

**PESCA E DINÂMICA
POPULACIONAL DO
HYPOPHthalmus spp NA
AMAZÔNIA: UMA REVISÃO
DE LITERATURA SOBRE
DISTRIBUIÇÃO
GEOGRÁFICA,
IMPORTÂNCIA ECONÔMICA
E MONITORAMENTO POR
DNA AMBIENTAL (EDNA)**

**FISHING AND POPULATION DYNAMICS OF HYPOPHthalmus spp IN THE
AMAZON: A LITERATURE REVIEW ON GEOGRAPHIC DISTRIBUTION,
ECONOMIC IMPORTANCE AND MONITORING BY ENVIRONMENTAL DNA
(EDNA)**

Ciências Biológicas, Ciências Sociais Aplicadas, Ciências da Saúde •

29/10/2026

Manoele Vitória Santos da Silva¹

Talita Brito de Oliveira²

RESUMO

O gênero *Hypophthalmus* compreende peixes de água doce com relevância ecológica e socioeconômica na Amazônia, especialmente pela participação na atividade pesqueira regional. Esta revisão integrativa teve como objetivo analisar as contribuições do DNA ambiental (eDNA) para o monitoramento da distribuição e da dinâmica populacional dessas espécies. Foram realizadas buscas em PubMed, SciELO e Google Scholar, além de busca dirigida em publicações da revista Journal of Hydrology, priorizando estudos publicados entre 2020 e 2026. O processo de seleção, organizado com base no modelo PRISMA, resultou em 14 estudos científicos incluídos; fontes anteriores ao recorte temporal e documentos complementares foram utilizados separadamente para fundamentação teórica e contextualização. A síntese reuniu informações sobre taxonomia, distribuição geográfica, sazonalidade hidrológica, comercialização do mapará e aplicações do eDNA em peixes amazônicos. Os estudos apontam que o eDNA pode complementar métodos convencionais na detecção e investigação da ocorrência de peixes. Entretanto, a evidência disponível não permite afirmar que a técnica esteja validada para estimar diretamente a abundância ou acompanhar a dinâmica populacional de *Hypophthalmus spp.* Essa aplicação depende de marcadores específicos, controle de qualidade, amostragem repetida e avaliação dos efeitos do transporte e da degradação do DNA nos ambientes aquáticos. Conclui-se que o eDNA apresenta potencial para ampliar o monitoramento da ictiofauna amazônica, mas são necessários estudos direcionados ao gênero e integração com dados hidrológicos e pesqueiros.

Palavras-chave: Peixes amazônicos; dinâmica populacional; recursos pesqueiros; monitoramento da biodiversidade.

ABSTRACT

The genus *Hypophthalmus* comprises freshwater fish with ecological and socioeconomic relevance in the Amazon, especially for their participation in regional fishing activity. This integrative review aimed to analyze the contributions of environmental DNA (eDNA) to monitoring the distribution and population dynamics of these species. Searches were conducted in PubMed, SciELO and Google Scholar, in addition to a targeted search in publications of the journal *Journal of Hydrology*, prioritizing studies published between 2020 and 2026. The selection process, organized based on the PRISMA model, resulted in 14 scientific studies included; sources prior to the time frame and complementary documents were used separately for theoretical foundation and contextualization. The synthesis gathered information on taxonomy, geographic distribution, hydrological seasonality, commercialization of mapará and applications of eDNA in Amazonian fish. The studies indicate that eDNA can complement conventional methods in detecting and investigating the occurrence of fish. However, the available evidence does not allow stating that the technique is validated to directly estimate abundance or monitor the population dynamics of *Hypophthalmus* spp. This application depends on specific markers, quality control, repeated sampling and evaluation of the effects of DNA transport and degradation in aquatic environments. It is concluded that eDNA has potential to expand the monitoring of Amazonian ichthyofauna, but studies directed at the genus and integration with hydrological and fisheries data are needed.

Keywords: Amazonian fish; population dynamics; fishery resources; biodiversity monitoring.

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga uma das maiores diversidades de peixes de água doce do planeta, com aproximadamente 2.500 espécies descritas, número que continua em expansão em razão dos avanços taxonômicos e das pesquisas sobre a biodiversidade. Essa diversidade sustenta uma das principais pescarias continentais do mundo e exerce papel fundamental na segurança alimentar, na subsistência e na geração de renda das populações ribeirinhas e urbanas. No estado do Amazonas, diversas espécies possuem importância para o consumo e para a atividade pesqueira, entre elas o jaraqui (*Semaprochilodus spp.*), o curimatã (*Prochilodus nigricans*), o matrinxã (*Brycon spp.*), o tucunaré (*Cichla spp.*), o surubim (*Pseudoplatystoma spp.*), o tambaqui (*Colossoma macropomum*) e o mapará (*Hypophthalmus spp.*).

A bacia Amazônica apresenta elevada complexidade ambiental, caracterizada pela presença de diferentes tipos de águas, como brancas, claras e negras, que apresentam variações na concentração de sedimentos, nutrientes e matéria orgânica. Essa heterogeneidade, associada ao regime hidrológico e ao pulso de inundação, influencia a disponibilidade de habitats e recursos alimentares e, conseqüentemente, interfere na distribuição e na dinâmica das comunidades de peixes. Dessa forma, as características ambientais dos rios e lagos amazônicos constituem fatores importantes para a compreensão da ocorrência e da dinâmica das espécies de interesse ecológico e pesqueiro (Forsberg et al., 2022; Val et al., 2023).

Entre os recursos pesqueiros amazônicos, destaca-se o gênero *Hypophthalmus*, conhecido regionalmente como mapará. Entre as espécies pertencentes ao gênero, destacam-se *Hypophthalmus edentatus*, *H. marginatus*, *H. fimbriatus*, *H. oremaculatus*, *H.*

punctatus e *H. lineatus*, com ocorrência registrada em diferentes ambientes e sub-bacias da região Amazônica conforme descrito por Littmann, Lundberg e Rocha (2021). Estudos filogenéticos também contribuem para compreender a diversificação e a introgressão no gênero (Dos Santos et al., 2019), enquanto a caracterização de crescimento de *H. marginatus* oferece informações complementares sobre aspectos da biologia pesqueira (Cutrim; Batista, 2005). As espécies desse gênero estão associadas a ambientes fluviais e de várzea e apresentam características ecológicas relacionadas à dinâmica sazonal dos sistemas aquáticos amazônicos. Além de sua importância ecológica, o mapará possui relevância para a pesca e para a comercialização regional, sendo utilizado de diferentes formas na alimentação. Pesquisas sobre consumo de pescado na Amazônia mostram que preferências e tabus alimentares integram o contexto sociocultural da pesca e do consumo (Braga; Silva; Rebêlo, 2016; Murrieta, 2001; Silva, 2007). Sua presença na atividade pesqueira também se relaciona aos aspectos culturais e aos modos de vida de comunidades que dependem dos recursos aquáticos, evidenciando a importância do gênero para além de sua dimensão biológica.

A importância pesqueira do gênero *Hypophthalmus* está diretamente relacionada às características ambientais da região Amazônica. As alterações no nível dos rios ao longo dos períodos de enchente, cheia, vazante e seca modificam a disponibilidade de habitats, recursos alimentares e áreas utilizadas pelas espécies, influenciando seus deslocamentos e sua ocorrência. Paralelamente, fatores como a intensidade da atividade pesqueira, alterações ambientais, degradação de habitats e outras formas de pressão antrópica podem interferir na manutenção dos estoques e na

disponibilidade do recurso pesqueiro (Arantes et al., 2020; Castello et al., 2021; Castello; Macedo, 2022; McGrath et al., 2015; Pauly, 2002).

Nesse contexto, compreender a distribuição geográfica e a dinâmica populacional de *Hypophthalmus spp.* é fundamental para ampliar o conhecimento sobre essas espécies e contribuir para estratégias de conservação e manejo dos recursos pesqueiros. Entretanto, o acompanhamento das populações de peixes na Amazônia apresenta desafios relacionados à grande extensão territorial da bacia, à elevada conectividade entre os ambientes aquáticos, à sazonalidade hidrológica e às dificuldades de acesso a determinados locais. Os métodos convencionais, baseados principalmente na captura direta e em registros de desembarque, embora sejam importantes para a obtenção de informações sobre as comunidades de peixes, podem demandar elevado esforço amostral e apresentar limitações diante da complexidade desses ambientes (Deiner et al., 2017).

Diante dessas limitações, ferramentas de biologia molecular vêm sendo incorporadas às estratégias de monitoramento da biodiversidade. Entre essas abordagens, destaca-se o DNA ambiental (eDNA), que consiste na análise de material genético presente em amostras ambientais, especialmente água, permitindo a detecção de organismos sem a necessidade de sua captura direta. A técnica apresenta potencial para complementar métodos tradicionais e ampliar a capacidade de investigação da ocorrência e da distribuição de espécies aquáticas, inclusive em ambientes de difícil amostragem. A abordagem foi inicialmente demonstrada como ferramenta para investigar a presença de espécies elusivas e posteriormente ampliada para diferentes contextos aquáticos (Ficetola et al., 2008; Jerde et al., 2011; Thomsen et al., 2012).

Estudos realizados no Brasil e na região Amazônica já demonstraram o potencial do eDNA para investigar a biodiversidade de peixes e caracterizar comunidades aquáticas (Sales et al., 2019; Bevilaqua, 2018; De Santana et al., 2021; Teixeira et al., 2023; Timana-Mendoza et al., 2025). Paralelamente, pesquisas de genética molecular envolvendo *Hypophthalmus* têm contribuído para ampliar o conhecimento sobre a identificação de espécies do gênero (Guimarães-Marques et al., 2023). Entretanto, a aplicação do eDNA especificamente como ferramenta complementar para o monitoramento da distribuição e da dinâmica populacional de *Hypophthalmus* ainda demanda maior investigação.

Diante desse cenário, torna-se relevante reunir e analisar o conhecimento científico disponível sobre a distribuição, a dinâmica populacional, a importância socioeconômica e as possibilidades de monitoramento das espécies do gênero *Hypophthalmus* na Amazônia. Assim, este estudo busca avaliar como o uso do DNA ambiental pode contribuir para o monitoramento dessas espécies, considerando seu potencial como ferramenta complementar aos métodos convencionais e sua possível contribuição para ações de conservação e manejo sustentável dos recursos pesqueiros amazônicos. Especificamente, a revisão considera a distribuição geográfica e a dinâmica dos ambientes aquáticos, a importância socioeconômica da pesca e as possibilidades de aplicação do eDNA, incluindo suas vantagens, limitações e a necessidade de validação para o monitoramento específico do gênero.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Analisar como o uso do DNA ambiental (eDNA) contribui para o monitoramento da distribuição e da dinâmica populacional de espécies do gênero *Hypophthalmus spp.* na região Amazônica.

2.2. Específicos

- Analisar a distribuição geográfica e a dinâmica populacional das espécies do gênero *Hypophthalmus* na bacia Amazônica, considerando sazonalidade, registros de captura e ocorrência em diferentes ambientes aquáticos.
- Avaliar a importância socioeconômica e os impactos antrópicos sobre essas espécies, incluindo a pressão pesqueira e suas implicações para as comunidades ribeirinhas.
- Investigar o uso do DNA ambiental (eDNA) no monitoramento dessas espécies, analisando sua eficiência com métodos tradicionais e sua contribuição para estratégias de manejo sustentável da pesca.

3. METODOLOGIA

3.1. Tipo de Estudo

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar as contribuições do DNA ambiental (eDNA) para o monitoramento da distribuição geográfica e da dinâmica populacional de espécies do gênero *Hypophthalmus* na região Amazônica. A revisão também contemplou informações sobre a distribuição das espécies, a importância socioeconômica da pesca do mapará e os fatores ambientais relacionados à ocorrência desses peixes. Para isso, foram

examinadas publicações científicas e fontes documentais pertinentes ao tema, buscando integrar os conhecimentos disponíveis e identificar as possibilidades e limitações da aplicação do eDNA ao monitoramento da ictiofauna amazônica.

3.2. Base de Dados Consultadas

A pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed e Scientific Electronic Library Online (SciELO), além de buscas complementares no Google Scholar e de consultas a publicações da revista Journal of Hydrology. A seleção dessas fontes teve como finalidade localizar estudos relacionados ao DNA ambiental, à ecologia de peixes, aos ambientes aquáticos amazônicos e às espécies do gênero *Hypophthalmus*.

Complementarmente, foram consultados livros, documentos técnicos, legislações ambientais e materiais disponibilizados por órgãos governamentais, instituições de pesquisa e fontes documentais locais, incluindo o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) e fontes institucionais relacionadas à atividade pesqueira no município de Manaquiri, Amazonas. Essas fontes complementares foram utilizadas para contextualizar aspectos biológicos, ambientais e socioeconômicos relevantes para a revisão.

3.3. Fontes Bibliográficas

A busca bibliográfica foi realizada em fontes de pesquisa científica, incluindo PubMed, SciELO, Google Scholar e consultas à revista

Journal of Hydrology. Foram utilizadas combinações de palavras-chave em inglês relacionadas ao DNA ambiental (eDNA); à ictiofauna amazônica; à distribuição e à taxonomia de espécies do gênero *Hypophthalmus*; à pesca e à dinâmica dos ambientes de várzea.

Na PubMed, foi utilizada a combinação de termos: (Hypophthalmus OR mapará) AND (Amazon OR Amazonian) AND (fishery OR population OR distribution OR eDNA).

Na SciELO, foram utilizadas as expressões “Environmental DNA” AND fish AND Siluriformes e “Hydrology” AND Amazon, com o objetivo de localizar estudos sobre a aplicação do eDNA em peixes da ordem Siluriformes e trabalhos relacionados à hidrologia amazônica.

Na revista Journal of Hydrology, a estratégia de busca foi: ("Amazon floodplain" OR "Amazon Basin") AND (fisheries OR "fish population") AND ("flood pulse" OR inundation OR "water level"), visando identificar estudos sobre a dinâmica hidrológica das áreas de inundação amazônicas e suas relações com as populações de peixes e a atividade pesqueira.

No Google Scholar, foram utilizadas quatro combinações: “environmental DNA” AND fish AND Amazon; “Amazon Basin” AND “flood pulse” AND fish; *Hypophthalmus* AND distribution AND Amazon; e *Hypophthalmus* AND taxonomy. Essas combinações permitiram abranger tanto estudos sobre o potencial do eDNA no monitoramento de peixes amazônicos quanto pesquisas específicas sobre a distribuição e a taxonomia do gênero.

As buscas priorizaram publicações do período de 2020 a 2026. Trabalhos anteriores a esse intervalo e documentos institucionais

pertinentes foram consultados complementarmente para fundamentar conceitos, contextualizar a importância socioeconômica da pesca do mapará e discutir aspectos biológicos e ambientais relevantes. Essas fontes complementares foram diferenciadas dos estudos científicos incluídos na seleção final da revisão.

3.4. Critérios de Inclusão e Exclusão

Foram considerados elegíveis estudos publicados entre 2020 e 2026, nos idiomas português e inglês, disponíveis na íntegra e que apresentassem informações relacionadas à distribuição geográfica, à biologia populacional, à exploração pesqueira, à importância econômica, à conservação ou ao monitoramento por DNA ambiental (eDNA) de espécies do gênero *Hypophthalmus* ou de outras espécies de peixes amazônicos utilizadas como modelos comparativos.

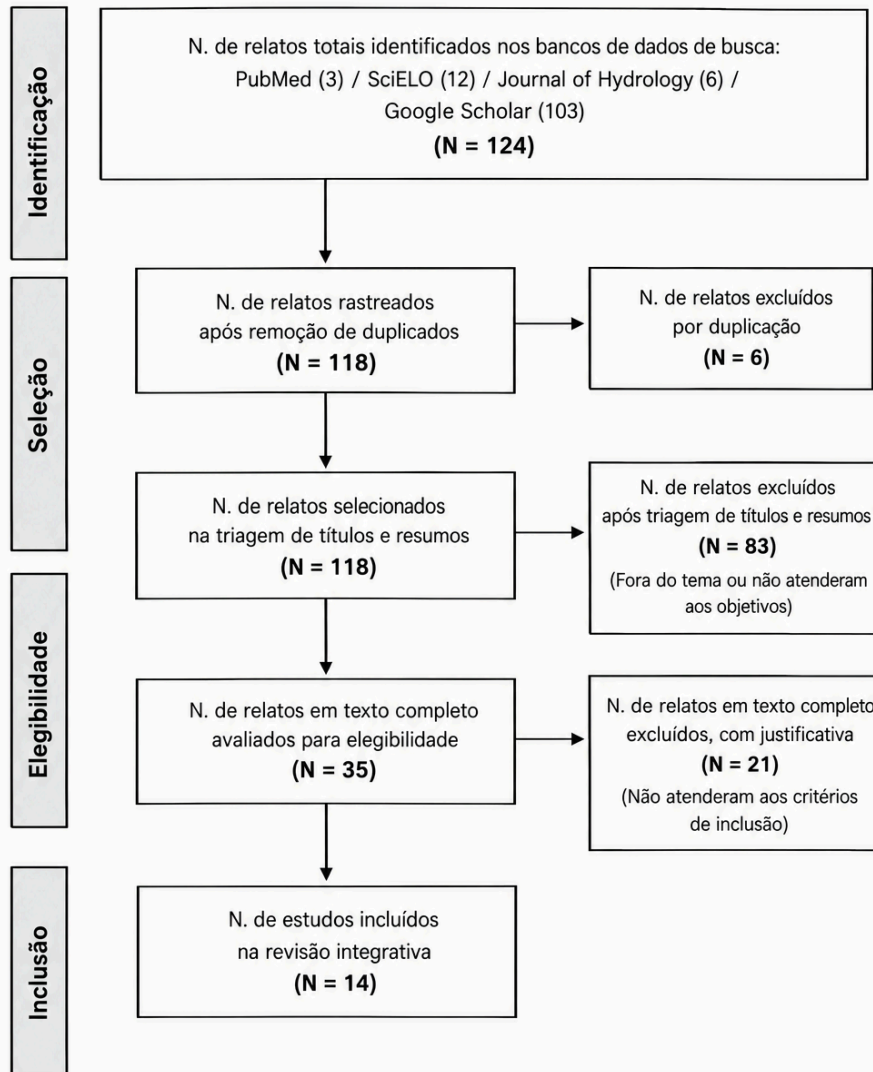
Foram excluídos registros duplicados, publicações identificadas como fora do tema ou que não atendessem aos objetivos da revisão, bem como textos completos que não contemplassem os critérios de inclusão estabelecidos. A indisponibilidade do texto integral e a ausência de informações relevantes para a questão investigada também foram consideradas durante a avaliação de elegibilidade.

Trabalhos anteriores a 2020, documentos técnicos, legislações, livros e materiais institucionais puderam ser utilizados como fontes complementares para a fundamentação teórica e a contextualização socioeconômica e ambiental. Entretanto, sua utilização não implicou inclusão automática entre os estudos científicos selecionados pelo processo de triagem, uma vez que esses materiais foram

considerados separadamente dos estudos submetidos aos critérios de seleção da revisão.

O processo de identificação, seleção, avaliação de elegibilidade e inclusão dos estudos foi organizado em um fluxograma baseado nas etapas do modelo PRISMA, permitindo demonstrar o percurso metodológico da revisão, desde a identificação dos registros nas bases de dados até a definição dos estudos incluídos. As quantidades de registros identificados, duplicados removidos, publicações excluídas e estudos incluídos devem corresponder aos resultados efetivamente registrados durante a busca e a triagem, sem estimativas ou contagens não verificadas. O processo de seleção dos estudos está apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da revisão integrativa no modelo PRISMA.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).

3.5. Coleta de Dados

Dos estudos científicos incluídos na revisão, foram extraídas informações relativas à autoria, ao ano de publicação, ao objetivo, ao ambiente investigado, às espécies estudadas, aos procedimentos metodológicos e aos principais resultados. Nos trabalhos relacionados à pesca, foram consideradas informações sobre a importância econômica e social da atividade, quando disponíveis. Nos estudos sobre DNA ambiental, foram observadas as aplicações

da técnica, sua contribuição para a detecção de espécies e os fatores que podem influenciar a interpretação dos resultados.

As informações provenientes de documentos institucionais e fontes complementares foram utilizadas separadamente para contextualizar a distribuição das espécies, os ambientes amazônicos e a relevância socioeconômica da pesca do mapará.

3.6. Análise de Dados

Os dados extraídos dos estudos incluídos foram analisados qualitativamente e organizados em eixos temáticos: distribuição geográfica e aspectos biológicos de *Hypophthalmus* spp.; dinâmica populacional e características dos ambientes amazônicos; importância socioeconômica da pesca do mapará; e potencialidades e limitações do DNA ambiental (eDNA) para o monitoramento da ictiofauna. A síntese comparativa permitiu relacionar os resultados encontrados, identificar contribuições relevantes para o conhecimento do gênero e reconhecer lacunas científicas quanto à aplicação específica do eDNA no monitoramento de *Hypophthalmus* na região Amazônica.

O percurso de identificação, triagem, avaliação de elegibilidade e inclusão dos estudos está apresentado na Figura 1, por meio do fluxograma elaborado com base no modelo PRISMA. Ao final do processo, 14 estudos científicos foram incluídos na revisão integrativa.

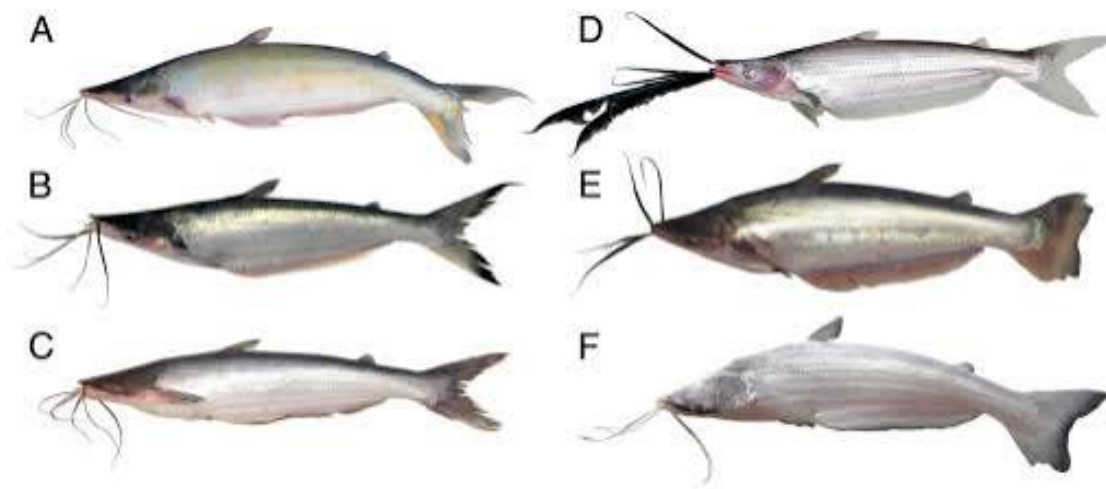
4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Caracterização Biológica e Taxonômica de *Hypophthalmus Spp*

A análise da literatura sobre o gênero *Hypophthalmus* permitiu identificar características taxonômicas e ecológicas relevantes para a compreensão de sua distribuição na região Amazônica. A revisão taxonômica de Littmann, Lundberg e Rocha (2021) apresenta diferenças entre as espécies do gênero e contribui para a identificação dos táxons registrados nas bacias hidrográficas sul-americanas. Essa contextualização pode ser complementada por análises filogenéticas baseadas em múltiplos loci, que investigaram padrões de diversificação e introgressão em *Hypophthalmus* (Dos Santos et al., 2019), e por estudos de crescimento de *H. marginatus* relevantes à biologia pesqueira (Cutrim; Batista, 2005). Essas informações são importantes para o monitoramento, pois a identificação correta das espécies constitui uma etapa necessária para avaliar sua ocorrência e distribuição geográfica.

A Figura 2 reúne espécies do gênero *Hypophthalmus*, enquanto a Figura 3 apresenta a ilustração histórica e o exemplar sintípico de *Hypophthalmus edentatus*. Em conjunto, as imagens auxiliam na contextualização taxonômica do grupo e evidenciam a importância de distinguir as espécies antes de interpretar registros de ocorrência ou resultados de identificação molecular.

Figura 2. Espécies do gênero *Hypophthalmus*



Fonte: Littmann et al. (2021)

Figura 3. *Hypophthalmus edentatus*: ilustração histórica e exemplar sintípico



Fonte: Littmann, Lundberg e Rocha (2021, p. 173).

Entre as características ecológicas descritas para o gênero, destacam-se a utilização da coluna d'água e a alimentação associada ao plâncton. Entretanto, as características observadas para uma espécie não devem ser automaticamente atribuídas a todas as demais. Essa distinção é relevante para a interpretação dos registros de distribuição e para o desenvolvimento de estratégias moleculares direcionadas, especialmente quando o objetivo é detectar espécies específicas em amostras ambientais

4.2. Fundamentos e Aplicações do DNA Ambiental

O DNA ambiental corresponde ao material genético liberado pelos organismos no ambiente por meio de células, muco, excretas, gametas e outros resíduos biológicos. Em ecossistemas aquáticos,

esse material pode ser recuperado de amostras de água e analisado por métodos moleculares para investigar a presença de espécies ou a composição de comunidades. Abordagens direcionadas, como PCR específica e PCR quantitativa, buscam detectar um táxon de interesse; já o metabarcoding permite analisar múltiplos grupos em uma mesma amostra, dependendo dos marcadores e das sequências de referência disponíveis (Ogram; Sayler; Barkay, 1987; Taberlet et al., 2012; Rees et al., 2014; Deiner et al., 2017; Costa et al., 2020).

A aplicação do eDNA pode ampliar a capacidade de detecção de organismos difíceis de amostrar diretamente e funcionar como complemento às capturas e observações convencionais. Entretanto, a confiabilidade dos resultados depende do planejamento amostral, da preservação e extração do material, da especificidade dos iniciadores moleculares, da existência de sequências de referência adequadas e do controle de contaminação. Também devem ser considerados resultados falso-positivos ou falso-negativos, inibição da amplificação e diferenças entre ambientes e protocolos (Goldberg et al., 2016; Rees et al., 2014; Jackman et al., 2021; De Santana et al., 2021; Teixeira et al., 2023).

A detecção de eDNA indica que o material genético do organismo-alvo está presente ou esteve recentemente no sistema amostrado, mas não comprova, isoladamente, a presença de um indivíduo vivo no ponto exato da coleta. Em rios e áreas de várzea, o transporte pela água, a diluição, a sedimentação e a degradação do DNA podem influenciar o sinal detectado. Por isso, a concentração de eDNA não deve ser convertida diretamente em abundância ou tamanho populacional sem calibração e validação específicas para a espécie e

para as condições ambientais estudadas (Goldberg et al., 2016; Deiner et al., 2017; Jackman et al., 2021).

4.3. Dinâmica Hidrológica e Monitoramento de Peixes Amazônicos

A alternância entre enchente, cheia, vazante e seca modifica a extensão das áreas inundadas e a conectividade entre rios, lagos e florestas alagáveis. Essas mudanças afetam a disponibilidade de habitats e a organização das comunidades de peixes, além de influenciarem a interpretação de registros de captura e de ocorrência. Estudos sobre pescarias amazônicas destacam a relação entre o pulso de inundação, a conectividade hidrológica e a variação temporal dos recursos pesqueiros (Arantes et al., 2020; Castello et al., 2021; Castello; Macedo, 2022; Forsberg et al., 2022; Val et al., 2023).

Para o monitoramento por eDNA nesses sistemas, a sazonalidade deve ser considerada no desenho da amostragem. A coleta em diferentes ambientes e fases hidrológicas, com réplicas espaciais e temporais, pode ajudar a distinguir padrões consistentes de ocorrência de detecções pontuais. No caso de *Hypophthalmus spp.*, essa estratégia precisa ser combinada com marcadores capazes de identificar os táxons de interesse e com informações independentes sobre captura e esforço pesqueiro.

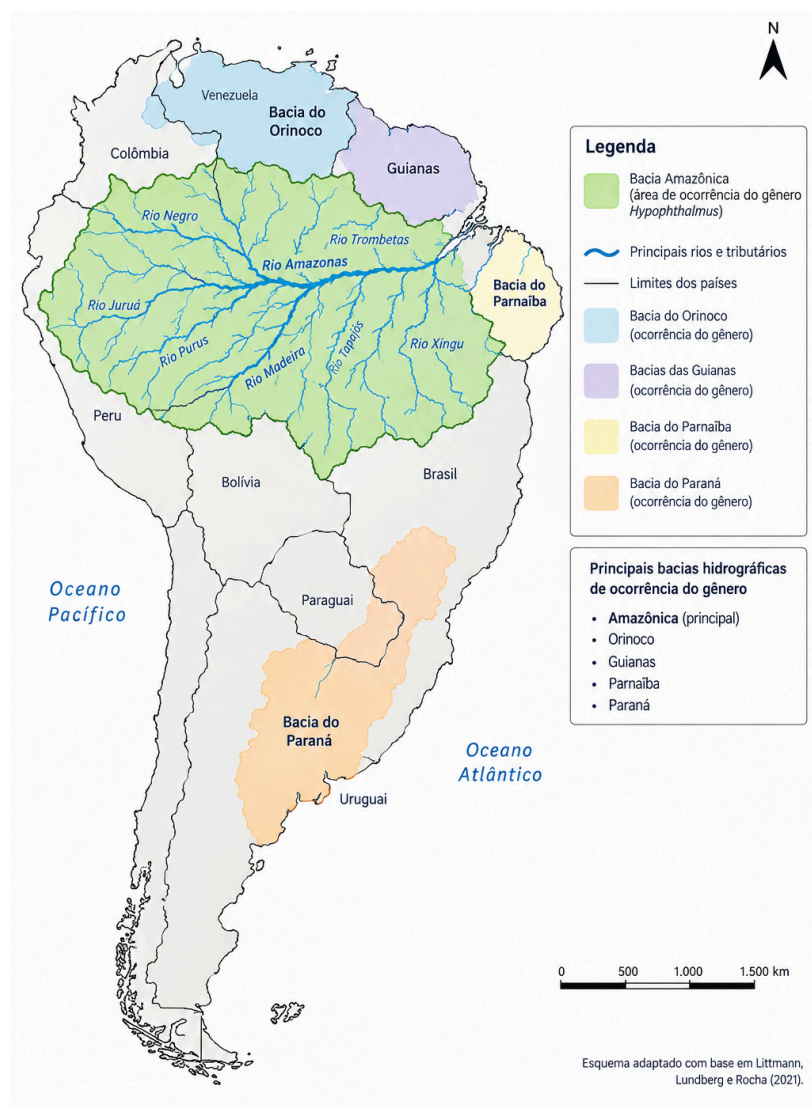
5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1. Distribuição Geográfica e Dinâmica Hidrológica de *Hypophthalmus Spp*

Os registros reunidos na literatura indicam a ocorrência de espécies de "*Hypophthalmus*" em diferentes bacias hidrográficas sul-

americanas, incluindo sistemas associados à Bacia Amazônica. A distribuição geográfica apresentada na Figura 4 permite visualizar a associação entre os registros das espécies e os sistemas hidrográficos. Essa representação constitui uma referência para identificar áreas de ocorrência documentadas, mas não deve ser interpretada como comprovação de presença contínua em todos os ambientes representados.

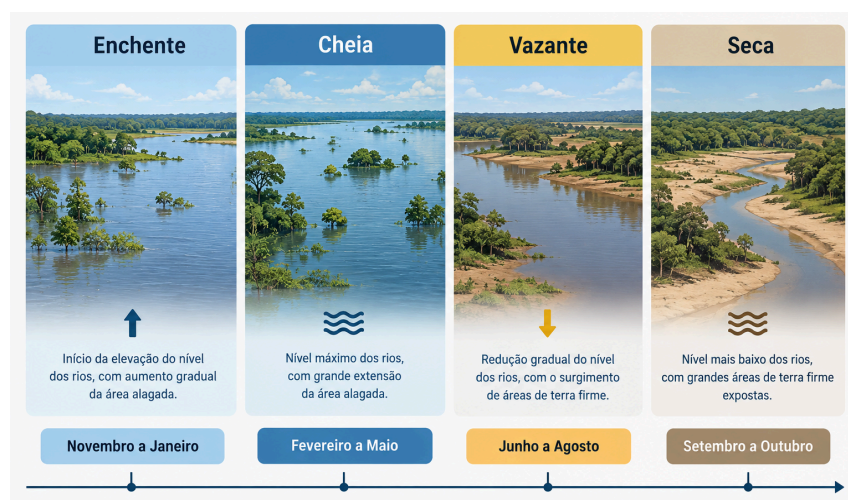
Figura 4. Distribuição geográfica e associação hidrográfica de espécies do gênero *Hypophthalmus* na América do Sul.



Fonte: Elaborado pela autora, com base em Littmann, Lundberg e Rocha (2021).

A distribuição das espécies também precisa ser analisada considerando a dinâmica dos ambientes aquáticos amazônicos. As variações do nível dos rios alteram a extensão das áreas inundadas e a conectividade entre rios, lagos e ambientes de várzea. Como consequência, a disponibilidade de habitats e a distribuição dos peixes podem variar ao longo do ano. A Figura 5 representa as fases de enchente, cheia, vazante e seca, oferecendo suporte visual para a compreensão dessas alterações hidrológicas

Figura 5. Representação esquemática das fases do ciclo hidrológico amazônico: enchente, cheia, vazante e seca, com indicação dos períodos aproximados de ocorrência.



Fonte: Elaborado pela autora, com base em Arantes et al. (2020) e Castello et al. (2021).

A relação entre o ciclo hidrológico e a ocorrência dos peixes tem implicações diretas para o monitoramento. Uma amostragem realizada em apenas um local ou período pode não representar a distribuição da espécie durante todo o ciclo anual. Por isso, a comparação entre registros obtidos em diferentes ambientes e fases hidrológicas é importante para investigar possíveis variações espaciais e temporais.

Apesar dessas relações ecológicas, é necessário distinguir variações na ocorrência de variações na dinâmica populacional. Registros de presença ou mudanças na distribuição espacial podem indicar alterações no padrão de ocorrência, mas não demonstram, isoladamente, aumento ou redução do tamanho populacional. Para avaliar a dinâmica populacional, são necessárias informações adicionais, como abundância, estrutura populacional, registros de captura e esforço de amostragem. Essa distinção também orienta a interpretação dos resultados obtidos por eDNA.

5.2. Importância Socioeconômica e Pressões Antrópicas

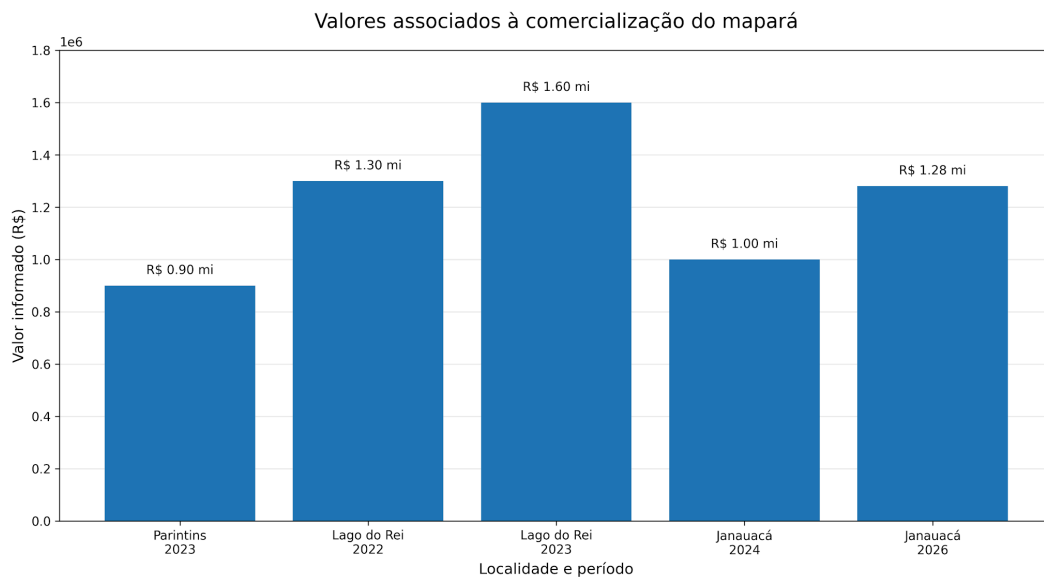
A pesca do mapará apresenta importância socioeconômica na Amazônia, contribuindo para o abastecimento de pescado e a geração de renda para comunidades pesqueiras. Essa relevância pode ser observada nos registros de comercialização de diferentes localidades.

No Lago Grande do Janauacá, em Manaquiri, foram comercializadas mais de 300 toneladas de pescado em 2024, com vendas superiores a R\$ 1 milhão. Em 2026, foram registradas 335 toneladas de mapará, envolvendo aproximadamente 1.600 pescadores, 800 canoas e 30 barcos compradores. O preço médio informado foi de R\$ 4,00 por quilograma, com movimentação econômica divulgada de R\$ 1,28 milhão (Manaquiri, 2024, 2026). A notícia institucional de 2025 registra a abertura da 17ª edição da pesca do mapará e documenta a continuidade da atividade, mas não deve ser utilizada para atribuir valores de produção ou faturamento que não estejam explicitamente informados na publicação (Manaquiri, 2025).

No Lago do Rei, os registros indicaram 222 toneladas de pescado e faturamento superior a R\$ 1,3 milhão em 2022. Para 2023, foram estimadas 250 toneladas, com faturamento superior a R\$ 1,6 milhão (Rádio Rio Mar, 2023). Em Parintins, no mesmo ano, foram comercializados 300.000 kg de mapará, ao preço de R\$ 3,00 por quilograma, totalizando R\$ 900.000,00 (Canto, 2024).

A Figura 6 apresenta os valores de comercialização registrados nessas localidades, evidenciando a participação do mapará na economia regional. No Baixo Amazonas, Carvalho et al. (2025) também identificaram a participação de pescadores, compradores e indústrias de beneficiamento na cadeia comercial, com aquisição declarada de 329 a 600 toneladas por ano pelas indústrias avaliadas. A discussão da cadeia pesqueira deve considerar também a governança e a integração da pesca comunitária aos mercados (McGrath et al., 2015), assim como a sustentabilidade da exploração dos recursos pesqueiros (Pauly, 2002).

Figura 6. Valor da comercialização do mapará em localidades e períodos selecionados.



Fonte: Elaborado pela autora, com base em Canto (2024), Rádio Rio Mar (2023) e Manaquiri (2024, 2026).

Nesse contexto, o monitoramento de *Hypophthalmus* deve considerar tanto as informações ecológicas quanto os registros pesqueiros. A integração dessas fontes pode contribuir para interpretar mudanças na ocorrência das espécies e apoiar o planejamento de ações de manejo, sem pressupor que variações comerciais correspondam necessariamente a alterações equivalentes na abundância dos peixes.

5.3. Aplicações e Evidências do eDNA para o Monitoramento de *Hypophthalmus Spp*

A análise dos estudos sobre DNA ambiental indica que o eDNA pode contribuir para a detecção de peixes em ambientes aquáticos a partir de amostras de água. Essa aplicação tem sido discutida desde estudos de detecção de espécies aquáticas por DNA ambiental (Ficetola et al., 2008; Jerde et al., 2011; Thomsen et al., 2012), com posterior ampliação para o monitoramento de comunidades (Rees et al., 2014; Deiner et al., 2017). Para avaliar sua eficácia em relação aos objetivos desta revisão, contudo, é necessário distinguir três aplicações: a detecção de uma espécie, a investigação de sua

distribuição espacial e temporal e a avaliação da dinâmica populacional. Essas aplicações apresentam níveis diferentes de exigência metodológica e não podem ser consideradas equivalentes.

No contexto amazônico, Bevilaqua (2018) investigou o uso de eDNA para detectar peixes em lagos de várzea da região do rio Solimões. Esse trabalho é relevante por abordar a aplicação da técnica em ambientes sujeitos a variações hidrológicas. Entretanto, por anteceder o período de 2020 a 2026 definido para a seleção principal, deve ser identificado como referência complementar, e não contabilizado entre os estudos incluídos nessa etapa da revisão, caso os critérios metodológicos tenham sido aplicados de forma estrita.

Entre os estudos recentes utilizados para discutir a aplicação do eDNA em peixes amazônicos, Timana-Mendoza et al. (2025) investigaram a diversidade de peixes em ambientes aquáticos da região de Madre de Dios, no Peru, utilizando os marcadores moleculares 12S e COI e comparando os resultados com métodos tradicionais de amostragem. A interpretação de estudos de metabarcoding deve considerar que a composição detectada pode variar conforme o marcador utilizado, como demonstrado em comunidades neotropicais de ictioplâncton (Teixeira et al., 2023), e que sistemas de água doce megadiversos apresentam obstáculos específicos para a identificação molecular de peixes (Jackman et al., 2021). O estudo relatou diferenças entre as abordagens e maior riqueza de peixes detectada pelo eDNA. Os autores também avaliaram a relação entre conectividade hidrológica e riqueza de espécies, demonstrando a relevância de considerar as características dos ambientes na interpretação dos resultados.

Esse resultado sustenta a utilização do eDNA como método complementar para investigar a composição e a ocorrência da ictiofauna. No entanto, a maior riqueza detectada não significa necessariamente maior precisão para todas as espécies, nem demonstra, por si só, que a técnica estime a abundância ou a dinâmica populacional de *Hypophthalmus*. A eficácia depende do objetivo da análise, da qualidade das amostras, dos marcadores utilizados e da capacidade de atribuir as sequências obtidas ao táxon correto.

A identificação de *Hypophthalmus edentatus* e de registros atribuídos a *Hypophthalmus* sp. no estudo de Timana-Mendoza et al. (2025), conforme descrito na literatura examinada, é particularmente relevante para esta revisão, pois demonstra a possibilidade de obter registros moleculares relacionados ao gênero em ambientes amazônicos. Em paralelo, De Souza et al. (2020) investigaram variações sazonais na composição de ácidos graxos e no perfil nutricional de espécies de Siluriformes amazônicos; embora não seja um estudo de eDNA, esse trabalho contribui para contextualizar a importância biológica e alimentar dos peixes do grupo. Ainda assim, o estudo teve como foco principal a riqueza e a composição das comunidades de peixes, e não o acompanhamento específico das populações de *Hypophthalmus*. Portanto, esse resultado constitui evidência de aplicabilidade para a detecção, mas não valida diretamente o eDNA como método de estimativa da dinâmica populacional do gênero.

Os estudos de genética molecular direcionados a *Hypophthalmus*, como o trabalho de Guimarães-Marques et al. (2023) sobre marcadores microssatélites, também são relevantes para contextualizar o conhecimento genético disponível. Contudo,

marcadores empregados em análises de variabilidade genética não devem ser considerados automaticamente validados para a detecção de eDNA em água. A aplicação ambiental requer avaliação específica da capacidade de identificação, da especificidade do marcador e da possibilidade de distinguir espécies próximas.

5.4. Potencial, Limitações e Lacunas de Conhecimento

A síntese dos estudos permite avaliar a contribuição do eDNA em três níveis. O primeiro corresponde à detecção: a técnica permite identificar material genético associado a peixes presentes ou recentemente presentes no ambiente. O segundo corresponde à distribuição: a repetição padronizada das coletas em diferentes locais e períodos pode permitir comparar padrões de ocorrência. O terceiro corresponde à dinâmica populacional, cuja avaliação exige dados adicionais e procedimentos específicos para relacionar os resultados moleculares à abundância ou a outras características das populações.

Para a distribuição geográfica de *Hypophthalmus*, o eDNA apresenta potencial para complementar os registros obtidos por captura e observação direta, sobretudo em ambientes de difícil acesso. Quando aplicado em diferentes pontos de rios e lagos, com repetição das coletas ao longo do ciclo hidrológico representado na Figura 5, o método pode contribuir para investigar diferenças de ocorrência entre ambientes e períodos. Entretanto, a detecção de DNA em determinado ponto não comprova necessariamente que o peixe estivesse exatamente naquele local, uma vez que o material genético pode ser transportado pela água.

Para a dinâmica populacional, a interpretação é mais restrita. A quantidade de DNA detectada pode ser influenciada por diversos fatores, como a liberação de material genético pelos organismos, a temperatura, a vazão, a degradação, a dispersão na água e os procedimentos laboratoriais. Assim, a detecção ou a concentração de eDNA não deve ser convertida diretamente em número de indivíduos sem calibração e validação específicas. A estimativa de abundância requer desenhos amostrais e modelos adequados, além de comparação com dados independentes.

Outra limitação está relacionada à identificação molecular. A escolha dos marcadores, a qualidade das sequências de referência e a capacidade de discriminar espécies próximas influenciam a confiabilidade dos resultados. Para monitorar especificamente *Hypophthalmus spp.*, é necessário avaliar se os marcadores permitem distinguir as espécies de interesse e se os procedimentos apresentam desempenho consistente em diferentes condições ambientais.

A revisão também evidencia uma lacuna entre a aplicação do eDNA para caracterizar comunidades de peixes amazônicos e sua validação para monitorar especificamente o gênero *Hypophthalmus*. Os estudos comparativos ajudam a demonstrar a viabilidade da técnica em ambientes regionais, mas não substituem pesquisas direcionadas ao gênero, com amostragens repetidas, marcadores adequados e comparação com métodos convencionais.

Considerando a importância socioeconômica da pesca demonstrada na Figura 6, uma aplicação futura relevante seria integrar registros de eDNA a informações de captura, esforço pesqueiro, localização dos ambientes e fase hidrológica. Essa integração poderia ampliar a

interpretação dos padrões de ocorrência e fornecer dados complementares ao manejo dos recursos pesqueiros. No entanto, tal contribuição depende de validação metodológica e não deve ser apresentada como eficácia já comprovada para o monitoramento populacional de *Hypophthalmus*.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revisão permitiu reunir evidências sobre a distribuição geográfica, a importância socioeconômica e as possibilidades de monitoramento das espécies do gênero *Hypophthalmus* na Amazônia. Os resultados destacam a relevância do mapará para a atividade pesqueira regional e a necessidade de considerar a sazonalidade hidrológica na interpretação de sua ocorrência nos ambientes aquáticos.

Quanto ao DNA ambiental (eDNA), os estudos analisados demonstram seu potencial para detectar espécies de peixes e complementar os métodos convencionais de amostragem. Entretanto, as evidências disponíveis não permitem afirmar que a técnica esteja validada para estimar diretamente a abundância ou acompanhar a dinâmica populacional de *Hypophthalmus spp.* Essa aplicação depende da especificidade dos marcadores moleculares, das condições ambientais, do desenho amostral e da validação dos resultados por métodos independentes.

Conclui-se que o eDNA representa uma alternativa promissora para ampliar as informações sobre a ocorrência e a distribuição de peixes amazônicos, mas sua aplicação específica ao gênero *Hypophthalmus* ainda requer investigações direcionadas. Recomenda-se o desenvolvimento de estudos que integrem

amostragens moleculares em diferentes ambientes e fases hidrológicas a registros de captura e esforço pesqueiro. Essa integração poderá fornecer evidências complementares para o monitoramento das espécies e subsidiar estratégias de manejo sustentável dos recursos pesqueiros amazônicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANTES, C. C. et al. Integrating fisheries management and conservation in tropical floodplain systems. *Fish and Fisheries*, v. 21, n. 1, p. 109–123, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/faf.12408>.

BEVILAQUA, D. R. Detecção e distribuição temporal de espécies de peixes em lagos de várzea na Amazônia Central utilizando DNA ambiental (DNAa). 2018. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2018. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/19797>. Acesso em: 10 out. 2026.

BRAGA, T. M. P.; SILVA, A. A.; REBÊLO, G. H. Preferências e tabus alimentares no consumo de pescado em Santarém, Brasil. *Novos Cadernos NAEA*, Belém, v. 19, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5801/ncn.v19i3.2528>. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/2528>. Acesso em: 10 out. 2026.

CANTO, L. B. Caracterização da comercialização de peixes em uma unidade de beneficiamento de pescado na cidade de Parintins, Amazonas. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade do Estado do Amazonas, Centro de Estudos Superiores de Parintins, Parintins, 2024. Disponível em:

<https://ri.uea.edu.br/bitstreams/3731a337-d806-4ca2-8a76-dcfcbbbce470/download>. Acesso em: 10 out. 2026.

CARVALHO, E. dos S. et al. A comercialização do mapará (*Hypophthalmus spp.*) no Baixo Amazonas. Revista de Geopolítica, v. 16, n. 5, e1093, 2025. DOI: <https://doi.org/10.56238/revgeov16n5-240>. Disponível em: <https://revistageo.com.br/revgeo/article/view/1093>. Acesso em: 10 out. 2026.

CASTELLO, L.; ISAAC, V. J.; THAPA, R. et al. Flood pulse effects on multispecies fisheries in the Amazon. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 288, n. 1961, art. 20211035, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1035>.

CASTELLO, L.; MACEDO, M. N. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. Global Change Biology, v. 28, n. 1, p. 99–113, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.15936>.

COSTA, P. H. de O. et al. Manual para o monitoramento da ictiofauna por meio de DNA ambiental (eDNA). Belém: Instituto Tecnológico Vale – Desenvolvimento Sustentável, 2020. Relatório técnico PROD.TEC.ITV.DS.N024/2020. DOI: <https://doi.org/10.29223/PROD.TEC.ITV.DS.2020.24.Costa>. Disponível em: https://www.itv.org/wp-content/uploads/2021/04/Costa-Paulo-H.-de-O.-et-al.-Manual-para-o-monitoramento-da-ictiofauna-por-meio-de-DNA-ambiental-eDNA.-PROD.TEC_.ITV-DS-N024_2020_2.pdf. Acesso em: 10 out. 2026.

CUTRIM, L.; BATISTA, V. S. Determinação de idade e crescimento do mapará (*Hypophthalmus marginatus*) na Amazônia Central. Acta Amazonica, Manaus, v. 35, n. 1, p. 85–92, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000100013>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/aa/a/H4GFdCfLqD78pJrcWpr4bGC/?lang=pt>.

Acesso em: 10 out. 2026.

DE SANTANA, C. D. et al. The critical role of natural history museums in advancing eDNA for biodiversity studies: a case study with Amazonian fishes. *Scientific Reports*, v. 11, art. 18159, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97128-3>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-97128-3>. Acesso em: 10 out. 2026.

DE SOUZA, Antonio Fábio Lopes et al. Effect of seasonal variations on fatty acid composition and nutritional profiles of siluriformes fish species from the Amazon basin. *Food Research International*, v. 132, art. 109051, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109051>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32331683/>. Acesso em: 10 out. 2026.

DEINER, K. et al. Environmental DNA metabarcoding: transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular Ecology*, v. 26, n. 21, p. 5872–5895, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.14350>.

DOS SANTOS, Julya Caroline Mesquita et al. Phylogeny of the genus *Hypophthalmus* Cuvier, 1829 (Pimelodidae – Siluriformes), based on a multilocus analysis, indicates diversification and introgression in the Amazon basin. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, v. 137, p. 285–292, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.05.017>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31121309/>. Acesso em: 10 out. 2026.

FICETOLA, G. F. et al. DNA sampling from the environment offers a promising tool for assessing the presence/absence of elusive species.

Biology Letters, v. 4, n. 4, p. 423–425, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1098/rsbl.2008.0118>.

FORSBERG, B. R. et al. Hydrology and biogeochemistry of the Amazon Basin. Journal of Hydrology, v. 608, art. 127101, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127101>.

GOLDBERG, C. S. et al. Critical considerations for the application of environmental DNA methods to detect aquatic species. Methods in Ecology and Evolution, v. 7, n. 11, p. 1299–1307, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12595>.

GUIMARÃES-MARQUES, Giselle Moura et al. Microsatellite DNA markers for the commercially important fish *Hypophthalmus donascimientoi* (Pisces: Siluriformes: Pimelodidae) in the Amazon basin: isolation, characterization and amplification in congeneric species. Molecular Biology Reports, v. 50, n. 4, p. 3957–3962, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11033-023-08284-w>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36823336/>. Acesso em: 10 out. 2026.

JACKMAN, J. M. et al. eDNA in a bottleneck: obstacles to fish metabarcoding studies in megadiverse freshwater systems. Environmental DNA, v. 3, n. 6, p. 1234–1248, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/edn3.191>.

JERDE, C. L. et al. “Sight-unseen” detection of rare aquatic species using environmental DNA. Conservation Letters, v. 4, n. 2, p. 150–157, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1755-263X.2010.00158.x>.

LITTMANN, M. W.; LUNDBERG, J. G.; ROCHA, M. S. Revision of the South American catfish genus *Hypophthalmus* (Siluriformes, Pimelodidae) with descriptions of two new species from the Amazon

and Orinoco Basins. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, v. 167, n. 1, p. 171–223, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1635/053.167.0112>.

MANAQUIRI. Prefeitura Municipal. Abertura da 16ª temporada da pesca do Mapará, na Lago Grande do Janauacá, região do Tilheiro. Manaquiri, 18 mar. 2024. Disponível em: <https://manaquiri.am.gov.br/noticias/meio-ambiente-e-desenvolvimento-sustentavel/abertura-da-16-temporada-da-pesca-do-mapara-na-lago-grande-do-janauca-regiao-do-tilheiro-manaquiri>. Acesso em: 10 out. 2026.

MANAQUIRI. Prefeitura Municipal. Abertura da 17ª edição da Pesca do Mapará em Manaquiri. Manaquiri, 17 mar. 2025. Disponível em: <https://www.manaquiri.am.gov.br/noticias/meio-ambiente-e-desenvolvimento-sustentavel/abertura-da-17-edicao-da-pesca-do-mapara-em-manaquiri>. Acesso em: 10 out. 2026.

MANAQUIRI. Prefeitura Municipal. Abertura da pesca do Mapará em Manaquiri fortalece tradição de 18 anos na região do Janauacá. Manaquiri, 19 mar. 2026. Disponível em: <https://manaquiri.am.gov.br/noticias/producao-rural-e-abastecimento/abertura-da-pesca-do-mapara-em-manaquiri-fortalece-tradicao-de-18-anos-na-regiao-do-janauaca>. Acesso em: 10 out. 2026.

MCGRATH, D. G. et al. Market formalization, governance, and the integration of community fisheries in the Brazilian Amazon. Society & Natural Resources, v. 28, n. 5, p. 513–529, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1080/08941920.2015.1014607>. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08941920.2015.1014607>.

Acesso em: 10 out. 2026.

MURRIETA, R. S. S. Dialética do sabor: alimentação, ecologia e vida cotidiana em comunidades ribeirinhas da Ilha de Ituqui, Baixo Amazonas, Pará. *Revista de Antropologia*, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 39–88, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-77012001000200002>. Disponível em: <https://revistas.usp.br/ra/article/view/27106>. Acesso em: 10 out. 2026.

OGRAM, A.; SAYLER, G. S.; BARKAY, T. The extraction and purification of microbial DNA from sediments. *Journal of Microbiological Methods*, v. 7, n. 1, p. 57–66, 1987. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-7012\(87\)90047-7](https://doi.org/10.1016/0167-7012(87)90047-7).

PAULY, D. Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, v. 418, n. 6898, p. 689–695, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature01017>.

RÁDIO RIO MAR. Retomada da pesca do Mapará marca o fim do defeso da espécie. Manaus, 20 mar. 2023. Disponível em: <https://radioriomarm.com.br/retomada-da-pesca-do-mapara-marca-o-fim-do-defeso-da-especie/>. Acesso em: 10 out. 2026.

REES, H. C. et al. The detection of aquatic animal species using environmental DNA: a review of eDNA as a survey tool in ecology. *Journal of Applied Ecology*, v. 51, n. 5, p. 1450–1459, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12306>.

SALES, N. G. et al. Space-time dynamics in tropical fish communities revealed by eDNA metabarcoding. *Molecular Ecology Resources*, v. 19, n. 5, p. 1188–1200, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12994>.

SILVA, A. L. da. Comida de gente: preferências e tabus alimentares entre os ribeirinhos do Médio Rio Negro (Amazonas, Brasil). *Revista de Antropologia*, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 125–179, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-77012007000100004>. Disponível em: <https://revistas.usp.br/ra/article/view/27259>. Acesso em: 10 out. 2026.

TABERLET, P. et al. Environmental DNA. *Molecular Ecology*, v. 21, n. 8, p. 1789–1793, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2012.05542.x>.

TEIXEIRA, D. F.; HILÁRIO, H. O.; SANTOS, G. B.; CARVALHO, D. C. DNA metabarcoding assessment of Neotropical ichthyoplankton communities is marker-dependent. *Ecology and Evolution*, v. 13, n. 5, p. e10649, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.10649>.

THOMSEN, P. F. et al. Detection of a diverse marine fish fauna using environmental DNA from seawater samples. *PLOS ONE*, v. 7, n. 8, e41732, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041732>.

TIMANA-MENDOZA, C. et al. Hydrological connectivity enhances fish biodiversity in Amazonian mining ponds: insights from eDNA and traditional sampling. *Molecular Ecology*, v. 34, n. 11, e17784, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.17784>.

VAL, A. L. et al. Ecophysiology of Amazonian aquatic systems. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 11, art. 1104455, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1104455>.

7. ANEXO



Figura 6- Registro de exemplar de *Hypophthalmus Edentatus* durante atividade de pesca no Lago Janauacá.
Fonte: Acervo pessoal, 2026.



Figura 7- Exemplares de *Hypophthalmus Edentatus* capturados durante atividade de pesca no lago Janauacá.
Fonte: Acervo pessoal, 2026.



Figura 8 - Vista lateral de um exemplar de *Hypophthalmus edentatus* (mapará).
Fonte: Goulding, M., fotografia disponibilizada pelo projeto Águas Amazônicas.



Figura 9- Exemplar de *Hypophthalmus marginatus*, espécie de importância para a pesca amazônica.
Fonte: Goulding, M., fotografia disponibilizada pelo projeto Águas Amazônicas.



Figura 10- Vista lateral de um exemplar de *Hypophthalmus marginatus*, evidenciando o corpo alongado e a coloração prateada.
Fonte: Mark Sabaj Pérez, imagem divulgada pela Drexel University.



Figura 11- Características externas de *Hypophthalmus edentatus*, peixe de água doce encontrado na bacia amazônica.
Fonte: Lovshin, L., fotografia catalogada no FishBase.



Figura 12- Pesca Fiscalizada.
Fonte: Portal do Holanda, 2026.

¹ Graduanda do Curso de Bacharelado em Biomedicina do Centro Universitário Fametro, Manaus, Amazonas. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1607287613776919>

² Graduada em Biologia, com especialização em Bioquímica. Professora de ensino superior na FAMETRO, em Manaus, Amazonas, Brasil. Mestranda vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0926-798X>

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Bacharelado em Biomedicina da Faculdade Metropolitana de Manaus (FAMETRO) como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Biomedicina.