração, por compartilhar opiniões, emoções e vivências desta fase da vida acadêmica. Agradeço.

Às tias e tio do refeitório que sabem até o quanto eu como e me alimentaram todos os dias de trabalho duro no laboratório de microscopia.

A todos que direta ou indiretamente me incentivaram na vida pessoal, sem saber me deram força na vida acadêmica: muito obrigada.

“[...] Plâncton é uma alga  
De água doce ou de água salgada [...]”  
Música: Spirogyra  
(BEN JOR, Jorge, 1993).

## RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Jari é um afluente à margem esquerda do Rio Amazonas, que apresenta um trecho a jusante a sua foz, denominada baixo curso do Rio, que mais sofre intervenção antrópica, tais como expansão urbana, despejo de esgoto e à presença da barragem da Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari. Estes fatores podem alterar as condições físico-químicas da água que pode interferir na ocorrência de fitoplâncton. Considerando isto, este estudo visou analisar a composição e riqueza de espécies de fitoplâncton em um trecho do baixo curso do Rio Jari, sul do Amapá. Para isto, foram coletadas amostras em três diferentes pontos de um trecho à margem esquerda do Rio Jari. Posteriormente, foram analisadas 10 lâminas de cada amostra em microscópio óptico, e os indivíduos observados foram desenhados e fotografados para posterior identificação por meio de literatura taxonômica atualizada. Foi calculado o índice de Jaccard para analisar a similaridade das espécies ocorrentes entre os pontos, e através de uma matriz de similaridade foi feita uma ordenação para verificar a composição de fitoplâncton entre os pontos quanto à formação de grupos funcionais. Foram identificadas 33 espécies de fitoplâncton, a maioria pertencente à classe Bacillariophyceae. A espécie *Phacus* sp. ocorreu nos três pontos amostrados; *Eudorina elegans* foi comum aos pontos 1 e 3, enquanto *Cymatopleura* sp. ocorreu nos pontos 1 e 2. A similaridade de espécies entre os três pontos foi baixíssima variando de 0,05 a 0,09, e a ordenação mostrou que os pontos são distintos quanto à composição de espécies mostrando alta diversidade beta. A análise dos grupos funcionais mostrou que as espécies de fitoplâncton ocorrentes são características de ambientes aquáticos perturbados ou poluídos.

**Palavras-chave:** Diatomáceas; Diversidade beta; Grupos Funcionais; Similaridade de espécies.

## ABSTRACT

The Jari river basin is a tributary on the left bank of the Amazon River, which has a section downstream of its mouth, called the lower course of the river, which suffers most from human intervention, such as urban expansion, sewage dumping and the presence of dam of the Santo Antônio do Jari Hydroelectric. Considering this, this study aimed to analyze the composition and richness of phytoplankton species in a stretch of the lower course of the Jari River, south of Amapá. For this, samples were collected at three different points on a stretch on the left bank of the Jari River. Subsequently, 10 slides of each sample were analyzed under an optical microscope, and the individuals observed were drawn and photographed for later identification through updated taxonomic literature. The Jaccard index was calculated to analyze the similarity of species occurring between the points, and using a similarity matrix, an order was made to verify the composition of phytoplankton between the points in terms of the formation of functional groups. 33 species of phytoplankton were identified, most belonging to the class Bacillariophyceae. The species *Phacus* sp. occurred at the three sampled points; *Eudorina elegans* was common to points 1 and 3, while *Cymatopleura* sp. occurred at points 1 and 2. The species similarity between the three points was very low, ranging from 0.05 to 0.09, and the ordination showed that the points are distinct in terms of species composition, showing high beta diversity. The analysis of functional groups showed that the phytoplankton species occurring are characteristic of disturbed or polluted aquatic environments.

**Keywords:** Beta diversity; Diatoms; Functional Groups; Species similarity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da Bacia Amazônia nacional, com destaque em azul para os seus principais afluentes. ....	18
Figura 2 – Localização da Bacia do Rio Jari dentro do território estadual do Amapá, com destaque em vermelho delimitando o rio. ....	19
Figura 3 – Vista aérea da cidade de Laranjal do Jari (A) e vista da orla de Vitória do Jari (B), ambas situadas à margem esquerda do Rio Jari - Ap. ....	20
Figura 4 – Índices binários, sendo representados com suas respectivas fórmulas (Coeficiente de Jaccard e Coeficiente de Sorensen). ....	27
Figura 5 – Localização do estado do Amapá a nível nacional, marcando as coordenadas da área de estudo, à margem esquerda do Rio Jari, Amapá. A marcação das bandeirolas em verde é o posicionamento dos pontos P1, P2 e P3, onde foram realizadas as coletas do fitoplâncton. ...	28
Figura 6 – Rede de captura de fitoplâncton utilizada nas coletas em campo (A); medição da variável de transparência da água através do disco de Secchi (B). ....	29
Figura 7 – Desenhos feitos de indivíduos encontrados em lâminas do Ponto 1 e Ponto 2. ....	30
Figura 8 – Diatomáceas não identificadas devido à ruptura de suas frústulas. Vista valvar no aumento de 400x no microscópio óptico (MO). ....	33
Figura 9 – A – F Phacus; G e H – Colônias de Eudorina elegans; I) Cymatopleura, imagens vistas ao microscópio óptico no aumento de 400X. ....	34
Figura 10 – Imagem das espécies que ocorreram exclusivamente em cada ponto amostrado (aumento 400x). A) Staurodesmus dejectus; B) Spirogyra; C) Navicula; ( <b>P1</b> ); D) Aulacoseira granulata; E) Synedra sp.; ( <b>P2</b> ); F) Bambusina sp. G) Eutetramorus, H) Euglena acus, I)( <b>P3</b> ). ....	35
Figura 11 – Ordenação produzida com os valores do índice de similaridade de Jaccard. Em (A) distribuição dos pontos no gráfico bidimensional; em (B) a posição das espécies nos três pontos. ....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Grupos funcionais de atributos morfológicos, nomeados em algarismos alfanuméricos, organizados por Kruk et al., (2010b). .....	23
Tabela 2 – Representação de grupos gerais propostos por Brasil e Huszar (2011).....	25
Tabela 3 – Valores dos índices de similaridade de Jaccard entre pares de pontos amostrados neste estudo. ....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 A Bacia Amazônica.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 Caracterização limnológica do Rio Jari .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 O Fitoplâncton como bioindicador (grupos funcionais) .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4 Estudos sobre o fitoplâncton no Amapá.....</b>	<b>25</b>
<b>3.5 Diversidade em comunidades .....</b>	<b>26</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Caracterização da área de estudo e pontos de amostragem .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Análise qualitativa do fitoplâncton .....</b>	<b>29</b>
<b>4.3 Análise de dados .....</b>	<b>31</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Bacia Amazônica abrange uma vasta área na América do Sul com extensão total de 6.925.694 km<sup>2</sup>, alcançando diversos países como Peru, Colômbia, Venezuela, Equador, Bolívia, Guiana e Brasil, ocupando assim aproximadamente 40% do território sul-americano (BRASIL, 2015). No Brasil, abrange os estados do Amazonas, Roraima, Acre, Rondônia, Amapá, Pará e parte do Mato Grosso, englobando o Rio Amazonas, com um total de 10 sub-bacias e 2.752 rios (ANA, 2015).

A bacia hidrográfica do Rio Jari, um afluente da margem esquerda do rio Amazonas, localizado ao sudoeste do estado do Amapá, nasce no Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque e desagua ao sul do estado com extensão de 58 mil Km<sup>2</sup>. O rio apresenta um trecho a montante da cachoeira de Santo Antônio, que representa 94,9% da sua extensão total, dominada por ambientes característicos de rios montanhosos; e o trecho a jusante ou em direção à sua foz (baixo Jari) que compreende 5,1% de sua extensão total, dominam ambientes de planície amazônica com espécies típicas da várzea amazônica (RIMA, 2009).

A maioria dos problemas ambientais ocorre no baixo curso do Rio Jari é devido à presença da barragem da Hidrelétrica Santo Antônio do Jari (UHESAJ), a 150 km a montante da foz do rio e próximo também à cachoeira de Santo Antônio, e à margem esquerda está localizado a cidade de Laranjal do Jari, no baixo curso do rio. A cidade de Laranjal do Jari surgiu sem nenhum planejamento, devido à ocupação populacional desordenada em áreas próximas ao leito do rio (planície de inundação) formando um dos maiores “favelões fluviais” do país chamado Beiradão, onde os efluentes urbanos da cidade são lançados diretamente no rio. Além disso, o baixo curso do rio sofre com alterações devido à urbanização ao longo da margem, à navegação, às atividades de pesca e abastecimento urbano (EDP JARI, 2009).

No período chuvoso da região, de março a maio, ocorre o transbordamento lateral do rio, onde as planícies mais baixas ficam totalmente submersas. O aumento no nível das águas do rio influencia na mudança de parâmetros físico-químicos da água (ABREU; CUNHA, 2015) e associado à poluição causada pelo despejo de resíduos sólidos provenientes da cidade, pode interferir na ocorrência de fitoplâncton.

Por fitoplâncton entendemos como o conjunto de organismos microscópicos, autotróficos ou mixotróficos, os quais se encontram flutuando na coluna d'água, sem motilidade própria, pertencentes ao grupo do plâncton. A comunidade fitoplanctônica, por sua vez, é diversa e ostenta representantes significativos, tais como as cianobactérias que podem ser potencialmente tóxicas e as microalgas (ESTEVES, 1998; XAVIER *et al.*, 2021).

O monitoramento destes organismos fitoplanctônicos, conforme Silveira e Queiroz (2006) se enquadram como critério de vigilância de potabilidade da água para o consumo e poderá, também, indicar determinados níveis de poluição a que pode ser acometido um rio.

Por seu caráter de rio amazônico, o Rio Jari possui sazonalidade própria consistente com o volume pluviométrico atuante, conforme a época do ano. Tal dinâmica permite, ainda, a poluição do tipo difusa neste curso d'água, a qual tem origem em fontes distintas, como esgoto doméstico, contaminação industrial na qual a água da chuva escoada pelas vias urbanas, levando diversos contaminantes em seu conteúdo, sendo ao final recebida pelo rio. A poluição difusa agrega desde a origem diversos fatores, tornando-se de controle complexo (SIOLI, 1985; MITCHELL, 2005; ABREU; CUNHA, 2017).

A ocorrência e predomínio de certas espécies, como as cianofíceas e diatomáceas são utilizados como parâmetros biológicos de inspeção recomendados pela Portaria 1469/01 do Ministério da Saúde, nos domínios dos cursos de abastecimento de água ou mananciais. (SILVEIRA; QUEIROZ, 2006).

Com base no relatório final do Diagnóstico Técnico Participativo desenvolvido pela parceria entre TEDPLAN (2021), UNIFAP e FUNASA menciona o baixo Rio Jari, no trecho urbano, margem esquerda, à montante, como manancial pelo fato de atuar como local de captação de água para o consumo e por apresentar as etapas de captação, floculação, decantação, filtração, cloração, fluoretação e distribuição, em conformidade, também, com a descrição da resolução 357 do CONAMA (2005), na categoria de corpos d'água de Classe II. (CONAMA, 2005).

O ambiente aquático amazônico tem sido prejudicado constantemente no decorrer dos anos devido à região não dispor de um sistema adequado de saneamento básico, o que contribui para que os efluentes domésticos e industriais sejam despejados sem tratamento prévio em seus rios, acarretando danos ambientais, como a eutrofização (AMORIM *et al.*, 2019; OLIVER *et al.*, 2020).

Júnior, Ferreira e Marques (2009) afirmam que tais alterações ecossistêmicas podem alterar a composição e riqueza de espécies de fitoplâncton por perturbar os níveis de gradiente bióticos e abióticos nas comunidades aquáticas, em razão de ações humanas como a poluição.

Conjuntos de algas podem ser agrupados conforme afinidades de fatores existentes na água, e até prevenir a sua assiduidade no local, se na presença ou falta de nutrientes, resíduos orgânicos e inorgânicos. Logo, estes organismos respondem às alterações nas variáveis físico-químicas da água, como temperatura, pH, luminosidade, turbidez, sólidos em suspensão, e

enriquecimento exacerbado de elementos inorgânicos como fósforo (P), elemento que pode causar eutrofização (JÚNIOR; FERREIRA; MARQUES, 2009; TEIXEIRA, 2018).

Além disso, as alterações ambientais (sazonais e antrópicas) tem o potencial de interferir na composição e riqueza de espécies de fitoplâncton, principalmente pela relativa baixa temperatura no período chuvoso, que apesar de ser uma variável física, sua oscilação pode alterar os níveis dos outros parâmetros físico-químicos da água.

Existe uma carência de literaturas concernente a estudos sobre a composição e riqueza do fitoplâncton no baixo Rio Jari. Dessa forma é urgente desenvolver estudos incluindo diversas abordagens sobre os seres fitoplanctônicos, que nos permita conhecer estes importantes bioindicadores dos ecossistemas, para subsidiar ações de manejo no baixo curso do Rio Jari já impactado pelas ações humanas.

Dessa forma, este estudo visa analisar a composição e riqueza de espécies de fitoplâncton em um trecho do baixo curso do Rio Jari, sul do Amapá. A presente investigação buscou responder questões, tais como: (a) quais as espécies de fitoplâncton ocorrem no Rio Jari no período chuvoso? (b) a composição e a riqueza de espécies de fitoplâncton variam em diferentes pontos ao longo do Rio Jari? (c) as espécies ocorrentes estão relacionadas à formação de grupos funcionais ou indicadores de condições ambientais?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar a composição e riqueza de espécies de fitoplâncton em um trecho do baixo curso do Rio Jari, sul do Amapá.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar as espécies de fitoplâncton ocorrentes em um trecho do baixo curso do rio;
- Analisar se a composição e riqueza de espécies de fitoplâncton variam ao longo de diferentes pontos em um trecho à montante do rio;
- Analisar a composição de espécies de fitoplâncton quanto à formação de grupos funcionais ou indicadores de condições ambientais;

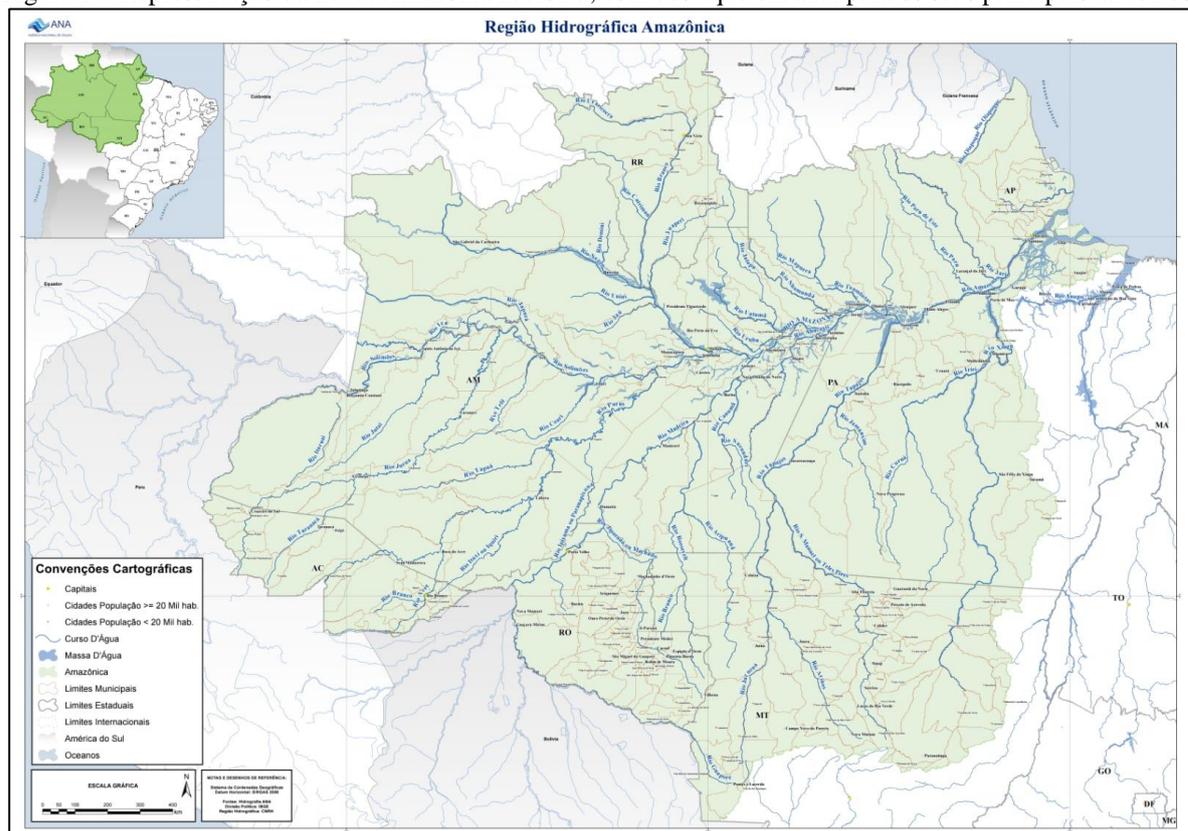
### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A Bacia Amazônica

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), essa bacia atravessa diversos países da América do Sul, sendo o Brasil o que detém a maior parte de seu território, com 63%. Os demais países que compartilham a bacia são o Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e Guiana (0,2%) (ANA, 2015).

Dentro do território brasileiro, a Bacia Amazônica abrange sete estados, com as seguintes proporções: Amazonas (35,07%), Pará (27,86%), Mato Grosso (20,17%), Rondônia (5,30%), Roraima (5,01%), Acre (3,41%) e Amapá (3,19%) (FERREIRA, 2020) (Figura 1).

Figura 1 – Representação da Bacia Amazônica nacional, com destaque em azul para os seus principais afluentes.



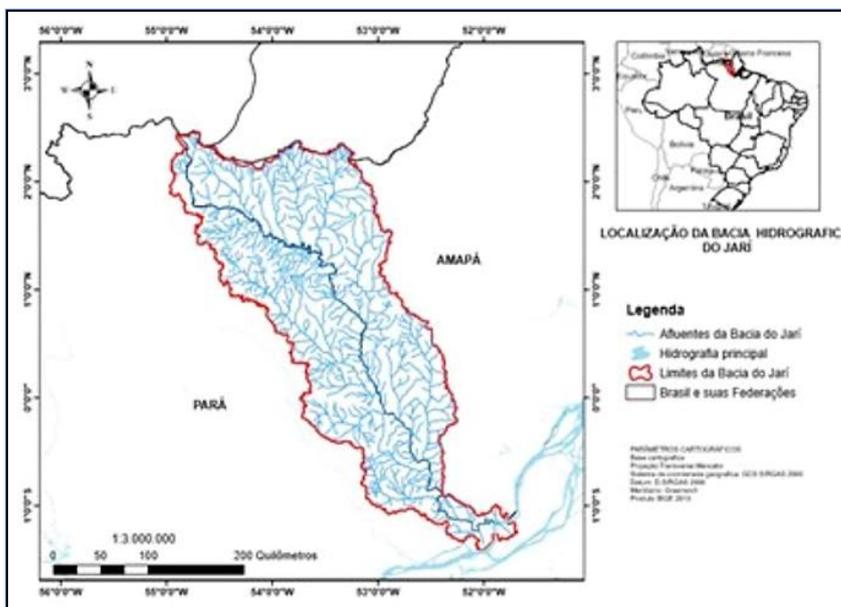
Fonte: Agência Nacional das Águas (2015)

A interconexão desses rios e suas águas são responsáveis pela formação de uma complexa e vital Rede Hidrográfica, que influencia o ecossistema e a vida de milhões de pessoas que habitam a região.

### 3.2 Caracterização limnológica do Rio Jari

É notório que a Amazônia é um dos principais biomas brasileiros, possuindo uma grande biodiversidade que torna a região um verdadeiro cenário paisagístico. Além disso, a região possui a maior bacia hidrográfica do mundo, tendo ainda a maior disponibilidade de água doce (OLIVEIRA; CUNHA, 2014). Essa bacia tem diversas divisões ao longo dos estados que compõem a Amazônia brasileira, dentre elas a bacia hidrográfica do Rio Jari (Figura 2) que tem abrangência em três municípios do Amapá, sendo eles: Mazagão, Laranjal do Jari e Vitória do Jari e o distrito de Monte Dourado no Pará.

Figura 2 – Localização da Bacia do Rio Jari dentro do território estadual do Amapá, com destaque em vermelho, delimitando o rio.



Fonte: Adaptado de Hydros Engenharia (2010).

De acordo com a Hydros Engenharia (2010) a bacia hidrográfica do Rio Jari possui uma extensão de 845 Km, com área de aproximadamente 57.000 km<sup>2</sup> nascendo na Serra do Tumucumaque, com altitude de 656 metros. Oliveira e Cunha (2014) citam que esta bacia possui uma série de rios tributários, sendo eles: Curap, Colari, Cuc, Mapari, Noucouru, Iratapuru, Ipitinga e Carecuru, além do igarapé Caracaru.

O Rio Jari é navegável em diversos pontos, tendo limites nas proximidades da Vila Munguba, localizada no distrito de Monte Dourado e que tem em sua área o porto flúvio-marítimo da empresa Jari Celulose. Observa-se que além da navegação o rio também é utilizado como fonte de renda para as populações ribeirinhas que moram no seu entorno, desenvolvendo atividades extrativistas na região (OLIVEIRA; CUNHA, 2014).

Este corpo d'água sofre com pressões antrópicas através do despejo inadequado de efluentes domésticos pela população dos municípios de Laranjal do Jari e Vitória do Jari, ocasionando impactos ambientais que podem contribuir para o desequilíbrio ambiental do ecossistema aquático na região (OLIVEIRA; CUNHA, 2014; ABREU; CUNHA, 2017) (Figura 3).

Figura 3 – Vista aérea da cidade de Laranjal do Jari (A) e vista da orla de Vitória do Jari (B), ambas situadas à margem esquerda do Rio Jari - Ap.



Fonte: TedPlan, (2021)

Outro ponto de pressão que o Rio Jari tem é a presença da Usina Hidrelétrica Santo Antônio do Jari que tem contribuído com o aumento dos impactos ambientais na área de sua instalação (ABREU; CUNHA, 2017).

A região da bacia hidrográfica do Rio Jari tem como clima predominante o tropical úmido (Am), sofrendo influência de fatores externo como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o El Niño e os ventos alísios que são responsáveis pelo transporte de umidade do Oceano Atlântico, além da presença da Floresta Amazônica que faz com que exista a precipitação localizada, assim como os altos índices de evapotranspiração (LUCAS; BARRETO; CUNHA, 2010; SANTOS; CUNHA; CUNHA, 2014).

Dados disponíveis no Sistema Nacional de Informação Hidrológica, afirmam que a Bacia do Rio Jari possui uma vazão média de 1.278 m<sup>3</sup>/s e vazão de referência (Q95%) igual a 163,3 m<sup>3</sup>/s (SNIH, 2014). A literatura corrobora com tais dados, comentando ainda que a precipitação na região tem variação anual de 1.850 e 2.550 mm, tendo nos meses de março, abril e maio o período chuvoso da região (GOMES SOBRINHO *et al.*, 2012; SILVEIRA, 2014).

Quanto aos parâmetros físico-químicos da água, o Rio Jari apresenta baixa quantidade de material em suspensão, é oligotrófico, pH ácido, enquadrando-se como rios de águas claras (EPE, 2011). Quanto à qualidade da água compatível a um ambiente de águas correntes de boa qualidade, com alta concentração de oxigênio, boa penetração da luz, baixa densidade de organismos planctônicos (microalgas e microcrustáceos) (ABREU; CUNHA, 2015).

Na região da bacia do Rio Jari é possível encontrar ainda áreas de preservação com base na legislação de proteção ambiental, sendo pela presença da biodiversidade local e de comunidade de povos originários. Neste panorama, é possível observar na área a existência de Unidades de Conservação, sendo elas: o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, a Estação Ecológica do Jarí AP/PA e a Reserva Biológica do Maicuru, a Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Iratapuru a Reserva extrativista do Rio Cajari e a Floresta Estadual do Paru, de proteção integral e de uso sustentável, respectivamente (PROGÊNIO *et al.*, 2019).

### **3.3 O Fitoplâncton como bioindicador (grupos funcionais)**

Os estudos voltados para a análise da interação entre o fitoplâncton e o ambiente aquático se tornam uma ferramenta de grande relevância para as questões ambientais, principalmente levando em consideração as características de bioindicador ambiental que tal grupo apresenta. Essas pesquisas buscam compreender a existência de alterações limnológicas que podem ocorrer em determinada região através de possíveis ações antrópicas ocasionando modificações no ambiente aquático (YUSUF, 2020).

Violle *et al.* (2007), define atributos funcionais quaisquer características morfofisiológicas, fenológicas, anatômicas etc. que cooperam para o aumento da eficiência biológica dos organismos tais como crescer, se reproduzir e sobreviver; e entende-se por grupos funcionais um conjunto de espécies com características e funções semelhantes nos ecossistemas.

O primeiro autor a realizar a descrição do fitoplâncton através de grupos funcionais (GF) foi Reynolds (1984) e posteriormente, Reynolds *et al.* (2002), também renovou publicações a este respeito. Neste último trabalho foi proposto a listagem de grupos funcionais (REYNOLDS, 1984a; REYNOLDS *et al.*, 2002).

Para Reynolds *et al.* (2002), a organização dos grupos funcionais sugere gradientes de parâmetros ambientais e certa intuição a respeito de quais táxons se façam presentes no local de sobrevivência de grupos em comum. A partir dos grupos funcionais ou indicadores ocorrentes

em cada ponto podemos traçar a características desse ambiente e até mesmo prever alterações ambientais.

A disposição dos microrganismos ao redor do mundo obedece ao princípio de “*Bass-Becking Principle*” cuja definição é expressa por “tudo está em toda parte, mas o ambiente seleciona”, postulado por Becking (1934) na obra “*Geobiologie of inleiding tot de milieukunde*” adaptado por Reynolds *et al.*, (2002) na Ecologia do Fitoplâncton. De um lado, o ambiente atua como responsável por selecionar espécies predominantes do local, de outro lado, complementa Furman (2009), só resiste àquele ambiente os seres adaptados as suas condições e possibilidades (BECKING, 1934; FURMAN, 2009; REYNOLDS *et al.*, 2002).

Esta abordagem permite a análise do fitoplâncton a partir de características do ambiente, levando em consideração as microalgas polifiléticas que geralmente estão dispostas em 40 grupos funcionais ou alfanuméricos (GEMAQUE *et al.*, 2020).

Em 2010, Kruk *et al.*, (2010) descreveram os grupos funcionais com elementos alfanuméricos, classificando-os de acordo com seu crescimento e constantes de assimilação de nutrientes. Utilizando mais de 700 espécies de água doce e mais de 200 lagos tropicais, o estudo sugeriu que a morfologia seria um bom critério de separação para divisas de grupos funcionais (Tabela 1).

Tabela 1 – Grupos funcionais de atributos morfológicos, nomeados em algarismos alfanuméricos, organizados por Kruk *et al.*, (2010b).

GFBM	Descrição	Grupo taxonômico	Táxons representativos	V (µm <sup>3</sup> )	S (µm <sup>2</sup> )	S/V (µm <sup>-1</sup> )	MDL (µm)	Aer	Fla	Muc	Het	Sil
I (n=87)	Organismos pequenos com alta razão S/V	Chlo, Chro, Osci, Xant, Ulot	<i>Chlorella minutissima</i> , <i>Scenedesmus ellipticus</i> , <i>Synechocystis aquatilis</i> , <i>Chroococcales</i> < 1µm, <i>Jaaginema pallidum</i> , <i>Monodus</i> sp., <i>Stichococcus bacillaris</i>	12,9 0,3-120	134 2,3-8191	5,1 1,5-28,7	7,8 0,8-43,6	0,02 0-1	0,03 0-1	0,06 0-1	0,00 0	0,00 0
II (n=69)	Organismos pequenos flagelados com estruturas silicosas	Chry	<i>Chromulina gyrans</i> , <i>Dinobryon cylindricum</i> , <i>Mallomonas pulcherrima</i> , <i>Pseudopedinella</i> sp.	629 1,0-10469	308 4,7-2783	1,6 0,3-6,8	17,1 2,0-164	0,00 0	1,00 1	0,00 0	0,00 0	1,00 1
III (n=45)	Filamentos grandes com aerótopos	Nost, Osci	<i>Anabaena crassa</i> , <i>Aphanizomenon issatschenkoi</i> , <i>Cylindropermopsis raciborskii</i> , <i>Limnothrix planctonica</i> , <i>Planktothrix agardhii</i>	1541 8,1-8708	1553 19,6-4598	1,7 0,4-4,3	95,7 2,5-259	1,00 1	0,00 0	0,27 0-1	0,64 0-1	0,00 0
IV (n=183)	Organismos de tamanho médio faltando traços especializados	Chlo, Osci, Xant, Zygn	<i>Coelastrum microporum</i> , <i>Micractinium pusillum</i> , <i>Monoraphidium griffithii</i> , <i>Pediastrum duplex</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> , <i>Pseudanabaena limnetica</i> , <i>Arachnochloris minor</i> , <i>Closterium acutum</i> , <i>Zygnema</i> sp.	1543 12,7-48255	791 29,1-18200	1,6 0,1-5,1	37,0 4,6-700	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0
V (n=122)	Flagelados unicelulares de tamanho médio a grande	Cryp, Dino, Eugl, Volv, Chlo	<i>Cryptomonas ovata</i> , <i>Ceratium hirundinella</i> , <i>Gymnodinium crecooides</i> , <i>Euglena próxima</i> , <i>Trachelomonas curta</i> , <i>Pyramimonas longicauda</i> , <i>Chlamydomonas globosa</i>	2444 2,4-164779	764 8,9-20997	1,2 0,1-4,9	17,5 2,1-190	0,00 0	1,00 1	0,00 0	0,00 0	0,00 0
VI (n=98)	Organismos não flagelados com estruturas silicosas	Baci	<i>Acanthoceros zachariasii</i> , <i>Aulacoseira granulata</i> , <i>Cyclotella atomus</i> , <i>Cyclotella meneghiniana</i> , <i>Urosolenia eriensis</i> , <i>Asterionella formosa</i> , <i>Cylindrotheca closterium</i>	3143 7,8-57106	1344 19,2-17473	1,1 0,2-3,6	44,1 2,8-244	0,00 0	0,00 0	0,00 0	0,00 0	1,00 1
VII (n=106)	Grandes colônias mucilaginosas	Chlo, Chro, Osci	<i>Botryococcus braunii</i> , <i>Eutetramonas fotii</i> , <i>Oocystis lacustris</i> , <i>Aphanocapsa delicatissima</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> , <i>Romeria okensis</i>	43152 10,9-2,4e+6	3062 24,4-87616	1,0 0-6,0	30,1 3,5-244	0,04 0-1	0,00 0	1,00 1	0,00 0	0,00 0

Fonte: Kruk *et al.*, (2010)

Kruk *et al.* (2012), comentam, ainda, que essa classificação por grupo funcional colabora para uma melhor compreensão acerca da interação dos organismos com as alterações

ambientais. Tal fato destaca a importância de estudar o modo como essa comunidade se desenvolve em ambientes aquáticos tropicais, como os rios amazônicos.

A maioria dos estudos sobre fitoplâncton no bioma amazônico estão relacionados com a taxonomia, a composição florística e/ou ecologia do fitoplâncton (SOPHIA; HUSZAR, 1996; KRISTIENSEN; MENEZES, 1998; KEPPELER *et al.*, 1999; MELO; HUSZAR, 2000). Salienta-se ainda a existência de reclamações desses autores pela falta de informação divulgada, principalmente no que diz respeito à perda de dados que foram coletados por pesquisadores estrangeiros e que em muitos casos não obtiveram maior alcance dentro da comunidade científica.

Observa-se que a partir da década de 1970 os trabalhos publicados se debruçaram em fornecer uma classificação satisfatória para a estrutura do fitoplâncton, em especial na possibilidade de padronizar aspectos naturais de ocorrência do grupo em meios aquáticos, para que assim medidas fossem tomadas de forma eficiente, sempre que necessário como pontuam Nishimura *et al.* (2015). Nota-se que a partir disso foram elaboradas estratégias que permitiam a análise através de grupos funcionais, os índices de saprobidade e os índices de integridade ecológica (SILVA *et al.*, 2019).

Brasil e Huszar (2011) fizeram uma atualização dos GFs de Reynolds *et al.* (2002) e defendem categorias para os atributos morfológicos, tais como: morfológicos relativos à forma e tamanho; fisiológicos relacionados à concentração e composição de pigmentos fotossintéticos, capacidade de fixação de nitrogênio, produção de toxinas; comportamentais se limitando à mixotrofia, motilidade; e de hábitos de vida, segundo sua reprodução assexuada/sexuada e produção de estágios de dormência. Conforme esta série de condições, os autores agrupam os GFs. (Tabela 2)

Tabela 2 – Representação de grupos gerais propostos por Brasil e Huszar (2011).

Códigos	Hábitats	Representantes típicos	Tolerâncias	Sensibilidades
N <sub>A</sub>	Lagos oligo-mesotróficos, atelomíticos, de baixas latitudes	<i>Cosmarium</i> , <i>Stauroidesmus</i> , <i>Staurastrum</i>	condições intermediárias de luz, deficiência de nutrientes	mistura profunda, baixas condições de luz
MP	Lagos rasos inorganicamente, túrbidos	<i>Surirella</i> spp., <i>Fragilaria construens</i> , <i>Cocconeis</i> sp.	baixas condições de luz	estratificação
T <sub>C</sub>	Águas constantemente eutróficas, ou rios com baixo fluxo com macrófitas emergentes	Cianobactérias epifíticas, <i>Oscillatoria</i> spp., <i>Phormidium</i> spp., <i>Lyngbya</i> , <i>Rivularia</i>		
T <sub>D</sub>	Águas constantemente mesotróficas ou rios com baixo fluxo com macrófitas submersas	Desmídias epifíticas e metafiticas, algas verdes filamentosas, diatomáceas que residem no sedimento		
T <sub>B</sub>	Ambientes altamente lóticos	Diatomáceas epifíticas, <i>Nitzschia</i> spp., <i>Navicula</i> , <i>Gomphonema</i> spp., <i>Fragilaria</i> spp., <i>Achnanthes</i> spp.		

Fonte: Brasil e Huszar, 2011.

### 3.4 Estudos sobre o fitoplâncton no Amapá

No cenário amazônico ainda são escassos estudos referentes à aplicabilidade de pesquisas qualitativas e investigativas dos grupos funcionais de fitoplâncton na região (SOUSA, 2017; AMORIM *et al.*, 2019).

A diversidade fitoplanctônica amapaense ainda é desconhecida, evidenciando que novos estudos necessitam ser realizados dentro dessa temática. Por exemplo, foi descrito em 2011, pela primeira vez para o estado do Amapá, os gêneros *Staurastrum*, *Stauroidesmus*, *Xantidium* (SOUZA; MELO, 2011).

Outros estudos foram realizados ao longo dos anos na busca de uma maior compreensão e conhecimento da temática do fitoplâncton em território amapaense. Como a pesquisa desenvolvida por Dias (2007) que ao investigar uma planície inundável do Rio Araguari, dentro da Reserva Biológica Lago Piratuba, constatou-se a presença de 178 táxons distribuídos em 83 gêneros e nove classes taxonômicas, tendo como maior amostra representativa o grupo de cianofíceas.

Neste panorama, ao buscar informações acerca dos grupos do fitoplâncton na região do estado do Amapá se percebeu a carência de estudos voltados para esta temática. Nota-se que o primeiro estudo nesta área de conhecimento foi desenvolvido por Förster (1963), tendo como objetivo a identificação de espécies de algas no Rio Oiapoque. O autor conseguiu identificar

algumas espécies de desmídias conhecidas pela comunidade acadêmica, registrando ainda duas espécies inéditas a *Cosmarium pseudomagnificum* f. *brasiliense* e *Closterium pseudolunula* var. *concauum*.

Oliveira (2007) também pesquisou a comunidade fitoplanctônica do Rio Araguari, com amostragem em períodos sazonais, ou seja, em tempos de chuva e em períodos de seca na região. O autor catalogou cerca de 112 táxons, com maior incidência de espécies da classe Chlorophyceae, observando ainda a *Synechocystis* cf. *aquatilis* como a espécie com maior predominância nos registros.

Cunha (2012) buscou investigar e estudar a composição de espécies, assim como realizar a quantificação e a dinâmica espaço-temporal do fitoplâncton dos rios Falsino e Araguari. A pesquisa evidenciou a presença de 185 táxons na área de estudos, sendo 136 deles identificados em nível específico.

Como pode ser visto a biodiversidade do fitoplâncton no território amapaense ainda é pouco estudada, necessitando assim de um olhar mais crítico para a temática, principalmente levando em consideração que o Amapá tem o título de estado com maior área de preservação no Brasil (CUNHA, 2012).

Esses estudos podem contribuir para a tomada de decisão frente à criação de mecanismos de proteção e preservação ambiental, em especial no que diz respeito às atividades antrópicas desenvolvidas na região que podem gerar passivos ambientais. Além de que essas novas pesquisas serão a base de conhecimento acerca da biodiversidade fitoplanctônica do Amapá e, conseqüentemente da Amazônia brasileira.

### 3.5 Diversidade em comunidades

Whittaker (1972) classificou diferentes níveis de diversidade.

**Diversidade alfa ( $\alpha$ )** ou Diversidade local: número de espécies numa pequena área de habitat homogêneo;

**Diversidade beta ( $\beta$ )** - Mensura a variação da composição de espécies entre locais dentro de uma mesma região. Diferença ou substituição, de espécies de um habitat para outro;

**Diversidade gama ( $\Upsilon$ ) ou diversidade regional** - Número de espécies observadas em todos os habitats numa grande área geográfica que não inclui barreiras significativas à dispersão.

A diversidade alfa é calculada através dos índices de diversidade, como Shannon-Wiener e Simpson, os quais consideram no cálculo a riqueza e abundância de espécies de uma dada comunidade (PERONI, 2011).

Para analisar a diversidade beta são utilizadas medidas de similaridade ou semelhança entre pares de localidades ou em entre momentos distintos (PERONI, 2011). Para medir o índice de similaridade não é levado em conta o tamanho da amostragem, nem tampouco o número de espécies. O valor do índice varia de 0 a 1, considerando o valor mínimo que é zero, demonstrando nenhuma similaridade e 1 representando similaridade total. Os índices de similaridade podem ser binários onde é relevante apenas presença e ausência de espécies, sem considerar a abundância de espécies (se são raros ou comuns dentro das comunidades que vivem em meios ou em tempos diferentes); ou podem ser quantitativos, levando em conta as medidas de abundância relativa das espécies (PERONI, 2011) (Figura 4).

Figura 4 – Índices binários, sendo representados com suas respectivas fórmulas (Coeficiente de Jaccard e Coeficiente de Sorensen).

#### **Binários:**

Coeficiente de Jaccard: 
$$S_j = \frac{a}{a+b+c}$$

Coeficiente de Sorensen: 
$$S_s = \frac{2a}{2a+b+c}$$

onde:

- $a$  é o número de espécies em comum, que existem em ambas as comunidades analisadas (1 e 2);
- $b$  é o número de espécies que existem na amostra 1 e que não existem na amostra 2;
- $c$  é o número de espécies que existem na amostra 2 e que não existem na amostra 1.

Esses índices variam de 0 (sem similaridade) a 1 (iguais).

Fonte: Adaptado de Peroni (2011)

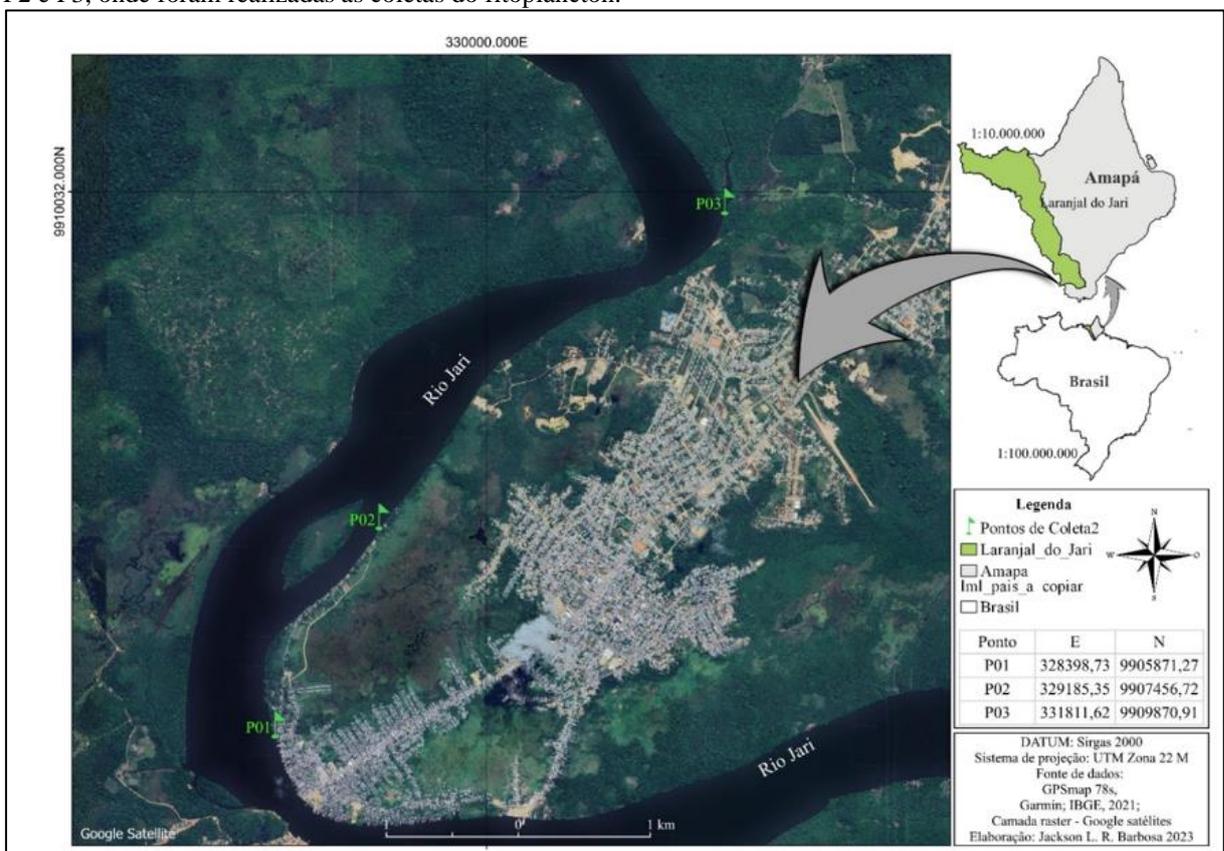
## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo e pontos de amostragem

O município de Laranjal do Jari, segundo o IBGE (2022), está localizado no extremo sul do Amapá, fazendo fronteira ao norte do estado do Pará. Abrange uma área territorial de 30.782,998km<sup>2</sup>, tendo densidade demográfica de 1,14hab/km<sup>2</sup>, expressando uma população estimada em 35.114 habitantes (IBGE, 2022). Quase toda extensão da cidade de Laranjal do Jari está sob influência da planície de inundação do Rio Jari (OLIVEIRA; CUNHA, 2015).

O trecho escolhido para realizar a coleta da pesquisa, está localizado à margem esquerda do rio, à montante do local em que se encontra a cidade de Laranjal. A pesquisa foi realizada no mês de abril, compreendido dentro do período chuvoso quando o rio está em seu nível mais alto (TEDPLAN, 2021). Para amostragem do fitoplâncton, foram selecionados três pontos (P1, P2 e P3) como mostrados na Figura 5.

Figura 5 – Localização do estado do Amapá a nível nacional, marcando as coordenadas da área de estudo, à margem esquerda do Rio Jari, Amapá. A marcação das bandeirolas em verde é o posicionamento dos pontos P1, P2 e P3, onde foram realizadas as coletas do fitoplâncton.



Fonte: Barbosa, (2023).

Os pontos de amostragem apresentam características distintas relacionadas à intervenção humana. O ponto 1 (P1) está localizado em frente à cidade de Laranjal do Jari e recebe diretamente o despejo de resíduos sólidos e esgoto da cidade, que segundo relatório da Jari Celulose é o ponto do rio que possui maior quantidade de óleos e graxas (Anexo 1). O ponto 2 (P2) está localizado em frente ao bairro Samaúma, apresenta menor densidade populacional urbana, assim, o rio neste trecho recebe menor quantidade de esgoto. Já o ponto 3 (P3) é o mais distante e fica na região do Joari, não há despejo de esgoto da cidade, contudo tem influência de impacto humano devido a pesca e ao desmatamento.

#### 4.2 Análise qualitativa do fitoplâncton

A coleta do fitoplâncton foi realizada no mês de abril de 2023 com rede de fitoplâncton de 20  $\mu\text{m}$ , posicionada contra a correnteza por aproximadamente 10 minutos, até que os poros estivessem acomatados, isto é que a água não estivesse mais sendo filtrada. Em seguida, a rede foi levantada até permanecer apenas a água acumulada no copo coletor. Foi coletado 50 ml da amostra e depositado em um frasco contendo 50 ml de solução fixadora de *Transeau*. A solução fixadora foi preparada com água destilada, etanol e formol na proporção de 6:3:1, respectivamente (BICUDO; MENEZES, 2006). Em cada ponto de amostragem foi medido a transparência da água por meio de um disco de Secchi (Figura 6).

Figura 6 – Rede de captura de fitoplâncton utilizada nas coletas em campo (A); medição da variável de transparência da água através do disco de Secchi (B).

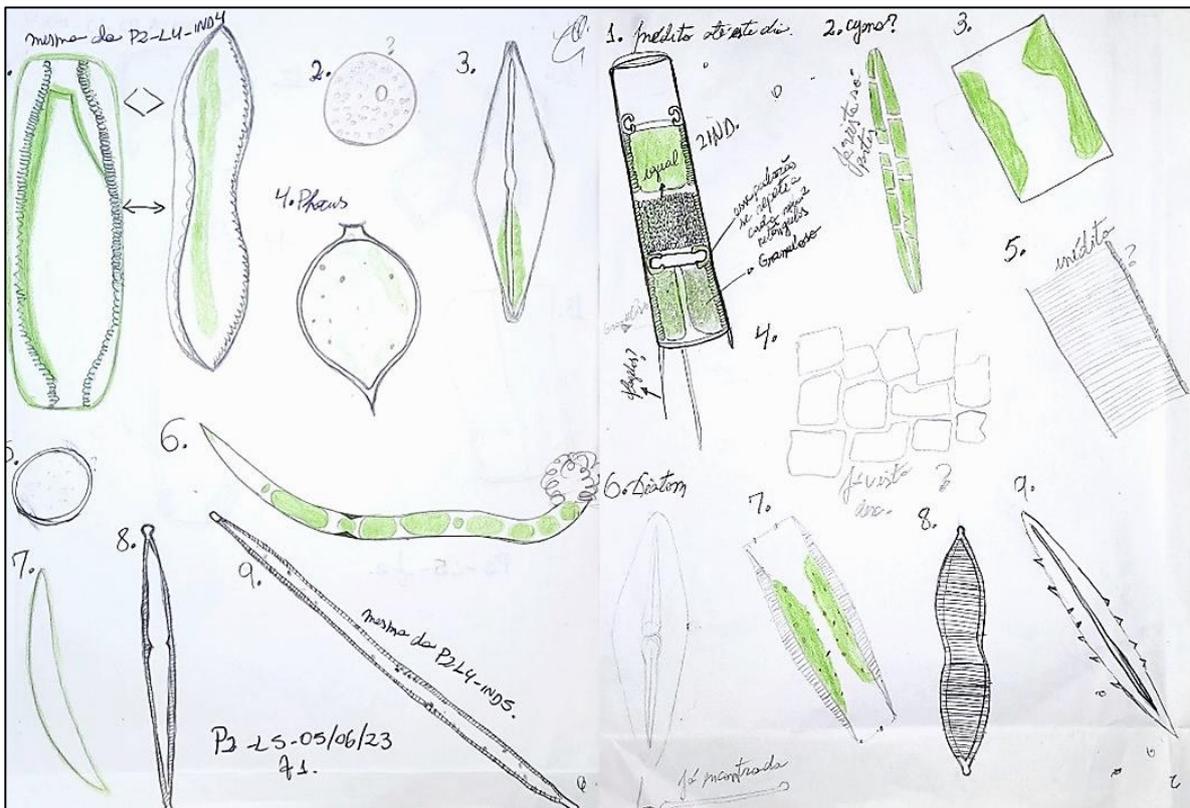


Fonte: Costa e Rodrigues (2023).

A identificação das espécies de fitoplâncton foi feita com auxílio de um microscópio óptico comum no Laboratório de Microscopia do Instituto Federal do Amapá, campus Laranjal do Jari. Para cada amostra foram feitas e examinadas ao microscópio 10 lâminas. Foi realizado o registro dos organismos que apareciam nas lâminas por desenho e fotografia para auxiliar na identificação. Conforme os indivíduos apareciam, estes foram desenhados para melhor visualização de detalhes (Figura 7). Isto possibilitou detectar sutis características que a fotografia não poderia mostrar (ARAÚJO, 2009).

A identificação para a análise de composição das espécies foi realizada por meio de literatura especializada, tais como: Bicudo e Menezes (2006b), Sant' Anna *et al.* (2006) dentre outros. Após a identificação, a classificação dos organismos e nome atualizado foi conferida na plataforma *Algae Base* (<https://www.algaebase.org/>). A riqueza de espécies foi determinada pelo número total de espécies presentes na comunidade ou em cada ponto de amostragem (BEGON *et al.*, 2007).

Figura 7 – Desenhos feitos de indivíduos encontrados em lâminas do Ponto 1 e Ponto 2.



Fonte: Própria Autoria (2023).

### 4.3 Análise de dados

Para analisar a similaridade em relação às espécies ocorrentes entre os pontos foi calculado o índice de similaridade de Jaccard no Software Past 4.13 (HAMMER *et al.*, 2001). Este índice analisa a beta-diversidade através do grau de associação ou semelhança entre pares de comunidades. O índice de similaridade de Jaccard é do tipo binário, pois incluiu dados de presença/ausência das espécies, não levando em conta se as espécies são raras ou comuns (MAGURRAN, 2004). Os valores do índice variam de 0 a 1, valores mais próximos de 0 significa baixa similaridade e próximos a 1 alta similaridade ou semelhança entre comunidades.

Para verificar a composição de fitoplâncton entre os pontos quanto à formação de grupos funcionais foi feita uma análise de ordenação NMDS (*Nonmetric Multidimensional Scaling*), através de uma matriz de similaridade de Jaccard. Nesta análise pontos de amostragem mais próximos são mais semelhantes quanto à composição de espécies em um gráfico bidimensional. A adequabilidade da ordenação foi calculada pelo valor do STRESS (*Standard Residuals Sum of Squares*) que pode variar de 0% (ajuste perfeito) a 20% (ajuste razoável) (FÁVERO *et al.* 2009).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 33 táxons de fitoplâncton, sendo que destas 15 foram identificadas em nível de gênero, um em nível de família e nove espécies de diatomáceas não puderam ser identificadas. No ponto 1 foram encontradas 16 espécies; no ponto 2 ocorreram sete espécies; e no ponto 3 ocorreram 12 espécies (Quadro 1).

Quadro1 – Lista de espécies de fitoplâncton identificados no trecho do Rio Jari deste estudo.

DIVISÃO	CLASSE	COMUNIDADE	P1	P2	P3
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Aulacoseira granulata</i>		x	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Cymatopleura</i> sp.	x	x	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Fragilaria</i> sp			x
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Frustulia</i> sp			x
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Gomphonema</i> sp1	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Gomphonema</i> sp2	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Pinnularia</i> sp	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Placoneis</i> sp	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> sp1	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Navicula</i> sp2	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	<i>Synedra</i> sp1		x	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 1		x	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 2	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 3	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 4	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 5	x		
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 6		x	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 7		x	
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 8			x
Bacillariophyta	Bacillariophyceae	Diatomácea 9			x
Charophyta	Zygnematophyceae	<i>Bambusina</i> sp			x
Charophyta	Conjugatophyceae	Desmidiaceae			x
Chlorophyta	Zygnematophyceae	<i>Spirogyra</i> sp	x		
Charophyta	Zygnematophyceae	<i>Staurodesmus dejectus</i>	x		
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eudorina elegans</i>	x		
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Eutetramorus</i> sp.	x		x
Chlorophyta	Chlorophyceae	<i>Hydrodictyon reticulatum</i>			x
Cyanophyta	Nostocophyceae (Cyanophyceae)	<i>Planktolylnbya limnetica</i>	x		
Euglenozoa	Euglenoidea	<i>Euglena acus</i>			x

Euglenozoa	Euglenoidea	<i>Phacus</i> sp.	x	x	x
Euglenozoa	Euglenoidea	<i>Trachelomonas</i> sp.			x
Amoebozoa	Lobosa	<i>Arcella costata</i>			x

Fonte: Cunha e Matos (2023).

A classe Bacillariophyceae foi o táxon de maior ocorrência neste estudo. Este grupo é composto por organismos unicelulares, eucariontes, os quais podem atingir de 10 a 200  $\mu\text{m}$  de espessura e não possuem flagelos (VIEIRA; CARVALHO, 2011). Elas possuem uma carapaça de sílica denominada frústula que lhe confere resistência (BARBER; HAWORTH, 1981). Mas, também as fazem vítimas da sedimentação, por serem mais densas que a água (VIEIRA; CARVALHO, 2011; BARBER; HAWORTH, 1981; BRASIL; HUSZAR, 2011). Este táxon se caracteriza por ser cosmopolita (ESTEVES, 1998), isto é, podem estar presentes em várias condições ambientais dos ecossistemas mundiais em grandes volumes de água doce.

Uma grande parte dos indivíduos da classe Bacillariophyceae neste estudo, embora tenham sido as mais ocorrentes, não puderam ser identificadas por diversos motivos tais como a interferência em padrões morfológicos, típico atributo funcional morfológico, como a rupturas de suas frústulas (carapaça) (BRASIL; HUSZAR, 2011) (Figura 8).

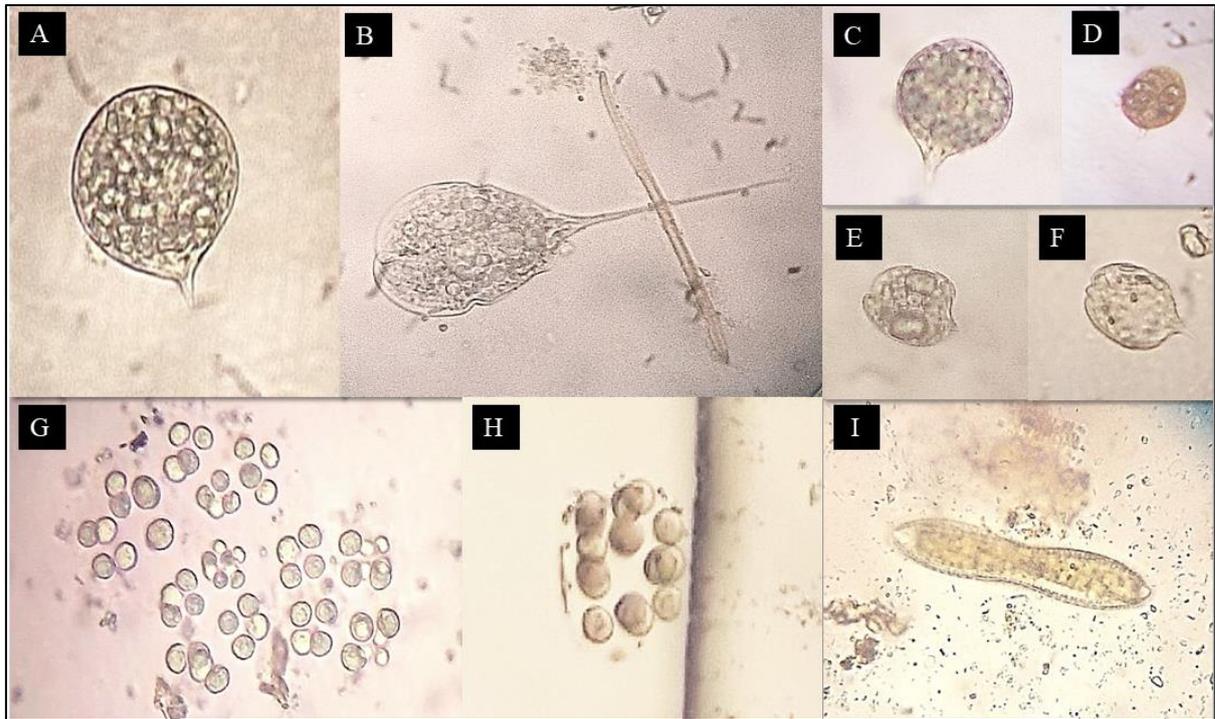
Figura 8 – Diatomáceas não identificadas devido à ruptura de suas frústulas. Vista valvar no aumento de 400x no microscópio óptico (MO).



Fonte: Própria Autoria (2023).

O gênero *Phacus* sp. ocorreu nos três pontos amostrados; *Eudorina elegans* foi comum aos pontos 1 e 3, enquanto *Cymatopleura* sp. ocorreu nos pontos 1 e 2. (Figura 9).

Figura 9 – A – F *Phacus*; G e H – Colônias de *Eudorina elegans*; I) *Cymatopleura*, imagens vistas ao microscópio óptico no aumento de 400X.



Fonte: Própria Autoria (2023).

*Phacus* sp. pertence à classe Euglenoidea, são unicelulares e podem se movimentar, por meio de flagelo emergente, não tem parede celular, mas possuem uma película rígida com estrias, posicionadas conforme sua espécie, têm formato fusiforme ou oval, e apresenta cerca de 150 espécies. Os gêneros *Phacus* sp, *Euglena* sp e *Trachelomonas* sp podem facilmente viverem em locais com fezes e urina (ALVES-DA-SILVA, 2011).

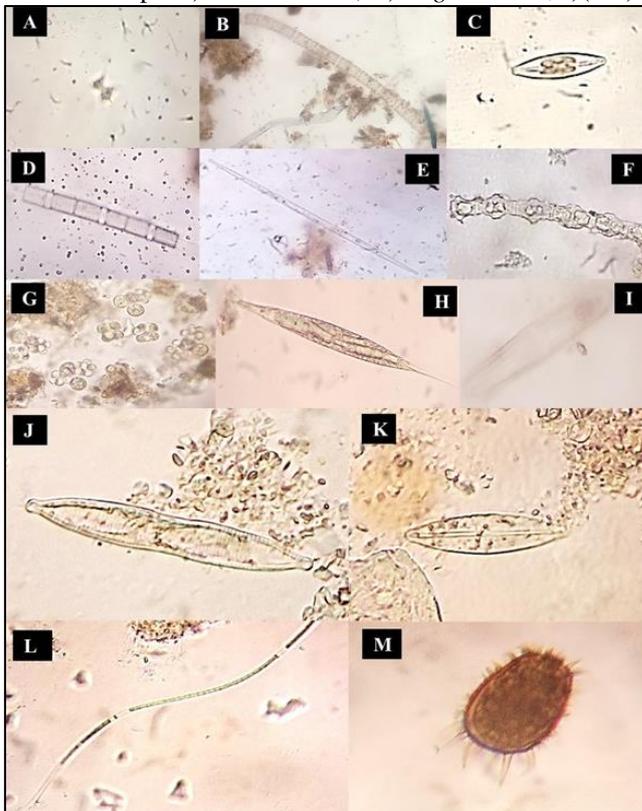
*Eudorina elegans* é uma espécie de água doce da divisão Chlorophyta, é colonial que chega a ter 32 células em formato arredondada e envolta em mucilagem (GONZAGA *et al.*, 2022). A espécie *Cymatopleura* sp. é uma diatomácea do tipo penada, em 'formato de pena', altamente móvel, de simetria bilateral, de hábito solitário (SPAULDING *et al.*, 2021). Ocorreu nos pontos 1 e 2 e é caracterizada por ocorrer em ambientes túrbidos, grupo funcional MP de Brasil e Huszar (2011) (Tabela 2).

A presença de *Cymapleura* se encontra, também, associada às águas com alto grau de condutividade elétrica, bem como em águas alcalinas. Recentemente o gênero foi enquadrado no gênero *Surirella* entre 2010 e 2020, quando Ruck *et al.* (2016) fizeram uma revisão taxonômica para encaixar na árvore filogenética mais próxima. Por hora está em processo de mudança.

Houve uma presença expressiva de diatomáceas neste estudo, isso é possivelmente devido apresentarem um tamanho considerável por causa de sua razão superfície/volume que pode ser enquadrado como atributo funcional, como sugerem Brasil e Huszar (2011). Elas são medidas por volume cúbico ( $\mu\text{m}^3$ ) com até cinco ordens de magnitude, conferindo um tamanho enorme, considerando apenas uma célula, pois costumam ser solitárias. Seu tamanho pode fazê-las obter alimentos de forma mais rápida, porém de forma menos ágil, já que com tamanho maior para a entrada de luz solar, também precisa de um tempo maior para que a energia luminosa chegue aos cloroplastos, dificultando assim sua nutrição (SPAULDING *et al.*, 2021); ESTEVES, 1981; BRASIL, HUSZAR, 2011). Nelas são encontradas clorofilas A e C e carotenoides, seu material de reserva é o paramido e gotas de óleo que também podem ser usadas como recurso na flutuabilidade (JUDD *et al.*, 2009; STAUL; SPAULDING *et al.*, 2021; ESTEVES, 1998).

As demais espécies foram exclusivas em cada um dos pontos (Figura 10).

Figura 10 – Imagem das espécies que ocorreram exclusivamente em cada ponto amostrado (aumento 400x). A) *Staurodesmus dejectus*; B) *Spirogyra*; C) *Navicula*; (P1); D) *Aulacoseira granulata*; E) *Synedra* sp.; (P2); F) *Bambusina* sp. G) *Eutetramorus*, H) *Euglena acus*, I) (P3).



Fonte: própria autoria, (2023).

A similaridade de espécies entre os três pontos foi baixíssima variando de 0,05 (P2 e P3) a 0,09 (P1 e P2) (Tabela 3). Existe uma alta diversidade beta entre os pontos, ou seja, alta substituição de espécies a montante do rio.

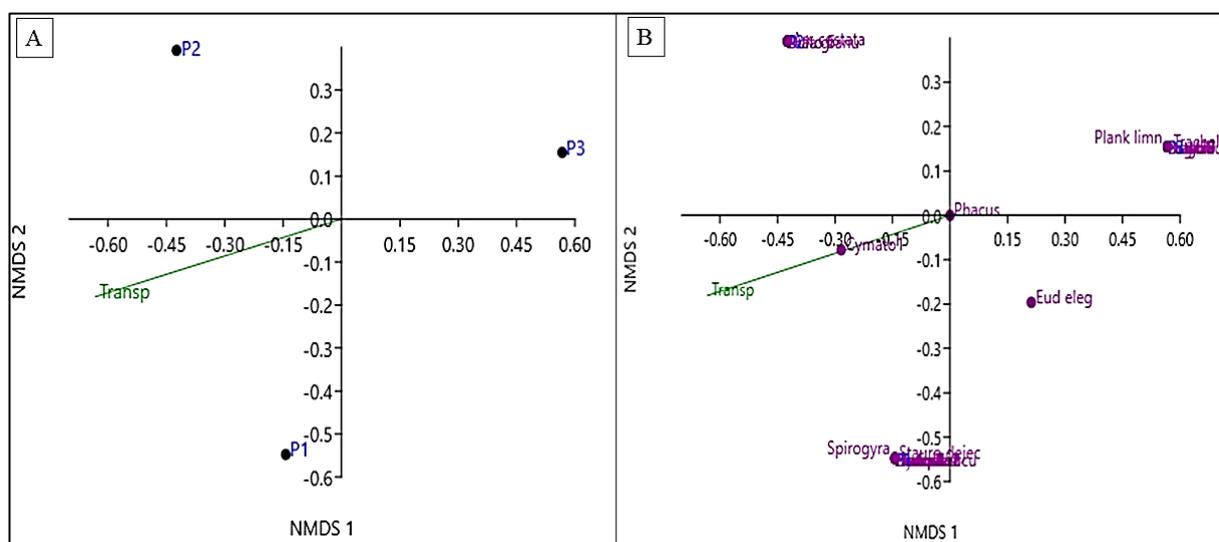
Tabela 3 – Valores dos índices de similaridade de Jaccard entre pares de pontos amostrados neste estudo.

	P1	P2	P3
P1	1		
P2	0,09	1	
P3	0,074	0,055	1

Fonte: própria autoria (2023).

O eixo 1 da ordenação (NMDS) capturou a maioria da variação dos dados (97,82%) ( $STRESS= 0\%$ ) (Figura 11). A variável transparência foi mais correlacionada ao eixo 1 ( $r= 0,96$ ), sendo que os pontos 1 e 2 tiveram valores de transparência 75 cm, e o ponto 3 apresentou 45 cm de transparência (Secchi). A ordenação mostrou que os pontos são distintos quanto à composição de espécies, isto foi confirmado pelos baixos valores do índice de similaridade de Jaccard (Tabela 3) e poucas espécies comuns entre os pontos.

Figura 11 – Ordenação produzida com os valores do índice de similaridade de Jaccard. Em (A) distribuição dos pontos no gráfico bidimensional; em (B) a posição das espécies nos três pontos.



Fonte: Matos (2023).

Apesar de a maioria das espécies serem distintas entre os pontos, os grupos de espécies de fitoplâncton ocorrentes são característicos de ambientes aquáticos perturbados ou poluídos.

O gênero *Phacus* sp. da divisão Euglenozoa esteve presente em todos os pontos amostrados, pois são tolerantes a meios aquáticos poluídos e contaminados principalmente por efluentes de esgoto, e águas residuais ao que, também, pode ser atribuído a quantidade maior

de matéria orgânica no entorno dos pontos de coleta de fitoplâncton (P1, P2 e P3). (POCHMANN 1942; ROUND, 1983; WETZEL 1993).

Conforme estabelece a Agência Nacional de Águas (ANA, 2015) o DQO (Demanda Química do Oxigênio) é a mensuração indireta da matéria orgânica que é degradada no meio, através da queima de oxidantes como dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ ) em meio ácido ( $H_2SO_4$ ). O teste mede a quantidade deste oxidante, logo quanto maior for o consumo dele, maiores são os níveis de matéria orgânica no ambiente. Esta variável química é utilizada como indicador do grau de poluição, e geralmente é feita de um copo de água por copo de água residual.

A DQO do relatório da Fundação Jari (2022) (Anexo 1) variou de 37 mgO<sub>2</sub>/L a 63 mgO<sub>2</sub>/L após a cidade. Isso é uma evidência de que as espécies da classe Euglenoidea presentes em todos os pontos de amostragem do fitoplâncton (*Euglena acus*, *Phacus* sp., *Trachelomonas* sp.) podem estar presentes tanto em ambientes poluídos quanto em ambientes limpos.

O ponto 1 apresentou os gêneros *Gomphonema* sp. e *Navicula* sp. indicando que o ambiente é extremamente lótico ou com águas altamente movimentadas (BRASIL; HUSZAR, 2011; CAMPOS, 2022). Esta é uma característica do baixo curso do Rio Jari que sofre com as fortes correntes causadas pela cachoeira de Santo Antônio do Jari, embora tenha diminuído em razão da construção da barragem (TEDPLAN, 2021).

Os gêneros *Spirogyra* sp., *Eutetramorus* sp., *Hydrodictyon reticulatum*, pertencentes à divisão Chlorophyta, são de tamanho menor que as espécies da divisão Bacillariophyta e têm crescimento acelerado, podem se reproduzir e viver em qualquer época do ano, sendo enquadradas no grupo IV (TUCCI *et al.*, 2006). Portanto a sazonalidade do Rio Jari (TEDPLAN, 2021) pode não interferir em sua sobrevivência. Posiciona, também, Tucci *et al.* (2006), como membro do grupo IV (Tabela 2), carófitas da classe Zygnematophyceae, porém entre seus representantes não há menção da espécie *Staurodesmus dejectus* que foi identificado no ponto 1.

A espécie *Staurodesmus dejectus* (fotossintetizante) encontrada no ponto 1, segundo Nogueira *et al.* (2016) é uma espécie que sofre com ações antrópicas como desmatamento e está ligada a ambientes com pH menor que 7, porém podem estar presentes em águas um tanto alcalinizadas. Segundo o gráfico de parâmetros físico-químicos da Fundação Jari coletados em 2022 (Anexo 1) o ponto 1 em frente à cidade, o pH se encontra por volta de 6, confirmando a condição principal para a presença desta espécie neste local. Ela aparece no grupo NA de Kruk *et al.* (2010).

O gênero *Bambusina* sp. e as diatomáceas do tipo penadas estão presentes em ambientes com alta condutividade elétrica tolerantes a baixa luminosidade e mistura da coluna d'água (BRASIL; HUSZAR, 2011). A condutividade é a medida na qual é mensurada a presença de íons, certificando-se da eficácia com que água conduz correntes elétricas, pode ser medida em  $\mu\text{m}/\text{cm}$  (micra centímetros) como na apresentação do gráfico da Fundação Jari (Anexo 1). Pode também ser medida associada a Sólidos Dissolvidos Totais, podendo apresentar em  $\text{mS}/\text{cm}$  (milisemens por centímetro), como no artigo de Cho (2016). Sólidos Dissolvidos Totais são indicadores da presença de efluentes, assim, um meio poluído com esgoto doméstico e resíduos industriais (VIEIRA, 2019).

Segundo dados da Fundação Jari (2022) (Anexo 1) antes da cidade de Laranjal do Jari, os Sólidos Totais Dissolvidos estão em 50 mg/L, enquanto na frente e após o município, sobe para 52 mg/L. O que pode ser ocasionado pelo sentido da correnteza do rio que leva o conteúdo à montante, como mostra o relatório do TEDPLAN (2021). Portanto a presença destas espécies enquadradas no grupo Td (Tabela 2).

A presença, especialmente da *Naviculla* sp. corrobora para a identificação do Rio Jari como altamente lótico, tal como atesta Spaulding *et al.*, (2021) elas têm mecanismos de fixação em superfícies e está associada a ambientes com muitas correntes de água.

A *Fragilaria* sp. da divisão Bacillariophyta, encontrada no P3, tem sua morfologia em detalhes como rafes, que são as cristas da junção entre duas valvas que formam a frústula, têm estrias alternadas, bem visíveis ao microscópio óptico (ver Figura 10J), sendo mais simples distingui-la (RUCK *et al.* 2016; BRASSAC; LUDWIG, 2003; SPALDING *et al.*, 2021). A presença desta espécie está relacionada ao grupo funcional MP de águas rasas e organicamente turbidas, o caracteriza como ambiente turbido (BRASIL; HUSZAR, 2011).

A turbidez é uma variável física que reduz a transparência da água (VIEIRA, 2019). Logo, a representante do gênero, *Fragilaria* sp demonstra a capacidade de captar luz em ambientes com pouca transparência na água. Podemos inferir, de acordo com a descrição do grupo funcional, que há, então, uma redução da transparência e consequente aumento da turbidez da água do ponto 3, onde a espécie estava presente. Ela, também se encontra no Grupo Funcional TB (Tabela 2).

Quanto aos grupos III e VII de Kruk *et al.* (2010) (Ver tabela 2) não foram encontrados representantes na identificação da composição do presente estudo. Os organismos destes respectivos grupos são filamentosos e grandes e de grandes colônias mucilaginosas e são altamente tóxicos. (FERRAZ, 2018).

O gênero *Trachelomonas* sp. apareceu que no Ponto 3, sobre as condições ambientais em que ocorre este gênero ocorre, pontua, Alves-da-Silva e Fortuna (2008) é uma das espécies euplactônicas cuja ocorrência está ligada a ambientes ricos em material orgânico, juntamente com outros táxons de *Euglenophyta* como as Euglenas, *Lepocinclis*, *Strombomonas*. Presumindo, assim que a divisão *Euglenophyta* é generalista quanto ao ambiente e que pode sobreviver tanto em ambientes poluídos com altos níveis de matéria orgânica quanto em águas limpas (ALVES-DA-SILVA; FORTUNA, 2008).

## 6 CONCLUSÃO

O trecho do Rio Jari analisado apresenta alta diversidade beta de organismos fitoplanctônicos relacionados a grupos funcionais típicos de ambientes perturbados ou poluídos.

Deve-se realizar o monitoramento da densidade fitoplânctonica periodicamente, como recomendado pelo ministério da saúde sobre mananciais que abastecem a população principalmente para investigar a presença de espécies de cianobactérias (Cyanophyta), que não foram encontradas neste estudo, produtoras de cianotoxinas capazes de causar intoxicações.

Este é o primeiro estudo sobre fitoplâncton no Rio Jari. Recomenda-se continuar as pesquisas para se ter um quadro mais preciso sobre a biodiversidade desses organismos e sobre o saneamento da área.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES-DA-SILVA, Sandra Maria; FORTUNA, Jaqueline Rizzi. **O gênero Phacus (Euglenophyceae) em sistemas lênticos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, sul do Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v. 22, p. 684-700, 2008.
- ALVES-DA-SILVA, Sandra Maria et al. **O gênero Phacus (Euglenophyceae) em lago urbano subtropical, no Jardim Botânico de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, v. 25, p. 713-726, 2011.
- ABREU, Carlos Henrique Medeiros; CUNHA, Alan Cavalcanti. **Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental.** Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 45-56.
- AMORIM, Cihélio Alves et al. **Variações sazonais de grupos morfofuncionais de fitoplâncton influenciam o controle de cima para baixo de um cladóceros em um lago tropical hipereutrófico.** Aquat. Ecol, 53 , 453–464, 2019.
- Agência Nacional de Águas (ANA). 2015. **Região Hidrográfica Amazônica.** Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrograficas/regiao-hidrografica-amazonica>> Acesso 12 de jun. de 2023.
- ARAUJO, Andrea Mendez. **Aplicações da ilustração científica em ciências biológicas.** 2009. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado e licenciatura - Ciências biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2009. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/items/4aa9b54f-666c-405c-83fd-2955f93f5c15/full>>. Acesso em 13 de jul. de 2023
- BARRETO, Luciano et al. **Eutrofização em rios brasileiros.** Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 16, 2013.
- BARBER, Horace G.; HAWORTH, Elizabeth Y. **A guide to the morphology of the diatom frustule: with a key to the British freshwater genera.** Vol. 44, 1981.
- BECKING, Lourens Gerhard Marinus Baas. **Geobiologie of inleiding tot de milieukunde.** WP Van Stockum & Zoon, 1934.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de Indivíduos a Ecossistemas.** Porto Alegre, Artmed. 2007. 740p.
- BICUDO, Carlos Eduardo; MENEZES, Mariângela. **Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: (chave para identificação e descrições).** 2. ed. São Carlos: RIMA, 2006. 21 p. ISBN 85-7656-064-X.
- BRASIL, J.; HUSZAR, V. L. DE M. **O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental.** Oecologia Australis, v. 15, n. 04, p. 799, 2011.

BRASIL. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras.** 2015. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>. Acesso em: 12 de jun. de 2023.

BRASIL. CONAMA. 2005. Resolução Nº. 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos Corpos de Água e Diretrizes Ambientais para o seu Enquadramento, bem como Estabelece as Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes.** 23p. 2005.

BRASSAC, Nicole M.; LUDWIG, Thelma AV. **Fragilariaceae (Bacillariophyceae) de rios da bacia do Iguaçu, Estado do Paraná, Brasil.** Brazilian Journal of Botany, v. 26, p. 311-318, 2003.

BROOK, A. J. **The biology of desmids.** Botanical Monographs Vol. 16. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne, – 276 pp. 1981.

CAMPOS, Beatriz Melissa. **Impacto do barramento de um rio amazônico sobre os padrões de sincronia de grupos funcionais fitoplanctônicos.** 2022. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. Departamento de Biologia. Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

CHOU, Júlio; CHANG, Júlio Sheng; WANG, Wei-Pulmão. **Hydrodictyon reticulatum (Hydrodictyaceae, Chlorophyta), um novo gênero e espécie de macroalga de água doce registrado em Taiwan.** BioFormosa, v. 41, n. 1, p. 1-8, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/Some-physical-chemical-parameters-recorded-at-the-collecting-locality\\_tbl2\\_268262444](https://www.researchgate.net/figure/Some-physical-chemical-parameters-recorded-at-the-collecting-locality_tbl2_268262444) . Acesso em: 03 dez. de 2023.

CUNHA, Elane Domênica de Souza. **Levantamento, quantificação e dinâmica espaço-temporal do fitoplâncton dos rios Araguari e Falsino no Estado do Amapá (Amazônia Oriental).** 92p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2012.

DIAS, Jandeson Brasil; HUSZAR, Vera L. M. **O papel dos traços funcionais na ecologia do fitoplâncton continental.** Oecologia Australis, v. 15, n. 4, p. 799-834, 2011.

DIAS, Maxley Barbosa. **Composição e abundância do fitoplâncton do Sudoeste da Reserva Biológica do Lago Piratuba (Amapá, Brasil).** 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Amazonas. 2007.

EDP JARI. ECE Participações Jari. Estudo de Impactos Ambientais - EIA. Santo Antônio do Jari - UHE. Ecology Brasil. 2324-00- EIA-RL-0001-01. 2009.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos da Limnologia.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; DE SILVA, F. L.; CHAN, B. L. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FERRAZ, Thayse de Albuquerque. **Utilização de grupos funcionais fitoplanctônicos como descritores ambientais em lagos rasos no brejo paraibano.** 2018.

FÖRSTER, Karlos. **Desmids of Brazil**. 1: Northern Brazil. *Rev. Algol.* v. 7, 38-92, 1963.

FUHRMAN, Jed A. **Microbial community structure and its functional implications**. *Nature*, v. 459, n. 7244, p. 193-199, 2009.

GEMAQUE, Tainára Cunha et al. **Diversidade fitoplanctônica da Área de Proteção Ambiental do rio Curiaú**. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v. 3, n. 3, p.2704-2709, jul./set. 2020.

GOMES SOBRINHO, Themístocles Raphael et al. Classificação climática conforme a metodologia Köppen do município de Laranjal do Jari/Amapá/Brasil. In: VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7 **Anais...** Tocantins: CONNEPI. p. 70. 2012.

HAMMER, Øyvind; HARPER, David AT. **Past: paleontological statistics software package for education and data analysis**. *Palaeontologia electronica*, v. 4, n. 1, p. 1, 2001.

HYDROS ENGENHARIA. **Inventário hidroenergético da bacia hidrográfica do Rio Jari/PA-AP**. São Paulo: Empresa de Pesquisa Energética. 2010.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial brasileira 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ap/laranjal-do-jari.html>. Acesso em: 04 de ago. de 2023.

JUNIOR, C. R. F.; FERREIRA, T. F.; MARQUES, D. DA M. **Modelagem ecológica em ecossistemas aquáticos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

KEPPELER, E. C.; MARQUES-LOPES, M. R.; LIMA, C. S. **Ficoflórula do Lago Amapá em Rio Branco-Acre, I: Euglenophyceae**. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 59, Nº 4, 679-686. 1999.

KRISTIANSEN, Jorgen; MENEZES, Mariângela. **Silica-scaled chrysophytes from an Amazonian floodplain lake, Mussurá, northern Brazil**. *Algol. Stud.* v. 90, 97-118, 1998.

KRUK, C.; HUSZAR, V. L. M.; PEETERS, E. T. H. M.; BONILLA, S.; COSTA, L.; LURLING, M.; REYNOLDS, C.S.; SCHEFFER, M. **A morphological classification capturing functional variation in phytoplankton**. *Freshwater Biol.*, v. 55, n. 3, p. 614-627, 2010.

KRUK, Carla et al. **Phytoplankton species predictability increases towards warmer regions**. *Limnol. Oceanogr.* 57, 1126–1135, 2012.

LUCAS, E. W. N.; BARRETO, N. J. C.; CUNHA, A. C. **Variabilidade hidrológica da Bacia do Rio Jari (AP): estudo de caso do ano 2000**. In: CUNHA, A. C.; SOUZA, E. B.; CUNHA, H. F. A. Tempo, clima e recursos hídricos: resultados do Projeto REMETAP no Estado do Amapá. Macapá: IEPA. p. 119-134. 2010.

M.D. Guiry em Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 11 de julho de 2023. **Base de Algas**. Publicação eletrônica mundial, Universidade Nacional da Irlanda, Galway. <https://www.algaebase.org>; pesquisado em 11 de dezembro de 2023

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Blackwell Publishing: Oxford, UK. 2004. 256 p.

MELTZELTIN, D.; LANGE-BERTALOT, H. **Tropical Diatoms of south America II. Special remarks on biogeographic disjunction**. Iconogr. Diatomol., Annotated Diatom Monographs, v. 18, p. 1-1876, 2007.

MITCHELL, G. **Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning**. J. Environ. Manage.; 74; 1-9. 2005.

MELO, Sérgio; HUZSAR. Vera. **Phytoplankton in an Amazonian flood-plain lake (Lago Batata, Brasil): diel variation and species strategies**. J. Plank. Research. v. 22, Nº 1, 63-76, 2000.

NISHIMURA, Paula Yuri; MOSCHINI-CARLOS, Viviane; POMPÊO, Marcelo. **O estudo fitoplâncton com base nos grupos funcionais: Origens e um vislumbre sobre seu futuro**. In: POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; NISHIMURA, P. Y.; SILVA, S. C.; DOVAL, J. C. L. (Eds.). *Ecologia de Reservatórios e Interfaces*. Instituto de Biociências-IB/USP, São Paulo, pp. 120–131. 2015.

NOGUEIRA, I. DE S. et al. **Desmídias (Zygnematophyceae) de hábito filamentosos da região do Vale do Paranã (Goiás, Brasil)**. Rodriguésia, v. 67, n. 3, p. 677-689, 2016.

OLIVEIRA, Bruna Stefanny. Sangel; CUNHA, Alan Cavalcanti. **Correlação entre qualidade da água e variabilidade da precipitação no sul do Estado do Amapá**. Rev. Ambiente & Água, v. 9 n. 2, p. 261-275. 2014.

OLIVEIRA, Júlio Evangelista. **Caracterização da comunidade potamofitoplanctônica da bacia do rio Araguari (AP) nos períodos de seca e chuva (2004, 2005 e 2006)**. 91p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução). Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2007.

OLIVER, Sofia Lizarralde et al. **Cyanobacteria bloom variations and atmospheric variables, an environmental health contribution**. Revista Ambiente & Água, v. 15, n. 4, p. e2523, 2020.

SANTOS, Eldo Silva; CUNHA, Alan Cavalcanti; CUNHA, Elane Domênica de Sousa. **Análise espaço-sazonal da qualidade da água na zona flúvio-marinha do Rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, n. 3, p. 81-95, 2014.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F. **Recomendações práticas para melhorar a qualidade da água e dos efluentes dos viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 14 p. il. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnica, 12).

SIOLI, H. **Amazônia. Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Rio de Janeiro, Vozes, 112 p. 1985.

PERONI, Hernández; NIVALDO, Malva Isabel Medina. **Ecologia de populações e comunidades**. 2011.

REYNOLDS, Colin S. **Assembleias de fitoplâncton e sua periodicidade na estratificação de sistemas lacustres**. *Ecografia*, v. 3, n. 3, pág. 141-159, 1980.

REYNOLDS, C. S. **Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability**. *Freshwater Biology*, v. 14, n. 2, p. 111–142, abr. 1984.

REYNOLDS, C. S. et al. **Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton**. *Journal of Plankton Research*, v. 24, n. 5, p. 417–428, 1 maio 2002.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M. & MANN, D.G. 1990. **The Diatoms: biology & morphology of the genera**. Cambridge. Cambridge University Press, 747 p.

RUCK, E.C., NAKOV, T., ALVERSON, A. J.; THERIOT, E. C. **Filogenia, ecologia, evolução morfológica e reclassificação das ordens de diatomáceas Surirellales e Rhopalodiales: Filogenética Molecular e Evolução**. Cambridge: Cambridge University Press. 103: 155–171, 2016.

SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A.; AZEVEDO, M. T. P.; MELCHER, S. S.; WERNER, V. R.; MALONE, C. F. S.; ROSSINI, E.F., JACINAVICIUS, F.R., HENTSCHKE, G.S., OSTI, J.A.S., SANTOS, K.R.S., GAMA-JÚNIOR, W.A., ROSAL C.; ADAME, G. **Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras**. Instituto de Botânica, São Paulo. p. 175, 2012.

SILVA, Francisca Reijannya dos Santos et al. **Comunidade fitoplanctônica como indicadora da qualidade ambiental em um trecho urbano do Rio Jaguaribe, semiárido cearense**. *Gaia Scientia*, v. 13(1): 153-163, 2019.

SILVEIRA, Jhonata da Silva. **Aspectos hidrometeorológicos da bacia do Rio Jari no período de 1968 a 2012**. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2012.

SILVEIRA, Mariana Pinheiro; DE QUEIROZ, Júlio Ferraz. **Amostragem de água para análises biológicas**. p. 37-47. In: FILIZOLA, Heloisa Ferreira. Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 169p.

SIOLI, Harald (ed.). **Amazônia: fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. Petrópolis: Vozes, 1985. 56 v. Tradução: Johann Becker.

SOPHIA, Maria; HUZSAR, Vera. **Planktonic desmids of three Amazonian systems (Lake Batata, Mussurá and Trombetas River), Pará, Brazil**. *Amazoniana*, v. 14, nº 1. 75-90, 1996.

SOUZA, Karla Ferreira; MELO, Sergio. **Levantamento taxonômico de desmídias (Chlorophyta) do lago Novo (Amapá, Brasil): Gêneros Staurastrum, Staurodesmus e Xanthidium**. *Acta Amazônica*. v. 41, Nº 3, 335-346, 2011.

SPAULDING, S., EDLUND, M.; (2008). **Fragilaria em diatomáceas da América do Norte**. Disponível em: <<https://diatoms.org/genera/fragilaria>>. Acesso em: 20 de mar. de 2023

SPAULDING et al. **Diatoms.org: apoiar taxonomistas, conectar comunidades**. *Diatom Pesquisa* 36(4): 291-304, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0269249X.2021.2006790>  
27 de abr. de 2023.

SNIH. **Sistema Nacional de Informações Hidrológicas. Informações de Recursos Hídricos**, 2014. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>> Acesso em: 13 de novembro de 2023.

TEDPLAN. Diagnóstico Técnico Participativo. Laranjal do Jari. 2021. Disponível em: <[http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2022/12/DTP-LJ\\_NICT.pdf](http://saneamento.unifap.br/wp-content/uploads/2022/12/DTP-LJ_NICT.pdf)>. Acesso em 31 de out. de 2023.

TEIXEIRA, Ana Paula et al. **Diatomáceas bioindicadoras da qualidade dos ambientes aquáticos: uma revisão**. *Natureza online*, v. 16, n. 2, p. 018-025, 2018.

TUCCI, Andréa et al. **Atlas de cianobactérias e microalgas de águas continentais brasileiras**. Instituto de Botânica: São Paulo, Brazil, 2012.

UHE Santo Antônio do Jari. Disponível em: <<https://cesbeengenharia.com.br/obras-de-energia/uhe-santo-antonio-do-jari/>>. Acesso em: 11 de jul. de 2023.

VIOLLE, Cyrille et al. **Let the concept of trait be functional**. *Oikos*, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

VIEIRA, C. E. L. Diatomáceas. *In*: DE SOUZA CARVALHO, I. (Ed.). *Paleontologia*. 3a. ed. [s.l.] Interciência, 2011. v. 2. p. 109–138.

VIEIRA, Maurrem Ramon. **Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido**. Agência Nacional das Águas–ANA-2015. 2019.

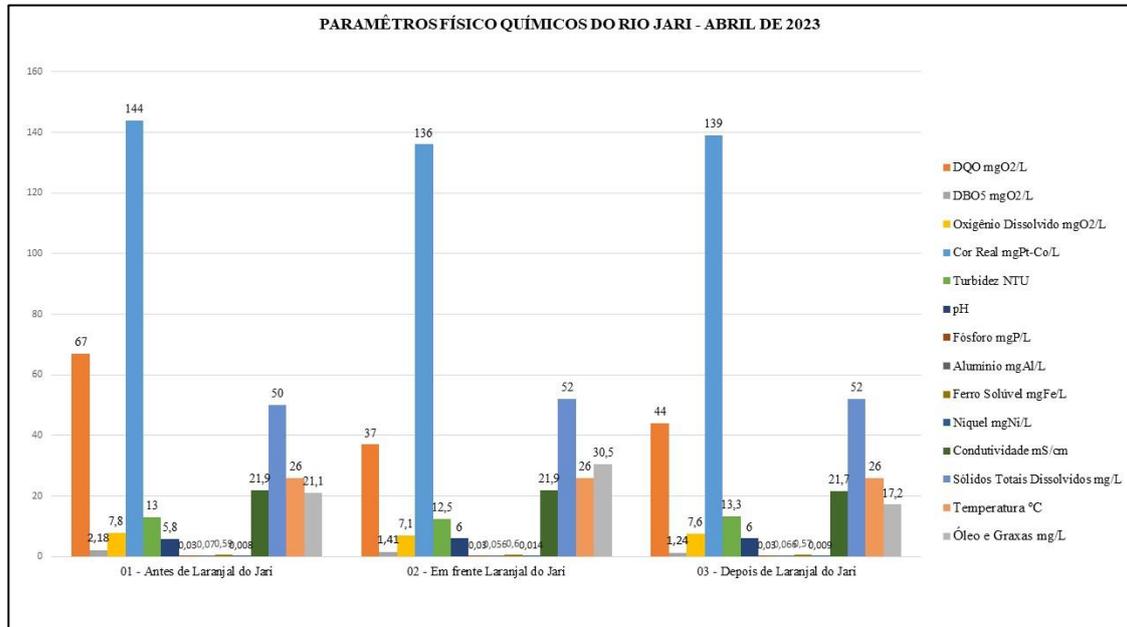
XAVIER, Juliana de Oliveira et al. **Macrófitas Aquáticas: caracterização e importância em reservatórios hidrelétricos**. Belo Horizonte: Cemig, 2021. 96 p.

YUSUF, Zahraddeen Hassan. **Phytoplankton as bioindicators of water quality in Nasarawa reservoir, Katsina State Nigeria**. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 32, p. e4, 2020.

WHITTAKER, R. H. **Evolution and measurement of species diversity**. *Taxon*, 21: 213-251. 1972.

## ANEXOS

Anexo A – Gráfico de parâmetros físico-químicos no mês de abril coletados da Fundação Jari (2022).



FONTE: FUNDAÇÃO JARI CELULOSE, 2022.

Anexo B – Espécie de fitoplancton *Staurodesmus dejectus*.



FONTE: ALGAE BASE, 2023.