

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 27/02/2028.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS



DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ESTRUTURAL E FUNCIONAL

Laboratório de Biologia e Genética de Peixes

Aplicação da técnica de DNA *metabarcoding* para o estudo da dinâmica reprodutiva de peixes do Rio Madeira

Gabriela Omura da Costa

Botucatu/SP

2026

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ESTRUTURAL E FUNCIONAL

Laboratório de Biologia e Genética de Peixes

Aplicação da técnica de DNA *metabarcoding* para o estudo da dinâmica reprodutiva de peixes do Rio Madeira

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Doutor no Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia)

Discente: Gabriela Omura da Costa

Orientador: Prof^o. Dr. Claudio de Oliveira

Coorientador: Dr. André Batista Nobile

Botucatu/SP

2026

C837a Costa, Gabriela
Aplicação da técnica de DNA metabarcoding para o estudo da
dinâmica reprodutiva de peixes do Rio Madeira / Gabriela Costa. --
Botucatu, 2026
72 f. : tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Instituto de Biociências, Botucatu
Orientador: Claudio Oliveira
Coorientador: André Nobile

1. Genética Animal. 2. Conservação. 3. Bioinformática. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Aplicação da técnica de DNA metabarcoding para o estudo da dinâmica reprodutiva de peixes do Rio Madeira

AUTORA: GABRIELA OMURA DA COSTA

ORIENTADOR: CLAUDIO DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Biológicas (Zoologia), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. CLAUDIO DE OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento Estrutural e Funcional / Instituto de Biociências - UNESP Botucatu

Prof. Dr. BRUNO FEREZIM MORALES (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais / Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD

Prof. Dr. MARCELO RODRIGUES DOS ANJOS (Participação Virtual)
Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente / Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Profa. Dra. ANDRÉA BIALETZKI (Participação Virtual)
Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura / Universidade Estadual de Maringá - UEM

Pesquisador DIEGO PERES ALONSO (Participação Virtual)
Coordenadoria Executiva - Instituto de Biotecnologia / Reitoria - UNESP

Botucatu, 27 de fevereiro de 2026.

Willian Gabriel Miranda
Assistente Administrativo II da Seção Técnica de Pós-Graduação
Instituto de Biociências de Botucatu

“Algumas jornadas parecem pequenas enquanto acontecem, mas tornam-se imensas quando são lembradas”.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Claudio de Oliveira, pela confiança, orientação e pela oportunidade concedida para o desenvolvimento deste trabalho. Ao meu coorientador, Dr. André Batista Nobile, pelo apoio, acompanhamento e valiosas contribuições ao longo de toda a pesquisa.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Biologia e Genética de Peixes (LBP/UNESP), pelo convívio, apoio e trocas de conhecimento que tornaram essa trajetória mais leve e enriquecedora.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas de estudos nacional e internacional via Capes Print (processos - 88887.713742/2022-00; 88887.916092/2023-00).

À Neotropical Consultoria Ambiental, pelo fornecimento do material utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Quentin Mauvisseau, por me receber durante o período de intercâmbio, pela receptividade, colaboração, oportunidades e importantes ensinamentos. À Universidade de Oslo (UiO), pelo suporte institucional e pelo acesso à sua infraestrutura computacional, sendo as análises computacionais deste trabalho realizadas com recursos fornecidos pela Sigma2 – National Infrastructure for High-Performance Computing and Data Storage in Norway.

À Silvana por todo o apoio, trocas de experiência, risadas e toda ajuda no período mais desafiador dessa jornada.

Ao Dr. Bruno Morales, por todo o ensinamento, paciência, disponibilidade e colaboração, fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) e à Seção Técnica de Pós-Graduação, pelo suporte administrativo e acadêmico.

Aos colegas de laboratório Mariana, Aisni, Giovana, Beatriz Boza, Beatriz Dorini, Cláudia, Lucas Oliveira Victória, Pâmela e Laís, pelo auxílio em procedimentos laboratoriais, pelas trocas de conhecimento, pelos almoços juntos e pela amizade, que espero guardar comigo ao longo da vida.

À minha família e ao meu namorado Alexandre, pelo apoio incondicional, incentivo constante e compreensão ao longo de toda essa jornada, mesmo nos momentos mais difíceis.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

Resumo

A bacia do Rio Madeira abriga uma das ictiofaunas de peixes de água doce mais ricas do planeta, exercendo papel central na manutenção de populações de peixes migradores de elevada importância ecológica e econômica. No entanto, essa diversidade tem apresentado acentuados declínios, sobretudo em decorrência da construção de barragens, que alteram drasticamente a conectividade do sistema aquático e impactam as rotas migratórias, afetando as estratégias reprodutivas, a dinâmica populacional e a estrutura das comunidades de peixes. Diante desse cenário, torna-se essencial o monitoramento e a caracterização dessas alterações. O uso de ferramentas moleculares, como o DNA *metabarcoding*, tem se mostrado promissor para superar limitações dos métodos tradicionais baseados em captura, permitindo identificar padrões de riqueza, abundância e dispersão larval mesmo em regiões de difícil acesso ou elevada diversidade. No presente estudo, a aplicação dessa técnica em organismos ictioplânctônicos de áreas sob forte influência de barramentos permitiu a identificação de 35 espécies, embora tenha sido observada baixa captura de ovos e larvas nas áreas amostradas, especialmente de grandes migradores. A análise morfológica identificou uma ordem, três gêneros e quatro espécies exclusivos, enquanto o DNA *metabarcoding* detectou três ordens, nove famílias, 52 gêneros e 32 espécies não registradas pela abordagem morfológica. A composição do ictioplâncton apresentou variação espacial entre os trechos amostrados, com o reservatório exibindo alteração significativa na composição das espécies. Observou-se ainda redução progressiva da riqueza e da diversidade taxonômica em direção ao reservatório, cuja comunidade foi dominada pela família Pimelodidae. Em conjunto, os resultados indicam que os impactos das hidrelétricas, aliados às mudanças no regime hidrológico, estão associados a modificações relevantes na estrutura das comunidades ictioplânctônicas do trecho estudado.

Palavras-chave: Bacia Amazônica, Ictioplâncton, Migração de peixes, Represamentos.

Abstract

The Madeira River basin harbors one of the richest ichthyofaunas on the planet, playing a central role in sustaining populations of migratory fishes of high ecological and economic importance. However, this diversity has experienced marked declines, mainly as a result of dam construction, which drastically alters aquatic connectivity and disrupts migratory routes, affecting reproductive strategies, population dynamics, and the structure of fish communities. In this context, monitoring and characterizing these changes are essential. The use of molecular tools, such as DNA metabarcoding, has proven promising in overcoming limitations of traditional methods, allowing the identification of patterns of richness, abundance, and larval dispersal even in regions of difficult access or high biodiversity. In the present study, the application of this technique to ichthyoplankton organisms under strong dam influence allowed the identification of 35 species, although low capture rates of eggs and larvae were observed in the sampled areas, particularly for large migratory species. Morphological analysis identified one order and three exclusive genera, whereas DNA metabarcoding detected three orders, nine families, 52 genera, and 32 species not recorded by the morphological approach. The composition of the ichthyoplankton showed spatial variation among the sampled river sections, with the reservoir exhibiting a significant alteration in species composition. A progressive reduction in taxonomic richness and diversity toward the reservoir was also observed, where the community was dominated by the family Pimelodidae. Overall, the results indicate that the impacts of hydropower dams, combined with changes in the hydrological regime, are associated with relevant modifications in the structure of ichthyoplankton communities in the studied river stretch.

Keywords: Amazon Basin, Dams, Fish migration, Ichthyoplankton.

Sumário

1. Introdução	9
2. Objetivo Geral.....	13
2.1 Objetivos específicos	13
3. Material e Métodos	14
3.1 Área de estudo e coleta do material biológico	14
3.2 Dados hidrológicos.....	16
3.3 Amostragem e processamento	16
3.4 Amplificação, preparo da biblioteca e sequenciamento.....	18
3.5 Bioinformática: Processamento dos dados de sequenciamento	18
3.6 Pós-processamento e Atribuição Taxonômica.....	18
3.7 Profundidade de sequenciamento e rarefação.....	19
3.8 Análise da Consistência Metodológica e Estrutura da Comunidade Ictioplanctônica	20
3.9 Análises de Padrões Migratórios	21
4. Resultados	22
4.1 Qualidade dos dados e validação metodológica do DNA <i>metabarcoding</i>	22
4.2 Atribuição taxonômica e diversidade detectada.....	25
4.3 Comparação das Identificações Taxonômicas.....	30
4.4 Dinâmica da abundância e da composição do ictioplâncton ao longo do ciclo hidrológico.....	32
4.5 Estrutura ontogenética e variação espaço-temporal das larvas	35
4.6 Análise da Composição e Estrutura da Comunidade Ictioplanctônica	38
5. Discussão	44
5.1 Diversidade e desafios do ictioplâncton amazônico	45
5.2 Influência do ciclo hidrológico.....	48
5.3 Estrutura ontogenética das larvas ao longo do gradiente espaço-temporal.....	49
5.4 Estrutura da comunidade e influência de barramentos	51
6. Conclusão	54
7. Referências bibliográficas	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa da de estudo no Rio Madeira, Amazonas, Brasil, indicando os treze pontos amostrais examinados neste estudo. Os locais abrangem diferentes trechos principais e afluentes do Rio Madeira, incluindo regiões a montante e jusante da usina hidrelétrica de Santo Antônio. As siglas correspondem a: HUM = Humaitá, MAC = Machado, MCJ = Jusante do Rio Machado, MCM = Montante do Rio Machado, CUN = Cuniã, JAM = Jamari, MJJ = Jusante do Rio Jamari, CUJ = Cujubim, SAJ = Santo Antônio jusante, SAM = Santo Antônio montante, MOR = Morrinhos, JAC = Rio Jaci e JRJ = UHE Jirau jusante	14
Figura 2 - Distribuição do esforço amostral por trecho e período hidrológico, separada por período de desenvolvimento (larvas e ovos). Os valores indicam o número de amostragens realizadas (N) e o número de meses amostrados (M) em cada combinação de trecho e período.....	22
Figura 3 - Distribuição do número de organismos analisados por trecho e período hidrológico, separada por período de desenvolvimento (larvas e ovos). Em cada célula, os valores indicam o número de organismos utilizados nas análises de metabarcoding em relação ao número total de organismos coletados em cada combinação de trecho e período.	23
Figura 4 - Histograma da profundidade de sequenciamento das amostras analisadas, mostrando a distribuição do número de reads por amostra após o processamento dos dados. As linhas verticais indicam os limiares de 7.000 e 10.000 reads, utilizados como níveis de referência nas análises de rarefação.....	24
Figura 5 - Curvas médias de rarefação da riqueza de ASVs para larvas e ovos, em função da profundidade de sequenciamento. As linhas contínuas representam a riqueza média esperada, enquanto as áreas sombreadas indicam a variação associada às amostras. As linhas verticais tracejadas indicam os limiares de profundidade de sequenciamento adotados nas análises.	25
Figura 6. Distribuição do número de ASVs por táxon e período de desenvolvimento. (A) Número de ASVs distintas associadas a cada táxon, com indicação do período de desenvolvimento no qual foram detectadas (somente ovos, somente larvas ou ambos). (B) Número de táxons detectados exclusivamente em ovos, exclusivamente em larvas ou em ambos os períodos. (C) As dez famílias que concentraram o maior número de ASVs sem resolução taxonômica em nível de gênero ou espécie.	30
Figura 7. Comparação dos táxons identificados por meio de análises morfológicas e DNA metabarcoding. Barra vermelha = DNA metabarcoding; Barra azul clara = morfologia e Barra azul escuro = Sobreposição das análises. A = Táxons em nível de ordem; B = Táxons em nível de família; C = Táxons em nível de gênero e D = Táxons em nível de espécie.	32
Figura 8. Riqueza de espécies e abundância de reads em função do período hidrológico, estratificadas por período de desenvolvimento e categoria de migração. (A–B) Riqueza de espécies para migradores de longa distância (MLD), média distância (MMD), curta distância (MCD) e não migradores (NM). (C–D) Abundância de reads (escala log10) para as mesmas categorias. As cores indicam o período de desenvolvimento (larvas e ovos). Os pontos representam amostras individuais e as caixas indicam a distribuição dos dados.	35
Figura 9. Proporção das amostras categorizadas em cada trecho e período hidrológico. As barras empilhadas representam a fração de amostras com obtenção bem-sucedida do grau de desenvolvimento larval (GD), amostras danificadas (D) e amostras que não correspondiam a ictioplâncton, para cada combinação de trecho e período.....	36

Figura 10. Proporção das amostras com grau de desenvolvimento larval classificado, agrupadas em estágios iniciais e intermediários, por trecho e período hidrológico. Os estágios iniciais correspondem à soma dos estágios larva vitelínica (LV) e pré-flexão (PF), enquanto os estágios intermediários correspondem à soma dos estágios de flexão (F) e pós-flexão (FP).	37
Figura 11. Distribuição percentual das amostras com grau de desenvolvimento larval (GD) classificado, estratificada por trecho e período hidrológico. Classificação: LV = larva vitelínica, PF = pré-flexão, F = flexão e FP = pós-flexão.	38
Figura 12. NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-Métrico) da composição de espécies por localidade. Os pontos representam as amostragens e as cores os locais amostrados.	39
Figura 13. Diagrama de fluxo (Sankey) representando a distribuição das 20 espécies mais abundantes, com base no número de reads, ao longo dos diferentes trechos do rio. A largura dos fluxos é proporcional à abundância relativa de reads associada a cada espécie em cada trecho, indicando sua contribuição para a composição da comunidade ictioplanctônica ao longo do sistema	41
Figura 14. Boxplots da riqueza de espécies do ictioplâncton, estratificados por padrão migratório (migradores de média distância – MMD; migradores de longa distância – MLD) e por trecho do rio. As caixas representam o intervalo interquartil, a linha central indica a mediana e os whiskers representam a variação dos dados.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Pontos de amostragem ao longo da bacia do rio Madeira, com descrição dos locais de coleta e respectivas coordenadas geográficas em sistema UTM. As coordenadas estão expressas em metros (Easting e Northing), referenciadas ao datum WGS84, zona 20S.....	15
Tabela 2. Identificação das espécies por morfologia e <i>metabarcoding</i> , associada ao padrão migratório observado. Classificação do padrão migratório: NM = Não Migrador; MCD = Migrador de Curta Distância (menor que 50 km); MMD = Migrador de Média Distância (entre 50 e 1.000 km); MLD = Migrador de Longa Distância (maior que 1.000 km).....	26
Tabela 3. Resultados dos modelos lineares generalizados multivariados (<i>manyglm</i>) testando o efeito do período hidrológico sobre a composição da comunidade de ictioplâncton (ovos e larvas) baseada na abundância de indivíduos.....	32
Tabela 4. Comparações post hoc (par a par) entre os períodos hidrológicos para a composição de ovos e larvas, baseadas na estatística de deviance	33
Tabela 5. Resultados dos modelos lineares generalizados multivariados (<i>manyglm</i>) testando o efeito do período hidrológico sobre a composição do ictioplâncton, estratificada por categorias de padrão migratório. MLD (migrador de longa distância), MMD (migrador de média distância), MCD (migrador de curta distância) e NM (não migrador)	33
Tabela 6. Comparações post hoc entre períodos hidrológicos para a composição da comunidade dentro de cada categoria de padrão migratório. MLD (migrador de longa distância), MMD (migrador de média distância), MCD (migrador de curta distância) e NM (não migrador).....	34
Tabela 7. Resultados dos modelos lineares generalizados multivariados (<i>manyglm</i>) com reamostragem PIT-trap testando o efeito do trecho e do período hidrológico sobre a estrutura ontogenética das larvas. Graus de desenvolvimento (GD) segregados (estágios individuais) e agrupados (estágios iniciais vs. intermediários).....	36
Tabela 8. Resultados dos modelos lineares generalizados multivariados (<i>manyglm</i>) testando o efeito dos trechos do sistema fluvial (Rio Machado, Jusante da UHE e Reservatório) sobre a composição do ictioplâncton por período de desenvolvimento. 40	
Tabela 9. Comparações post hoc entre os trechos do sistema fluvial para a composição conjunta de ovos e larvas do ictioplâncton.	40
Tabela 10. Resultados dos modelos lineares generalizados multivariados (<i>manyglm</i>) testando o efeito do trecho sobre a composição do ictioplâncton, estratificada por categorias de padrão migratório. MLD (migrador de longa distância), MMD (migrador de média distância), MCD (migrador de curta distância) e NM (não migrador).....	42
Tabela 11. Comparações post hoc entre os trechos do sistema fluvial para a composição da comunidade dentro de cada categoria de padrão migratório.....	42

1. Introdução

A América do Sul possui a fauna de peixes de água doce e marinha mais diversa do mundo, com cerca de 9.100 espécies descritas. Somente a ictiofauna dulcícola abriga cerca de 6,080 espécies, com estimativas de diversidade total provável entre 8.000 e 9.000 espécies (Reis et al., 2016; Dagosta & de Pinna 2019; Albert et al., 2020). Nesse cenário, o Brasil destaca-se por abrigar uma grande diversidade e riqueza de peixes de água doce, sendo encontradas 3.148 espécies (ICMBio, 2018). Considerada um dos maiores *hotspots* de biodiversidade do planeta, a bacia Amazônica abrange mais de 6 milhões de km² e corresponde a cerca de 16% a 18% da descarga mundial de água doce (Meade et al., 1985; Filizola e Guyot, 2009). Nessa região, concentram-se mais de 2.400 espécies de peixes, das quais aproximadamente 1.696 espécies são consideradas endêmicas (Dagosta e De Pinna 2019; Jézéquel et al., 2020a,b; Jenkins et al., 2025).

Dentre os diversos cursos d'água da região, a bacia do Rio Madeira destaca-se por sua excepcional diversidade, sendo descritas 1.000 espécies de peixes, conforme levantamentos nas regiões baixa, média e principais tributários em território brasileiro (Perin et al., 2007; Pedroza et al., 2012; Queiroz et al., 2013a,b; Costa et al., 2017; Anjos et al., 2019; Oliveira et al., 2020). Com uma área total de drenagem de aproximadamente 1.370.000 km², representando mais de 20% de toda a bacia amazônica, o Rio Madeira atravessa três países, sendo 50% dessa área localizada no Brasil, 43% na Bolívia e 7% no Peru (Barthem & Goulding, 2007). Essa vasta extensão e diversidade contribuem para que os peixes amazônicos sejam reconhecidos como grupos-chave para o equilíbrio ecológico regional, desempenhando funções essenciais tanto nos ecossistemas aquáticos quanto na subsistência das populações locais (Junk et al., 2011; Tedesco et al., 2017; Moraes et al., 2021).

No que tange aos peixes migratórios, destaca-se seu papel como predadores de topo, engenheiros ecológicos e dispersores de sementes, participando de fluxos críticos de energia e nutrientes entre os componentes do ecossistema (Duponchelle et al., 2021). A redução dessas populações pode resultar em cascatas tróficas significativas, comprometendo a estabilidade e o funcionamento das redes alimentares aquáticas da região (Myers et al., 2007; Heithaus et al., 2008; Estes et al., 2011).

As principais ordens de peixes na Amazônia estão centradas nos Ostariophysi (Characiformes, Gymnotiformes e Siluriformes), conforme descrito por Dagosta e De Pinna (2019) e também evidenciado por Jézéquel et al. (2020a). Os padrões para a

Amazônia e a região Neotropical propostos por Lowe-McConnell (1999) e Reis et al. (2003) destacam Characiformes e Siluriformes como as principais ordens. Além disso, as espécies migratórias dessas ordens têm grande importância histórica, cultural e nutricional, representando cerca de 83% das capturas comerciais anuais da bacia (Goulding et al., 2019). Os peixes migradores podem ser classificados em curta, média e longa distância, conforme a escala de seus deslocamentos ao longo do ciclo de vida. Migradores de curta distância realizam movimentos locais entre habitats próximos; os de média distância conectam diferentes trechos do rio; e os de longa distância percorrem grandes extensões da bacia, frequentemente ao longo de milhares de quilômetros (Duponchelle et al., 2021).

Embora os peixes apresentem grande relevância no cenário ecológico e econômico, parte considerável desta diversidade se encontra sob algum grau de ameaça. A estrutura linear e hierárquica dos rios limita o movimento dos peixes de água doce, tornando suas rotas migratórias altamente vulneráveis a obstáculos antrópicos (Dudgeon et al., 2006). Assim, os principais riscos aos peixes de água doce da Amazônia são semelhantes aos que afetam a biodiversidade aquática global: sobrepesca, alterações no fluxo e nos habitats causadas por hidrelétricas, desmatamento e mudanças climáticas (Xenopoulos et al., 2005; Dudgeon et al., 2006; Barletta et al., 2010; Carpenter, Stanley, & Zanden, 2011; Agostinho et al., 2016; Carolina et al., 2016).

Atualmente, existem cerca de 434 hidrelétricas operando ou em construção na bacia amazônica, com mais 463 previstas para as próximas décadas, o que intensifica a fragmentação dos habitats aquáticos (Caldas et al., 2023). Esse tipo de empreendimento impacta a biodiversidade regional ao alterar a conectividade dos ecossistemas, provocando extinções locais e em larga escala, particularmente de espécies migratórias que não se adaptam às condições dos reservatórios (Freeman et al., 2003). Além da interrupção das rotas migratórias, as barragens afetam áreas essenciais para desova e berçários, influenciando negativamente a diversidade local e a dinâmica das populações (Bailly et al., 2008; Freitas et al., 2012; Hurd et al., 2016; McIntyre et al., 2016). Apesar dos investimentos em dispositivos como escadas para peixes, esses mecanismos têm apresentado baixa eficiência na restauração das rotas migratórias e na garantia do recrutamento populacional, tanto rio acima como rio abaixo (Agostinho et al., 2007; Lira et al., 2017; Hauser, 2018; Hauser et al., 2019; Hahn et al., 2022).

Barreiras naturais, como as cachoeiras Jirau e Teotônio, no Rio Madeira, historicamente funcionaram como filtros ecológicos, promovendo a deriva seletiva de

ovos e larvas a jusante, além do movimento dos peixes a montante, mantendo o fluxo gênico de diversas espécies comercialmente importantes (Farias et al., 2010). Contudo, a submersão dessas quedas para a construção dos reservatórios de Santo Antônio e Jirau resultou na homogeneização ambiental, no aumento de táxons bentopelágicos e na invasão de espécies anteriormente ausentes (Torrente-Vilara et al., 2011; Cella-Ribeiro et al., 2013). Esses impactos são especialmente graves para peixes migratórios de longa distância, como evidenciado em pesquisas realizadas tanto abaixo quanto acima das barragens (Agostinho et al., 2016; Van Damme et al., 2019; Santos et al., 2020).

Frente a este cenário, torna-se fundamental realizar estudos que integrem informações sobre a biologia reprodutiva dos peixes migratórios, incluindo a identificação de áreas e períodos reprodutivos preferenciais, rotas migratórias e indicadores do sucesso no recrutamento (Hempel, 1973; Baumgartner et al., 2004; Bialecki et al., 2005). Sabe-se que essas espécies potamódromas de longa distância realizam migrações longitudinais em um gradiente montante-jusante, sincronizadas com o ciclo hidrológico sazonal, especialmente o “pulso de inundação” dos rios amazônicos durante o período chuvoso, que condiciona seus comportamentos reprodutivos e alimentares (Junk et al., 1989). A literatura indica que a desova ocorre principalmente nos trechos superiores dos rios, concentrando os ovos, enquanto os trechos inferiores e as planícies alagadas funcionam como berçários essenciais para o desenvolvimento das larvas e juvenis, assegurando a sobrevivência das populações migratórias (Ribeiro, 1983; Ribeiro & Petrere, 1990; Lima & Araujo-Lima, 2004). Essa relação espacial e temporal da reprodução está estreitamente associada à flutuação do nível d’água e à disponibilidade alimentar, fatores que favorecem o sucesso reprodutivo e o recrutamento natural das espécies (Goulding, 1980; Menezes & Vazzoler, 1992; Junk & Robertson, 1997).

7. Referências bibliográficas

- AGOSTINHO, A. A. et al. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: colonization patterns, impacts and management. *Fisheries Research*, 173: 26–36.
- AGOSTINHO, A. A. et al. (2007). Estocagem. In: Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil, p. 253–274.
- Albert, J. S., Tagliacollo, V. A., & Dagosta, F. (2020). Diversification of Neotropical freshwater fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51(1), 27–53.
- ALMEIDA, O. T., LORENZEN, K. & MCGRATH, D. G. (2009). Fishing agreements in the lower Amazon: for gain and restraint. *Fisheries Management and Ecology*, 16: 61–67.
- ALVES, C. B. M. et al. (2021). Avanços em métodos de coleta de peixes e caracterização de habitat de riachos tropicais. *Oecologia Australis*, 25(2): 265.
- ANJOS, M. R. et al. (2019). Survey of fish species from the Lower Roosevelt River, Southwestern Amazon basin. *Biota Neotropica*, 19(4): 1–13.
- ARANTES, C. C. et al. (2022). Functional responses of fisheries to hydropower dams in the Amazonian Floodplain of the Madeira River. *Journal of Applied Ecology*, 59(3): 680–692.
- ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. (1994). Egg size and larval development in Central Amazonian fish. *Journal of Fish Biology*, 44(3): 371–389.
- AHLSTROM, E. H. & MOSER, H. G. (1976). Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations and in fisheries. *Revista de Trabalhos do Instituto de Ciências Marinhas*, 40(3): 379–398.
- BAILLY, D., AGOSTINHO, A. A. & SUZUKI, H. I. (2008). Influence of the flood regime on the reproduction of fish species with different reproductive strategies in the Cuiabá River, Upper Pantanal, Brazil. *River Research and Applications*, 24: 1218–1229.
- BARLETTA, M. et al. (2010). Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology*, 76(9): 2118–2176.
- BARTHEM, R. B. & GOULDING, M. (2007). An unexpected ecosystem: the Amazon as revealed by fisheries. Washington, DC: Amazon Conservation Association; Missouri Botanical Garden Press.
- BARTHEM, R. et al. (2014). Diversity and abundance of fish larvae drifting in the Madeira River, Amazon Basin: sampling methods comparison. In: *InTech*, <https://doi.org/10.5772/57404>.

- BARTHEM, R. B. et al. (2017). Goliath catfish spawning in the far western Amazon confirmed by the distribution of mature adults, drifting larvae and migrating juveniles. *Scientific Reports*, 7: 41784.
- BATISTA, V. S. et al. (1998). Characterization of the fishery in river communities in the low-Solimões/high-Amazon region. *Fisheries Management and Ecology*.
- BATISTA, J. D. S. et al. (2010). DNA microsatellite markers for “dourada” (*Brachyplatystoma rousseauxii*, Siluriformes: Pimelodidae), a migratory catfish of utmost importance for fisheries in the Amazon: development, characterization and inter-specific amplification. *Conservation Genetics Resources*, 2(1): 5–10.
- BAUMGARTNER, G. et al. (2004). Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 71(2): 115–125.
- BECKER, R. A. et al. (2015). DNA barcoding and morphological identification of neotropical ichthyoplankton from the Upper Paraná and São Francisco. *Journal of Fish Biology*, 87(1): 159–168.
- BERNINI, H. et al. (2016). Descarga sólida em suspensão e dinâmica fluvial na bacia do rio Madeira: um perfil no período de cheia hidrológica. *IX Seminário Latino-Americano e V Seminário Ibero-Americano de Geografia Física*, 13.
- BERRY, T. E. et al. (2017). DNA metabarcoding for diet analysis and biodiversity: a case study using the endangered Australian sea lion (*Neophoca cinerea*). *Ecology and Evolution*, 7(14): 5435–5453.
- BIALETZKI, A. et al. (2005). Larval fish assemblage in the Baía River (Mato Grosso do Sul State, Brazil): temporal and spatial patterns. *Environmental Biology of Fishes*, 73(1): 37–47.
- BUCKUP, P. A., SANT, M. & GHAZZI, A. (2016). Chapter. January 2007.
- CADA, G. F. & LOAR, J. M. (1982). Relative effectiveness of two ichthyoplankton sampling techniques. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(6): 811–814.
- CAJADO, R. A. et al. (2020). Spatial diversity of ichthyoplankton in the lower stretch of the Amazon River, Pará, Brazil. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 50: 127–137.
- CALDAS, B. et al. (2023). Identifying the current and future status of freshwater connectivity corridors in the Amazon Basin. *Conservation Science and Practice*, 5(1), e12853.
- CALLAHAN, B. J. et al. (2016). DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nature Methods*, 13(7): 581–583.
- CAMPOS, T. N. S. et al. (2025). Diversity of potamodromous fishes in the Tocantins-Araguaia basin. *Neotropical Ichthyology*, 23(1): e240098.

- CAROLINA, A. et al. (2016). The rise and fall of fish diversity in a neotropical river after impoundment. p. 207–221.
- CAROLSFELD, J., HARVEY, B., ROSS, C. & BAER, A. (2003). Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status. British Columbia, Canada: World Fisheries Trust.
- CARPENTER, S. R. et al. (2011). State of the world's freshwater ecosystems: physical, chemical, and biological changes. *Annual Review of Environment and Resources*, 36(1): 75–99.
- CARVALHO, D. C. (2022). Ichthyoplankton DNA metabarcoding: challenges and perspectives. *Molecular Ecology*, 31(6): 1612–1614.
- CAWTHORN, D. M., STEINMAN, H. A. & WITTHUHN, R. C. (2012). DNA barcoding reveals a high incidence of fish species misrepresentation and substitution on the South African market. *Food Research International*, 46(1): 30–40.
- CELLA-RIBEIRO, A. et al. (2013). As corredeiras do rio Madeira. In: DE QUEIROZ, L. J. et al. (Org.), *Peixes do rio Madeira*, São Paulo: Diaeto, p. 47–53.
- CELLA-RIBEIRO, A. et al. (2017). Temporal fish community responses to two cascade run-of-river dams in the Madeira River, Amazon basin. *Ecohydrology*, 10(8): e1889.
- CHAMON, C. C. et al. (2022). Building knowledge to save species: 20 years of ichthyological studies in the Tocantins-Araguaia River basin. *Biota Neotropica*, 22(2): e20211296.
- CHAVES, C. S. et al. (2017). Distribuição de larvas de Pimelodidae (Pisces, Siluriformes) no trecho inferior do rio Amazonas, Santarém, Pará. *Scientia Amazonia*, 6(1): 19–30.
- COSTA, G. et al. (2025). Identification of fish eggs and larvae using a novel DNA metabarcoding approach. *Neotropical Ichthyology*, v. 23, n. 03, p. e250005.
- COSTA, I. D., OHARA, W. M. & ALMEIDA, M. (2017). Fishes from the Jaru Biological Reserve, Machado River drainage, Madeira River basin, Rondônia State, northern Brazil. *Biota Neotropica*, 17: 1–9.
- CRUAUD, P. et al. (2017). High-throughput sequencing of multiple amplicons for barcoding and integrative taxonomy. *Scientific Reports*, 7: 1–12.
- CRUZ, R. C. et al. (2010). Tendências na análise de impactos da implementação de barragens: lições do estudo de caso das barragens de uso múltiplo da bacia do rio Santa Maria. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 15(1).
- DAGOSTA FC, DE PINNA MC. (2019). The fishes of the Amazon: distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 431:1–163.

- DE ARAÚJO, T. R. et al. (2009). Composition and trophic structure of the ichthyofauna from a stream downriver from Santo Antonio Falls in the Madeira River, Porto Velho, RO. *Biota Neotropica*, 9(3): 21–29.
- DE QUEIROZ, M.; MARINHO, R. A. PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO MADEIRA POR IMAGENS DE SATÉLITE. (2025). *Sociedade e Território*, v. 37, n. 3.
- DE SOUZA, A. L. M. et al. (2025). Impacts of hydroelectric dams on Amazonian fisheries: assessing functional attributes in the Madeira River. *River Research and Applications*.
- DECONINCK, D. et al. (2020). A high-quality genetic reference database for European commercial fishes reveals substitution fraud of processed Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common sole (*Solea solea*) at different steps in the Belgian supply chain. *Food and Chemical Toxicology*, 141.
- DEINER, K. et al. (2017). Environmental DNA metabarcoding: transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular Ecology*, 26(21): 5872–5895.
- DORIA, C. R. C. et al. (2018). Review of fisheries resource use and status in the Madeira River basin (Brazil, Bolivia, and Peru) before hydroelectric dam completion. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 26(4): 494–514.
- DUDGEON, D. et al. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2): 163–182.
- DUGAN, P. J. et al. (2010). Fish migration, dams, and loss of ecosystem services in the Mekong Basin. p. 344–348.
- DUPONCHELLE, F. et al. (2021). Conservation of migratory fishes in the Amazon basin. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(5): 1087–1105.
- DUKE, E. M. & BURTON, R. S. (2020). Efficacy of metabarcoding for identification of fish eggs evaluated with mock communities. *Ecology and Evolution*, 10(7): 3463–3476.
- EDGAR, R. C. (2010). Search and clustering orders of magnitude faster than BLAST. *Bioinformatics*, 26(19): 2460–2461.
- ELETRONORTE (2007). Relatório Socioambiental Centrais Elétricas do Norte do Brasil. Brasília. Disponível em URL.
- EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Panorama e perspectivas sobre integração energética regional.
- ESTES, J. A. et al. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 333: 301–306.
- FADROSH, D. W. et al. (2014). An improved dual-indexing approach for multiplexed 16S rRNA gene sequencing on the Illumina MiSeq platform. *Microbiome*, 2: 6.

- FARIAS, I. P. et al. (2010). Are rapids a barrier for floodplain fishes of the Amazon basin? A demographic study of the keystone floodplain species *Colossoma macropomum* (Teleostei: Characiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 56(3): 1129–1135.
- FICETOLA, G. F. et al. (2010). An in silico approach for the evaluation of DNA barcodes. *BMC Genomics*, 11: 434.
- FILIZOLA, N. & GUYOT, J. L. (2009). Suspended sediment yields in the Amazon basin: an assessment using the Brazilian national data set. *Hydrological Processes*, 23(22): 3207–3215.
- FONSECA, V. G. (2018). Pitfalls in relative abundance estimation using eDNA metabarcoding. *Molecular Ecology Resources*, 18(5): 923–926.
- FORSBERG, B. R. et al. (2017). The potential impact of new Andean dams on Amazon fluvial ecosystems. *PLoS ONE*, 12: e0182254.
- FRANTINE-SILVA, W. et al. (2015). DNA barcoding of freshwater ichthyoplankton in the Neotropics as a tool for ecological monitoring. *Molecular Ecology Resources*, 15(5): 1226–1237.
- FREEMAN, M. C. et al. (2003). Ecosystem-level consequences of migratory faunal depletion caused by dams. In: L. K. E. & R. W. J., Eds., *Biodiversity and conservation of shads worldwide*, 35, American Fisheries Society Symposium Series, 255–266.
- FREITAS, C. E. C. et al. (2012). The potential impacts of global climatic changes and dams on Amazonian fish and their fisheries. In: H. Turker, Ed., *New advances and contributions to fish biology*, 175–195.
- FRENCH, N. (1979). Perspectives in Grassland Ecology. 32: 5–6.
- FRICKE, R., ESCHMEYER, W. N. & VAN DER LAAN, R. (eds) (2025). Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- GHANBARI, M. et al. (2015). A new view of the fish gut microbiome: advances from next-generation sequencing. *Aquaculture*, 448: 464–475.
- GOULDING, M. (1980). The fishes and the forest: explorations in Amazon natural history. Berkeley: University of California Press.
- GOULDING, M., BARTHEM, R. B. & FERREIRA, E. (2003). The Smithsonian Atlas of the Amazon. Washington: Smithsonian Books.
- GOULDING, M. et al. (2019). Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands. *Fish and Fisheries*, 20: 138–158.

- GREEN, M. R. & SAMBROOK, J. (2012). Manual, Molecular Cloning: A Laboratory. 4th ed. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- GUILHEN, J. et al. (2022). Estimation of the Madeira floodplain dynamics from 2008 to 2018. *Frontiers in Water*, v. 4, p. 952810.
- GUILLERAULT, N. et al. (2017). Application of DNA metabarcoding on faeces to identify European catfish *Silurus glanis* diet. *Journal of Fish Biology*, 90(5): 2214–2219.
- GUIMARÃES, K. et al., (2018). DNA barcoding of fish fauna from low order streams of Tapajós River basin. *PLoS ONE* 13(12): e0209430.
- HAHN, L. et al. (2022). Semi-natural fishway efficiency for goliath catfish (*Brachyplatystoma* spp.) in a large dam in the Amazon Basin. *Hydrobiologia*, 849(2): 323–338.
- HAUSER, M. et al. (2018). Age and growth of the Amazonian migratory catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* in the Madeira River basin before the construction of dams. *Neotropical Ichthyology*, 16: e170130.
- HAUSER, M. et al. (2019). Shedding light on the migratory patterns of the Amazonian goliath catfish, *Brachyplatystoma platynemum*, using otolith $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ analyses. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29: 397–408.
- HEBERT, P. D. N. et al. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B*, 270(1512): 313–321.
- HEITHAUS, M. R. et al. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution*, 23: 202–210.
- HELFMAN, G. et al. (2009). *The Diversity of Fishes: Biology, Evolution, and Ecology*. Hoboken: Wiley.
- HEMPEL, G. (1973). Fish eggs and larval studies (Contributions to a manual). FAO Fish Technical Paper, 122: 82.
- HERRERA-R, G. A. et al. A synthesis of the diversity of freshwater fish migrations in the Amazon basin. *Fish Fish*. 25, 114–133 (2024).
- HOEINGHAUS, D. J. et al. (2009). Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Ecological Applications*, 23(5): 1222–1231.
- HOLMLUND, C. M. & HAMMER, M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29: 253–268.
- HORBE, A. et al. (2013). Geoquímica das águas do médio e baixo rio Madeira e seus principais tributários-Amazonas-Brasil. *Acta Amazonica*, v. 43, p. 489-504.

- HUERGO, G. P. C. M. (2009). Estimativa da diversidade genética da piraíba e da piraíba negra na Amazônia Brasileira, inferidas por meio do DNA mitocondrial: subsídios para manejo e conservação. [Dissertação de mestrado].
- HURD, L. E. et al. (2016). Amazon floodplain fish communities: habitat connectivity and conservation in a rapidly deteriorating environment. *Biological Conservation*, 195: 118–127.
- ICMBIO (2018). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes. Brasília: ICMBio/MMA.
- ISLAM, D. & BERKES, F. (2016). Indigenous peoples' fisheries and food security: a case from northern Canada. *Food Security*, 8: 815–826.
- JACKMAN, J. M. et al. (2021). eDNA in a bottleneck: obstacles to fish metabarcoding studies in megadiverse freshwater systems. *Environmental DNA*, 3(4): 837–849.
- JÉZÉQUEL, C. et al. (2020)a. A database of freshwater fish species of the Amazon Basin. *Scientific Data*, 7(1).
- Jezequel C, Tedesco PA, Darwall W, et al. 2020b. Freshwater fish diversity hotspots for conservation priorities in the Amazon basin. *Conserv Biol* 34: 956–65.
- JUNK, W. J. et al. (1989). The flood pulse concept in river floodplain systems. In: D. P. Dodge (ed.), *Proceedings of the International Large River Symposium*, Can. Spec. Publ. Fish. Aqua. Sci. 106, p. 110–127.
- JUNK, W. J. & ROBERTSON, B. (1997). Aquatic invertebrates. In: W. J. Junk (ed.), *The central Amazon floodplain: ecology of a pulsing system*, Springer, Berlin, p. 279–298.
- JUNK, W. J. et al. (2011). A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands. *Wetlands*, 31: 623–640.
- KIMURA, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, 16: 111–120.
- LEITE, R. G. et al. (2006). Abundância e distribuição das larvas de peixes no Lago Catalão e no encontro dos rios Solimões e Negro, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 36: 557–562.
- LEROY, B. et al. (2019). Global biogeographical regions of freshwater fish species. *Journal of Biogeography*, 46(11): 2407–2419.
- LI, Z. et al. (2006). A key to selected rockfishes (*Sebastes* spp.) based on mitochondrial DNA restriction fragment analysis. p. 182–196.

- LIMA, A. C. & ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. (2004). The distributions of larval and juvenile fishes in Amazonian rivers of different nutrient status. *Freshwater Biology*, 49: 787–800.
- LIMA, A. C. et al. (2016). The rise and fall of fish diversity in a neotropical river after impoundment. *Hydrobiologia*, 763: 207–221.
- LIRA, N. A. et al. (2017). Fish passages in South America: an overview of studied facilities and research effort. *Neotropical Ichthyology*, 15: e160139.
- LOH, W. K. W. et al. (2014). DNA barcoding of freshwater fishes and the development of a quantitative qPCR assay for the species-specific detection and quantification of fish larvae from plankton samples. *Journal of Fish Biology*, 85(2): 307–328.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. (1987). Ecological studies in tropical fish communities. Cambridge: Cambridge University Press.
- MAGGIA, M. E. et al. (2017). DNA metabarcoding of Amazonian ichthyoplankton swarms. *PLoS ONE*, 12(1): e0170009.
- MARIAC, C. et al. (2018). Metabarcoding by capture using a single COI probe (MCSP) to identify and quantify fish species in ichthyoplankton swarms. *PLoS ONE*, 13(9): e0202976.
- MARIAC, C. et al. (2022). Species-level ichthyoplankton dynamics for 97 fishes in two major river basins of the Amazon using quantitative metabarcoding. *Molecular Ecology*.
- MARQUINA, D. et al. (2019). New mitochondrial primers for metabarcoding of insects, designed and evaluated using in silico methods. *Molecular Ecology Resources*, 19(1): 90–104.
- MARTIN, M. Cutadapt removes adapter sequences from high-throughput sequencing reads. *EMBnet. journal*, 17(1), 10–12.
- MCINTYRE, P. B. et al. (2016). Conservation of migratory fishes in freshwater ecosystems. In: G. P. Closs et al., Eds., *Conservation of freshwater fishes*, p. 324–360. Cambridge: Cambridge University Press.
- MEADE, R. H. et al. (1985). Storage and remobilization of suspended sediment in the lower amazon river of Brazil. *Science*, 228(4698): 488–490.
- MELO, M. S., SILVA, J. C. & BIALETZKI, A. (2022). Community structure of fish larvae in different biotopes of a neotropical river. *Community Ecology*, 23(1): 1–12.
- MENEZES, N. A. & VAZZOLER, A. E. A. M. (1992). Reproductive characteristics of Characiformes. In: *Reproductive biology of South American vertebrates*. New York: Springer, p. 60–70.

- MILLER, S. A., DYKES, D. D. & POLESKY, H. (1988). A simple salting out procedure for extracting DNA from human nucleated cells. *Nucleic Acids Research*, 16(3): 1215.
- MIYA, M. et al. (2015). MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species. *Royal Society Open Science*.
- MOLINIER, M., GUIMARÃES, V. & CHAVES, A. (1994). Hidrologia da Bacia do Rio Amazonas. *Area*.
- MOLINIER, M. et al. (1996). Les regimes hydrologiques de l'Amazonie et de ses affluents. *IAHS Publication*, p. 209–222.
- MORAES, R. M. et al. (2021). Amazonian ecosystems and their ecological functions. *Amazon assessment report*.
- MORALES, B. F. Uso do DNA barcoding na identificação e monitoramento da ictiofauna e do ictioplâncton em lagos de proteção, manejo e exploração na região do baixo rio Purus. 2023. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2023.
- MYERS, R. A. et al. (2007). Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, 315: 1846–1850.
- NAKATANI, K. et al. (2001). Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. Maringá: [s.n.].
- NAM, S. et al. (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, 351(6269): 128–129.
- NOBILE, A. B. et al. (2019). DNA metabarcoding of Neotropical ichthyoplankton: enabling high accuracy with lower cost. *Metabarcoding and Metagenomics*, 3.
- NOVÁK, P. et al. (2010). Graph-based clustering and characterization of repetitive sequences in next-generation sequencing data. p. 1–12.
- OHARA, W. M. et al. (2013). O rio com a maior diversidade de peixes do mundo. Maringá.
- OHARA, W. M. & PAULO, S. (2018). Endemismo e análise biogeográfica dos peixes da bacia do rio Madeira.
- PAES, E. D. R. (2017). Abundância das larvas de peixes e sua relação com o nível das águas na confluência dos rios Solimões e Negro e no lago Catalão, Amazonas–Brasil.
- PEDROZA, W. S. et al. (2012). Ichthyofaunal survey of stretches of the Guariba and Roosevelt rivers, in Guariba State Park and Guariba Extractive Reserve, Madeira River basin, Amazonas, Brazil. *Check List*, 8(1): 8–15.

- PERIN, L., SHIBATTA, O. A. & BERNARDE, P. S. (2007). Fish, Machado River basin, Cacoal urban area, state of Rondônia, Brazil. *Check List*, 3(2): 94–97.
- OLIVEIRA, R. C. et al. (2020). Checklist of the fishes from Jamari River basin, in areas under influence of dams, Rondônia, Brazil. *Biota Neotropica*, 20(1): 1–15.
- QUEIROZ, L. J. et al. (2013a). Peixes do Rio Madeira. São Paulo: Dialeto Latin American Documentary.
- QUEIROZ, L. J. et al. (2013b). Fishes of Cuniã Lake, Madeira River Basin, Brazil. *Check List*, 9(3): 540–548.
- QUEIROZ, L. J. et al. (2015). Heterogeneidade ambiental na porção brasileira da bacia do rio Madeira: uma introdução para entender seu papel na prática pesqueira da região. In: DORIA, C. R. C. & LIMA, M. A. L. (Org.), *Rio Madeira: seus peixes e sua pesca*. Porto Velho: EDUFRO; RiMa Editora, cap. 2, p. 12–31.
- RATNASINGHAM, S. & HEBERT, P. D. N. (2007). BOLD: The Barcode of Life Data System: barcoding. *Molecular Ecology Notes*, 7(3): 355–364.
- REIS, R. E. et al. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. p. 12–47.
- REYNALTE-TATAJE, D. A. et al. (2012). Spatial and temporal variation of the ichthyoplankton in a subtropical river in Brazil. p. 403–419.
- REYNALTE-TATAJE, D. A. et al. (2011). Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema River (Mato Grosso do Sul State/Brazil): influence of environmental variables. *Neotropical Biology and Conservation*, 9(2): 427–436.
- RIBEIRO, M. C. L. B. (1983). As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no Rio Negro, Amazonas, Brazil. MSc Thesis, INPA, Manaus.
- RIBEIRO, M. C. L. & PETRERE, M. J. (1990). Fisheries ecology and management of the Jaraqui (*Semaprochilodus taeniurus*, S. insignis) in central Amazonia. *Regulated Rivers: Research & Management*, 5(3): 195–215.
- RODGER, A. W., MAYES, K. B. & WINEMILLER, K. O. (2016). Larval fish abundance in relation to environmental variables in two Texas Gulf Coast rivers. *Journal of Freshwater Ecology*, 31(4): 625–640.
- SAITOU, N. & NEI, M. (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4(4): 406–425.
- SALES, N. G. et al. (2021). Space-time dynamics in monitoring neotropical fish communities using eDNA metabarcoding. *Science of the Total Environment*, 754: 142096.
- SANTOS, R. E. et al. (2018). The decline of fisheries on the Madeira River, Brazil: the high cost of the hydroelectric dams in the Amazon Basin. *Fisheries Management and Ecology*, 25(5): 380–391.

- SANTOS, R. E. et al. (2020). Damming Amazon Rivers: environmental impacts of hydroelectric dams on Brazil's Madeira River according to local fishers' perception. *Ambio*, 49(10): 1612–1628.
- SANTOS, M. L. (2023). Considerações sobre impactos cumulativos e sinérgicos em estudos de impacto ambiental de pequenas centrais hidrelétricas no Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.
- SILVA, A. C. C. da (2015a). Impactos cumulativos de hidrelétricas sobre a hidrologia e qualidade da água de um rio contribuinte do Pantanal. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso.
- SHIELDS, F. D. et al. (2003). Stream corridor restoration research: a long and winding road. *Ecological Engineering*, 20(5): 441–454.
- SILVA, L. C. D. (2015b). A comunidade zooplanctônica de rios amazônicos na área de influência da Usina Hidrelétrica de Santo Antônio do Madeira, RO: diferentes abordagens no monitoramento.
- SOUZA, C. A. et al. (2019). Damming interacts with the flood pulse to alter zooplankton communities in an Amazonian river. *Hydrobiologia*.
- STAT, M. et al. (2017). Ecosystem biomonitoring with eDNA: metabarcoding across the tree of life in a tropical marine environment. *Scientific Reports*.
- TABERLET, P. & COISSAC, E. (2012). Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, 21(8): 2045–2050.
- TAMURA, K. et al. (2007). MEGA4: molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0. *Molecular Biology and Evolution*, 24(8): 1596–1599.
- TEDESCO, P. A. et al. (2017). A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. *Scientific Data*, 4: 170141.
- TEIXEIRA, D. F. et al. (2023). DNA metabarcoding assessment of Neotropical ichthyoplankton communities is marker-dependent. *Ecology and Evolution*, 13(10): e10649.
- TORRENTE-VILARA, G. et al. (2011). Effects of natural rapids and waterfalls on fish assemblage structure in the Madeira River (Amazon Basin). *Ecology of Freshwater Fish*, 20(4): 588–597.
- VALENTINI, A. et al. (2016). Next-generation monitoring of aquatic biodiversity using environmental DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, 25(4): 929–942.
- VAN DAMME, P. A. et al. (2011). Peces migratorios de la Amazonía boliviana. In: P. A. Van Damme et al. (Eds.), *Los peces y delfines de la Amazonía boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas*, p. 149–200. Cochabamba: Edit. INI.

- VAN DAMME, P. A. et al. (2019). Upstream dam impacts on gilded catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Bolivian Amazon. *Neotropical Ichthyology*, 17: e190118.
- VAN DER SLEEN, P. & ALBERT, J. S. (2017). Field guide to the fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas. Princeton: Princeton University Press.
- VASCONCELOS, L. P. et al. (2021). Dams in the Amazon: the importance of maintaining free-flowing tributaries for fish reproduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(5): 1106–1116.
- VASCONCELOS, L. P. et al. (2022). Fish eggs and larvae drifting through hydropower reservoirs: a case study in the Brazilian Amazon. *Hydrobiologia*, 849(2): 357–372.
- VAUCHEL, P. et al. (2017). A reassessment of the suspended sediment load in the Madeira River basin from the Andes of Peru and Bolivia to the Amazon River in Brazil, based on 10 years of data from the HYBAM monitoring programme. *Journal of Hydrology*, v. 553, p. 35-48.
- VERGASTA, L. et al. (2021). Avaliação do Balanço de água na Bacia do Rio Madeira Simulado Pelo Modelo Regional Climático Eta e o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias MGB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 36, p. 153-169.
- VICTORIA, J. I. & ALMEIDA, M. C. (2011). El consumo de pescado en la Amazonía brasileña. *COPESCAALC Documento Ocasional*, No 13.
- XENOPOULOS, M. A. et al. (2005). Scenarios of freshwater fish extinctions from climate change and water withdrawal. *Global Change Biology*, 11(10): 1557–1564.
- WARD, R. D. et al. (2005). DNA barcoding Australia's fish species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1462): 1847–1857.
- WICKER, T. et al. (2007). A unified classification system for eukaryotic transposable elements. *Nature Reviews Genetics*, 8: 973–982.
- WILCOX, T. M. et al. (2018). Capture enrichment of aquatic environmental DNA: a first proof of concept. *Molecular Ecology Resources*, 18(6): 1392–1401.
- WINEMILLER, K. O. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81(2): 225–241.
- ZACARDI, D. M. et al. (2016a). Ichthyoplankton community in Amazon estuary with respect diel variation and tidal cycles. *Biota Amazonia*, 6(2): 32–40.
- ZACARDI, D. M., & DA PONTE, S. C. S. (2016b). Padrões de distribuição e ocorrência do ictioplâncton no médio rio Xingu, bacia Amazônica, Brasil. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 9(4), 949-972.

- ZACARDI, D. M. et al. (2019). Área de desova e recrutamento para peixes de interesse comercial no Baixo Amazonas: implicações para conservação. *A face multidisciplinar das ciências agrárias*, 2: 25–38.
- ZHANG, J. et al. (2013). A general species delimitation method with applications to phylogenetic placements. *Bioinformatics*, 29(22): 2869–2876.
- ZHANG, J. et al. (2014). PEAR: a fast and accurate Illumina Paired-End reAd mergeR. *Bioinformatics*, 30(5): 614–620.