SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

LACUNAS DE CONHECIMENTO E FATORES DETERMINANTES DA DISTRIBUIÇÃO DE OVOS E LARVAS DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Cleide Carnicér

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor(a) em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior

Nova Xavantina-MT
Julho, 2023

SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
CAMPUS DE NOVA XAVANTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

LACUNAS DE CONHECIMENTO E FATORES DETERMINANTES DA DISTRIBUIÇÃO DE OVOS E LARVAS DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Cleide Carnicér

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor(a) em Ecologia e Conservação.

Orientador: Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior

Nova Xavantina-MT
Julho, 2023

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

This study was partially funded by CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Brazilian Ministry of Education)

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

C288l

CARNICER, Cleide.

Lacunas de Conhecimento e Fatores Determinantes da Distribuição de Ovos e Larvas de Peixes de Água Doce / Cleide Carnicer – Nova Xavantina, 2023.

84 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso (Tese/Doutorado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Doutorado) Ecologia e Conservação, Faculdade de Ciências Agrárias Biológicas e Sociais Aplicadas, Câmpus de Nova Xavantina, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.

Orientador: Dilermando Pereira Lima Junior

1. Cienciometria. 2. Ecorregiões de Água Doce. 3. Fatores Físico-Químicos da Água. 4. Ictioplâncton. 5. Rio Araguaia. I. Cleide Carnicer. II. Lacunas de Conhecimento e Fatores Determinantes da Distribuição de Ovos e Larvas de Peixes de Água Doce: .

CDU 502

TERMO DE APROVAÇÃO

LACUNAS DE CONHECIMENTO E FATORES DETERMINANTES DA DISTRIBUIÇÃO DE OVOS E LARVAS DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Cleide Carnicér

Tese apresentada à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso - *Campus* de Nova Xavantina, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor(a) em Ecologia e Conservação.

Aprovado em 26 de maio de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior (Orientador)
Universidade Federal de Mato Grosso

Dra. Lisiane Hahn (Membro titular)
Neotropical Consultoria e Assessoria Ambiental

Prof. Dr. Fabricius Maia C. B. Domingos (Membro titular)
Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Paulo Santos Pompeu (Membro titular)
Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Luis Mauricio Bini (Membro titular)
Universidade Federal de Goiás

Prof. Dr. Eddie Lenza de Oliveira (Membro suplente)
Universidade do Estado de Mato Grosso

Prof. Dr. Fernando Mayer Pelicice (Membro suplente)
Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Fabricio Barreto Teresa (Membro suplente)
Fabricio Barreto Teresa

A todos que acreditaram em mim, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço infinitamente ao Prof. Dr. Pedro V. Eisenlohr, coorientador do meu mestrado, pela orientação honrosa na minha formação científica, a qual permitiu eu seguir a formação acadêmica.

Ao Prof. Dr. Fabricius Maia C. B. Domingos, por transmitir conhecimento com tanto entusiasmo e profissionalismo. Foi gratificante concorrer pela sua orientação no doutorado e mais tarde seguir a sua indicação para procurar o Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior como orientador.

Ao meu orientador Prof. Dr. Dilermando Pereira Lima Junior, por ter aceitado me orientar, mesmo sabendo que eu não possuía expertise nessa área do conhecimento (ovos e larvas de peixes). Foi um grande desafio. Agradeço por transmitir seus conhecimentos, por fazer dessa fase uma experiência positiva, por ter confiado em mim, sempre estando disponível e dedicando parte do seu tempo.

Aos integrantes do Laboratório de Ecologia e Conservação de Ecossistemas Aquáticos (LECEA). Essa equipe foi fundamental para realização deste trabalho, o qual exigiu o aprendizado de todos, em destaque para o Luciano Benedito de Lima e o Fagner Junior Machado de Oliveira, pela responsabilidade em aprender e ajudar com as coletas de ovos e larvas de peixe. À Rosangela Gama Strutz, à Sueide Vilela, o Fernando Borges Vieira, à Keila Nunes, o William Gonzales Daza e o Bruno Freitas, pela disposição em ajudar nas coletas e aos que auxiliaram na triagem das amostras. Aos demais integrantes do LECEA, à Danira Letícia Padilha, à Vanessa Guimarães Lopes, o Leandro Brasil, à Dani Brasil e à Vanessa Veltrini Abril.

À Tatia Leika Taguti, por toda atenção e prestatividade durante a triagem, identificação e revisão do material que eu identifiquei. Aqui, expresso minha gratidão pela importante contribuição na minha formação.

Ao meu companheiro Luciano, que considero como meu coorientador, pela ajuda sempre que necessário, pelo apoio, a compreensão, o carinho e paciência nos meus momentos de dificuldades. Agradeço infinitamente por ter você ao meu lado.

Ao Fernando Mayer Pelicice, pela participação e contribuição na minha formação. Agradeço o tempo despendido e os questionamentos construtivos.

Ao Leandro Brasil, por ter me direcionado a cursar a disciplina de modelos de equações estruturais e pelas diversas vezes que contribuiu em sanar minhas dúvidas.

À Fernanda Alves Martins, por ter ofertado e me aceitado de última hora na disciplina de modelos de equações estruturais.

À UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso e ao PPGEC – Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação, pela oportunidade de realizar a graduação, o mestrado e o doutorado.

Aos docentes, colaboradores, direção e administração do PPGEC – Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação.

À UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso, pelo espaço e oportunidade de desenvolver minha pesquisa na instituição.

A todos que possibilitaram o desenvolvimento dessa pesquisa, aos proprietários das terras/ranchos por permitir o acesso aos pontos de amostragens e aos que prestaram serviços.

À ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico pelo fomento ao projeto.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil, Código de Financiamento 001. Pelo fomento da bolsa.

Aos membros da banca de qualificação, o Dr. Eddie Lenza de Oliveira e a Dra. Fernanda Melo Carneiro. E aos membros da banca da defesa (Dr. Fabricius Maia C. B. Domingos, Dra. Lisiane Hahn, Dr. Luis Mauricio Bini e Dr. Paulo Santos Pompeu). Pelo tempo despendido e dedicação de cada um para a melhoria da tese.

Aos meus amigos que me acolheram e proporcionaram momentos de conversas, desabafos, apoio e laser. Obrigada pela amizade e tempo despendido de cada um: à Islandia Silva Pereira, à Bethânia Oliveira de Resende, à Karen Adryanne, à Hellen Almada e o Antônio Carlos Silveiro Silva.

A minha família por sempre me questionar o porquê de estudar tanto, e mesmo assim compreenderem a minha ausência.

Aos colegas da turma de mestrado e de doutorado.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte e/ou contribuíram para a conclusão dessa etapa, meu muito obrigada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL 1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA INTRODUÇÃO GERAL 4
CAPÍTULO 1: TENDÊNCIAS GLOBAIS, VIESES E LACUNAS NA LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE OVOS E LARVAS DE PEIXES DE ÁGUA DOCE 8
1. INTRODUÇÃO 10
2. MATERIAL E MÉTODOS 12
2.1. Revisão da literatura 12
2.2. Coleta de dados 15
2.3. Análise de dados 16
3. RESULTADOS 18
4. DISCUSSÃO 23
4.1. Tendências temporais na produção científica global 23
4.2. O escopo e os tipos de habitats investigados 24
4.3. A distribuição espacial dos estudos 26
4.4. Espécies de peixes contempladas e seu respectivo status de conservação 26
4.5. Fatores associados à distribuição espacial dos estudos 27
4.6. Limitações 28
5. CONCLUSÃO 28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 29
7. APÊNDICES 38
CAPÍTULO 2: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DE OVOS E LARVAS DE PEIXES EM UM RIO DE FLUXO LIVRE NA SAVANA NEOTROPICAL 44
1. INTRODUÇÃO 46
2. MATERIAL E MÉTODOS 48
2.1. Área de estudo 48
2.2. Coleta de dados 49
2.2.1. Variável espacial 51
2.3. Análise de dados 51
3. RESULTADOS 53
3.1. Caracterização ambiental dos pontos de amostragem 57
3.2. Padrões de distribuição entre os ambientes 60
3.3. Influência de fatores espaciais e fator sazonal 63

3.4. Relações das variáveis físico-químicas *66*
3.5. Variação diurna *68*
4. DISCUSSÃO 69
4.1. Padrões de distribuição entre os ambientes *69*
4.2. Influência de fatores espaciais e fator sazonal *70*
4.3. Relações das variáveis físico-químicas *71*
4.4. Variação diurna *71*
5. CONCLUSÃO 72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 73
7. APÊNDICES 81

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Fluxograma representando as fases da revisão sistemática da produção científica mundial sobre ovos e larvas de peixes de água doce entre os anos de 1950 e 2020. PRISMA adaptado de Moher et al., (2009). 14

Figura 2. Árvore de decisão para a triagem dos estudos, modificado de Foo et al., (2021); a) avaliação de títulos, resumo e palavras-chave; b) avaliação do texto completo. 15

Figura 3. Tendência de crescimento anual nas publicações sobre ovos e larvas de peixes de água doce encontradas na base de dados *Web of Science* entre 1959 e 2020, representados pela proporção de estudos sobre ovos e larvas em relação ao número total de estudos publicados nessa base de dados em cada ano. O gráfico menor representa o número total de estudos sobre ovos e larvas publicados por ano entre os anos de 1950 e 2020 nas plataformas *WoS* e Scopus. 18

Figura 4. Número de artigos nos diferentes escopos dos estudos de ovos e larvas de peixes de água doce do mundo, publicados entre os anos de 1950 e 2020. 19

Figura 5. Distribuição espacial do número de estudos de ovos e larvas de peixes por ecorregiões de água doce do mundo, publicados entre os anos de 1950 e 2020. 20

Figura 6. Status de conservação das espécies de peixes (agrupadas em Ordens) encontradas na produção científica mundial sobre ovos e larvas de água doce, publicada entre os anos de 1950 e 2020. Categorias da Lista Vermelha da IUCN: CR = Criticamente Ameaçado; DD = Dados Deficientes; EN = Em Perigo; LC = Menos Preocupante; NT = Quase Ameaçado; VU = Vulnerável; NA = Não Avaliado. A classificação das ordens foi realizada de acordo com Betancur-R et al (2017) e Froese & Pauly, (2021). 21

Figura 7. Espécies de peixes encontradas na produção científica mundial sobre ovos e larvas de peixes de água doce entre os anos de 1950 e 2020. a) Os ovos e larvas de peixes mais estudados e suas respectivas categorias de ameaça; b) Os ovos e larvas de peixes estudados nas categorias de ameaças "em perigo" e "criticamente ameaçado". Categorias da Lista Vermelha da IUCN: CR = Criticamente Ameaçado; EN = Em Perigo; LC = Menos Preocupante; NT = Quase Ameaçado; VU = Vulnerável e NA = Não Avaliado..... 22

CAPÍTULO 2

Figura 1. Localização dos pontos amostrais de ovos e larvas de peixes na bacia do rio Araguaia e em oito tributários, no trecho médio e alto do rio Araguaia, Brasil. O quadro em

destaque exemplifica a configuração dos pontos amostrais, representados respectivamente pelos tributários e trecho do rio Araguaia: rio Araguainha (T1/A1), rio Diamantino-GO (T2), rio do Peixe (T3/A3), Ribeirão das Perdizes (T4/A4), rio Diamantino-MT (T5/A5), rio das Garças (T6/A6), rio Caiapó (T7/A7) e rio Claro (T8/A8). 49

Figura 2. Densidade média de (a) ovos e (b) larvas de peixes ($10m^3$) nos pontos amostrais durante cada fase do regime hidrológico na bacia do rio Araguaia. Os pontos amostrais (PA) estão representados por Tributários (T) e rio Araguaia (A), a numeração indica a amostragem no tributário e no respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro. 60

Figura 3. Proporção dos estágios iniciais de desenvolvimento dos ovos e larvas de peixes encontrados nos locais de amostragem durante cada fase do regime hidrológico na bacia do rio Araguaia. Abreviações: LV = larval vitelino, PF = pré-flexão, F = flexão e FP = pós-flexão. Os pontos amostrais estão representados por T: Tributários e A: rio Araguaia, a numeração indica a amostragem no tributário e o respectivo ponto amostral no rio Araguaia, T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro. 62

Figura 4. Boxplot das densidades de (a) ovos e (b) larvas entre ambientes "(T) tributário *versus* (A) canal principal" em cada fase do regime hidrológico. As linhas horizontais representam as medianas, os retângulos representam o primeiro e o terceiro quartis. O máximo e o mínimo do *wiskers* representam $\pm$ 1,5 vezes a distância entre o primeiro e o terceiro quartis e os pontos representam *outliers*. 63

Figura 5. Padrões de ocorrência de famílias de larvas de peixes entre os pontos amostrais na bacia do rio Araguaia. a) Dendrograma de calor demonstrando a associação dos táxons com os agrupamentos dos pontos amostrais. Cores claras, intermediárias e escuras representam nenhuma, baixa/média e alta abundância e associação com as famílias (respectivamente) em cada agrupamento dos pontos amostrais. b) Dendrograma com os agrupamentos formados pela análise SIMPROF. Os pontos amostrais estão representados por T: Tributários e A: rio Araguaia, a numeração indica a amostragem no tributário e o respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro. 65

Figura 6. Boxplot das densidades de ovos e larvas de peixes em relação aos horários de amostragens para: a) amostras de superfície e b) amostras de fundo. As linhas horizontais

representam as medianas, os retângulos representam o primeiro e o terceiro quartis. O máximo e o mínimo do *wiskers* representam ± 1,5 vezes a distância entre o primeiro e o terceiro quartis e os pontos representam outliers. Letras diferentes indicam diferenças significativas. 68

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Variáveis selecionadas pelos Modelos Lineares Generalizados Quasi-Poisson que avaliaram a resposta do número de estudos sobre ovos e larvas de peixes nas ecorregiões de água doce ao conjunto de variáveis preditoras. As transformações das variáveis estão representadas por log (logaritmo) e sqrt (raiz quadrada). 23

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Número e distribuição de larvas entre os pontos amostrais na bacia do rio Araguaia. Os pontos amostrais estão representados por T: Tributários e A: rio Araguaia, a numeração indica a amostragem no tributário e o respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro. 54

Tabela 2. Caracterização de variáveis físico-químicas nos pontos de amostragem na bacia do rio Araguaia. As variáveis são representadas pelo ambiente (A = canal principal do Rio Araguaia e T = tributários): Rio Araguainha (T1/A1), Rio Diamantino-GO (T2), Rio do Peixe (T3/A3), Ribeirão das Perdizes (T4 /A4), Rio Diamantino-MT (T5/A5), Rio das Garças (T6/A6), Rio Caiapó (T7/A7) e Rio Claro (T8/A8). Valores de desvio padrão (DP). Abreviação: Sólidos Totais Dissolvidos (STD); PA: Pontos amostrais. Largura (m) * = largura dos rios no período de cheia. 58

Tabela 3. Caracterização das variáveis físico-químicas em cada fase do regime hidrológico (cheia, vazante e seca) na bacia do rio Araguaia. As variáveis são representadas pelo ambiente (A = calha principal do rio Araguaia e T = tributários) correspondentes aos valores médios e desvio padrão (DP) dos pontos amostrais entre os períodos de novembro de 2018 a julho de 2020. valor mínimo (Min) e máximo (Max) da variação encontrada entre os pontos amostrais. (*) Profundidade média dos pontos de amostragem no centro do rio. Sigla: Fases do Regime Hidrológico (RH) e Sólidos Dissolvidos Totais (TDS). 59

Tabela 4. Seleção do melhor modelo linear misto para ovos e larvas de peixes com base no critério de Akaike. NTU: turbidez; pH; Prof: profundidade; Reg: regime hidrológico; STD: Sólido Totais Dissolvido; *offset*(log(v_m3)): volume m3 de água filtrada gl: grau de liberdade; AICc: Critério de Informação de Akaike corrigido. 67

RESUMO GERAL

O conhecimento sobre ovos e larvas de peixes proporcionam informações importantes sobre os períodos reprodutivos, áreas de desova, áreas de crescimento, distribuição e abundância. São dados básicos e fundamentais para a compreensão da dinâmica populacional dos peixes. Nesse estudo, trabalhamos em dois objetivos centrais: i) identificar lacunas de conhecimento, vieses e tendências globais na literatura sobre ovos e larvas de peixes de água doce; e ii) minorar lacunas de conhecimento na bacia do rio Araguaia. Nossos resultados (objetivo i) revelaram um aumento no número de estudos sobre ovos e larvas de peixes de água doce, norteados por investigações sobre questões básicas de biologia e ecologia, e foram realizados principalmente em rios e lagos. Esses estudos abrangeram 95 ecossistemas de água doce (22,3% de todos os ecossistemas) e registraram 871 espécies de peixes (4,8% de todos os peixes de água doce descritos atualmente). Para a bacia do rio Araguaia (objetivo ii), nossos resultados revelaram a presença de ovos e larvas de peixes em todos os pontos amostrais, com ocorrência de cinco ordens e 22 famílias, com maiores presenças no período de cheia. Descobrimos que todos os ambientes, tributários e canal principal do rio Araguaia, são importantes para a reprodução e não houve diferença de uso preferencial entre esses ambientes. Além disso, os principais fatores relacionados as atividades reprodutivas dos peixes nessa região estão relacionadas aos eventos das mudanças físico-químicas da água que ocorrem no período de cheia. Nossos resultados indicam a existência de importantes deficiências de dados, e demonstram a importância e necessidade de monitoramentos para obtermos o conhecimento ecológico crítico para propor planejamento de gestão e conservação dos recursos pesqueiros.

Palavras-chave: cienciometria, ecorregiões de água doce, fatores físico-químicos da água, ictioplâncton, rio Araguaia.

ABSTRACT

Knowledge about fish eggs and larvae provides important information about reproductive periods, spawning areas, growth areas, distribution, and abundance. These are basic and fundamental data for understanding the population dynamics of fish. In this study, we worked towards two central objectives: i) identifying knowledge gaps, biases, and global trends in the literature on freshwater fish eggs and fish; and ii) addressing knowledge gaps in the Araguaia River basin. Our results (objective i) revealed an increase in the number of studies on freshwater fish eggs and larvae, guided by investigations into basic biology and ecology questions, and were mainly conducted in rivers and lakes. These studies encompassed 95 freshwater ecosystems (22.3% of all ecosystems) and recorded 871 fish species (4.8% of all currently described freshwater fish). For the Araguaia River basin (objective ii), our results showed the presence of fish eggs and larvae in all sampling points, with occurrences of five orders and 22 families, with higher presence during the flood period. We discovered that all environments, tributaries, and the main channel of the Araguaia River are important for reproduction, and there was no difference in preferential use among these environments. Furthermore, the main factors related to fish reproductive activities in this region are related to the physical-chemical changes in water that occur during the flood period. Our results indicate the existence of important data deficiencies and demonstrate the importance and necessity of monitoring to obtain critical ecological knowledge for proposing management and conservation plans for fishery resources.

Keywords: Araguaia River, freshwater ecoregions, ichthyoplankton, physicochemical factors of water, scientometrics.

1. INTRODUÇÃO GERAL

O conhecimento sobre a biodiversidade apresenta vieses e lacunas (HORTAL et al., 2015; MORA et al., 2011). Entre os vieses, os mais comuns é o viés taxonômico – direcionamento dos estudos a certos grupos/espécies, e o viés geográfico – direcionamento dos estudos a certas regiões/biomas (MORA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016; TRIMBLE; VAN AARDE, 2012). Esses vieses contribuem em agravar as lacunas de conhecimentos em biodiversidade, lacunas Linneana e Wallaceana (ALMEIDA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2016). Dado os avanços das ações antrópicas, uma das preocupações permeadas pela falta de conhecimento da biodiversidade é a ocorrência da extinção de espécies, algumas antes mesmo de serem descobertas (MORA et al., 2011). Nesse contexto, se insere o grupo dos peixes, novas espécies de peixes de água doce são descritas a cada ano. Por exemplo, para a região Neotropical, a mais rica em espécies de peixes de água doce, estimativas sugerem que somente por volta de 2100 conseguiremos catalogar as 9000 espécies estimadas de peixes (REIS et al., 2016). Se fizermos o recorte segundo o estágio de vida inicial dos peixes (*i.e.*, ovos e larvas), as lacunas de conhecimento são ainda mais proeminentes, visto que os estudos são escassos e limitados as espécies com importância comercial (REYNALTE-TATAJE et al., 2020).

O conhecimento sobre as fases iniciais dos peixes proporcionam informações importantes sobre os períodos reprodutivos, áreas de desova, áreas de crescimento, distribuição e abundância (NAKATANI et al., 2001). São informações básicas para avaliar o processo de recrutamento populacional, além de contribuírem para obter estimativas da biomassa da população adulta reprodutora, e avaliar os recursos pesqueiros (AHLSTROM; MOSER, 1976). Outra vantagem dos estudos com ovos e larvas de peixes é o fato de não capturar os jovens ou adultos já estabelecidos na natureza, muitas vezes em estágios reprodutivos. Portanto, os estudos sobre ovos e larvas de peixes são uma base fundamental para a compreensão da dinâmica populacional dos peixes e seus processos ecológicos.

No Brasil, os estudos sobre ovos e larvas tornaram-se mais frequentes a partir de 2001 e contemplam 140 espécies de peixes (REYNALTE-TATAJE et al., 2020). As espécies com as características ontogenéticas descritas são oriundas principalmente das bacias dos rios: Paraná, Amazonas, Paraguai, Uruguai, e São Francisco (REYNALTE-TATAJE et al., 2020). Enquanto as demais bacias apresentam lacunas de conhecimento sobre os ovos e larvas de peixes (CARNICER et al., 2023; REYNALTE-TATAJE et al., 2020), característico do viés geográfico (HUGHES et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2016).

A bacia do rio Tocantins-Araguaia, por exemplo, possui apenas três estudos sobre ovos e larvas, mas nenhum deles foi desenvolvido em seu principal afluente, o rio Araguaia (ver AGOSTINHO et al., 2007; BITTENCOURT et al., 2018; PEREIRA; BIALETZKI; BONECKER, 2017).

O rio Araguaia é uma importante artéria fluvial do Brasil e do ecótono Cerrado-Amazônia, sua vazão corresponde aproximadamente 6.420 m^3/s de água, é altamente diversa, abriga mais de 400 espécies de peixes e 210 espécies de árvores de áreas pantanosas (LATRUBESSE et al., 2019). Nessa bacia está inserida a planície de inundação do Bananal, a mais geodiversa do planeta (DAGOSTA; PINNA, 2019; LATRUBESSE et al., 2019; WITTMANN et al., 2015, 2017). No entanto, toda essa biodiversidade não tem garantido a sua preservação, há o planejamento da construção de 70 hidrelétricas na bacia, e muitas delas em forma de cascata (*i.e.*, forma sequencial) (LATRUBESSE et al., 2019). Trata-se do pior cenário para a conservação da biodiversidade aquática (em especial para conservação dos peixes migradores), pois a instalação de todos os empreendimentos comprometerá a dinâmica fluvial da bacia e a piracema. Portanto, é necessário identificar quais são os rios mais importantes para desova dos peixes e dinâmica fluvial, e desse modo, possibilitar a adoção de medidas de proteção desses ecossistemas (AZEVEDO-SANTOS et al., 2019; JAGER et al., 2015).

Uma das facetas dos padrões reprodutivos dos peixes são resultados de adaptações às condições bióticas e a interações abióticas, descritas como estratégias e táticas reprodutivas (VAZZOLER, 1996; WINEMILLER, 1989). Isso inclui, diferentes períodos reprodutivos, diferenças na fertilidade, cuidado parental, tipo de desova e comportamento migratório ou sedentário (CAROLSFELD et al., 2003; WINEMILLER, 1989, 2005). Para os peixes Neotropicais, o principal gatilho reprodutivo é o início das chuvas, no entanto, a singularidade de cada ambiente pode gerar pequenas adaptações em resposta a flutuações do ambiente (AGOSTINHO et al., 2004; LOWE-MCCONNELL, 1987; VAZZOLER, 1996). Nesse contexto, podem ocorrer variações na área de desova, e consequentemente uma variação na distribuição dos ovos e larvas dos peixes em função da variação das características físico-químicas de cada ambiente. Por exemplo, a ocorrência de ovos e larvas de peixes entre o canal principal de um rio e seus tributários (PACHLA et al., 2022; SILVA et al., 2015, 2019; SOARES et al., 2022; VASCONCELOS et al., 2021).

O conhecimento sobre a composição, o padrão de distribuição das espécies, as estratégias de vida e suas necessidades ecológicas são essenciais para a entender os padrões ecológicos e adotar medidas efetivas de conservação (HORTAL et al., 2015).

Nesse contexto, informações detalhadas sobre ovos e larvas de peixes, assim como os seus requisitos ecológicos são essenciais para a tomada de medidas efetivas de manutenção e conservação de recursos pesqueiros, do qual uma grande parte da sociedade depende. Diante disso, estruturamos a tese em dois capítulos: **no primeiro** realizamos uma revisão sistemática da literatura sobre ovos e larvas de peixes de água doce para investigar as tendências temporais na produção científica global, os escopos e os tipos de habitat, a distribuição espacial dos estudos, as espécies de peixes com estudos de ovos e larvas e seus respectivos status de conservação, e os determinantes do padrão de distribuição espacial dos estudos; e **no segundo capítulo**, visamos minorar a lacuna de conhecimento sobre ovos e larvas de peixes no trecho médio e alto da bacia do rio Araguaia, para tanto, investigamos os padrões de distribuição entre os ambientes (canal principal do rio Araguaia e tributários); os fatores espaciais e fator sazonal na composição e abundância de táxons, as relações das variáveis físico-químicas, e as variações diurnas.

2. Referências Bibliográficas da Introdução Geral

AGOSTINHO, A. A. et al. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 14, n. 1, p. 11–19, 2 mar. 2004.

AGOSTINHO, A. A. et al. Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes? **Neotropical Ichthyology**, v. 5, n. 2, p. 121–130, 2007.

AHLSTROM, E. H.; MOSER, H. G. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations in fisheries. **Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes**, v. 40, n. 3–4, p. 379–398, 1976.

ALLAN, J. D. Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 1, p. 257–284, 15 dez. 2004.

ALMEIDA, T. C. et al. Non-stationary drivers on fish sampling efforts in Brazilian freshwaters. **Diversity and Distributions**, v. 27, n. 7, p. 1224–1234, 1 jul. 2021.

AZEVEDO-SANTOS, V. M. et al. Protected areas: a focus on Brazilian freshwater biodiversity. **Diversity and Distributions**, v. 25, n. 3, p. 442–448, mar. 2019.

BITTENCOURT, S. C. DA S. et al. Distribuição espacial de larvas de peixes em um reservatório tropical na bacia Araguaia-Tocantins. **Biota Amazônia**, v. 8, p. 14–18, 2018.

BURDON, F. J.; MCINTOSH, A. R.; HARDING, J. S. Habitat loss drives threshold response of benthic invertebrate communities to deposited sediment in agricultural streams. **Ecological Applications**, v. 23, n. 5, p. 1036–1047, jul. 2013.

CARNICER, C. et al. Global trends, biases and gaps in the scientific literature about freshwater fish eggs and larvae. **Journal of Fish Biology**, v. 102, n. 1, p. 83–95, 21 jan. 2023.

CAROLSFELD, J. et al. **Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status**. Canadá: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2003.

DAGOSTA, F. C. P.; PINNA, M. DE. The fishes of the Amazon: distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 2019, n. 431, p. 1–163, 13 jun. 2019.

DUDGEON, D. Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. **Current Biology**, v. 29, n. 19, p. R960–R967, 7 out. 2019.

FOUBERT, A. et al. How intensive agricultural practices and flow regulation are

threatening fish spawning habitats and their connectivity in the St. Lawrence River floodplain, Canada. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 5, p. 1229–1247, 1 maio 2020.

HORTAL, J. et al. Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 46, n. 1, p. 523–549, 4 dez. 2015.

HUGHES, A. C. et al. Sampling biases shape our view of the natural world. **Ecography**, v. 44, n. 9, p. 1259–1269, 21 set. 2021.

JAGER, H. I. et al. Spatial design principles for sustainable hydropower development in river basins. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 808–816, 2015.

LATRUBESSE, E. M. et al. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. **Conservation Science and Practice**, v. 1, n. 9, p. e77, 7 set. 2019.

LOWE-MCCONNELL, R. H. **Ecological Studies in Tropical Fish Communities**. [s.l.] Cambridge University Press, 1987.

MORA, C. et al. How many species are there on Earth and in the ocean? **PLoS Biology**, v. 9, n. 8, p. e1001127, 23 ago. 2011.

NAKATANI, K. et al. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001.

OLIVEIRA, U. et al. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. **Diversity and Distributions**, v. 22, n. 12, p. 1232–1244, 1 dez. 2016.

PACHLA, L. A. et al. Recruitment of migratory fish in free-flowing rivers with limited floodplain development. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 32, n. 12, p. 1888–1900, 25 dez. 2022.

PELICICE, F. M. et al. Large-scale degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. **Environmental Management**, v. 68, n. 4, p. 445–452, 2 out. 2021.

PEREIRA, L. H. A.; BIALETZKI, A.; BONECKER, A. C. T. Larval and juvenile development of *Tatia intermedia* (Siluriformes: Auchenipteridae). **Journal of Fish Biology**, v. 90, n. 3, p. 1098–1103, mar. 2017.

PUSEY, B. J.; ARTHINGTON, A. H. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. **Marine and Freshwater Research**, v. 54, n. 1, p. 1–16, 2003.

RABENI, C. F.; SMALE, M. A. Effects of siltation on stream fishes and the potential mitigating role of the buffering riparian zone. **Hydrobiologia**, v. 303, n. 1–3, p. 211–219,

abr. 1995.

REIS, R. E. et al. Fish biodiversity and conservation in South America. **Journal of Fish Biology**, v. 89, n. 1, p. 12–47, 1 jul. 2016.

REYNALTE-TATAJE, D. A. et al. State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 32, p. e6, 2020.

SILVA, P. S. et al. Importance of Reservoir Tributaries to Spawning of Migratory Fish in the Upper Paraná River. **River Research and Applications**, v. 31, n. 3, p. 313–322, mar. 2015.

SILVA, P. S. et al. Tributaries as biodiversity preserves: An ichthyoplankton perspective from the severely impounded Upper Paraná River. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 29, n. 2, p. 258–269, 18 fev. 2019.

SOARES, M. DA L. et al. The main channel and river confluences as spawning sites for migratory fishes in the middle Uruguay River. **Neotropical Ichthyology**, v. 20, n. 3, p. 1–16, 2022.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. Influence of forest cover and mesohabitat types on functional and taxonomic diversity of fish communities in Neotropical lowland streams. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 21, n. 3, p. 433–442, 2012.

TRIMBLE, M. J.; VAN AARDE, R. J. Geographical and taxonomic biases in research on biodiversity in human-modified landscapes. **Ecosphere**, v. 3, n. 12, p. 1–16, dez. 2012.

VASCONCELOS, L. P. et al. Dams in the Amazon: the importance of maintaining free-flowing tributaries for fish reproduction. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 31, n. 5, p. 1106–1116, 15 maio 2021.

VAZZOLER, A. E. A. DE M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Maringá: Eduem, 1996.

WINEMILLER, K. O. Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. **Oecologia**, v. 81, p. 225–241, 1989.

WINEMILLER, K. O. Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 62, p. 872–885, 2005.

WINEMILLER, K. O.; AGOSTINHO, A. A.; CARAMASCHI, É. P. Fish Ecology in Tropical Streams. In: **Tropical Stream Ecology**. [s.l.] Elsevier, 2008. p. 107–140.

WITTMANN, F. et al. Implementation of the Ramsar Convention on South American wetlands: an update. **Research and Reports in Biodiversity Studies**, v. 4, p. 47, 27 nov. 2015.

WITTMANN, F. et al. The Brazilian freshwater wetscape: changes in tree community diversity and composition on climatic and geographic gradients. **PLOS ONE**, v. 12, n. 4, p. e0175003, 10 abr. 2017.

ZENI, J. O.; HOEINGHAUS, D. J.; CASATTI, L. Effects of pasture conversion to sugarcane for biofuel production on stream fish assemblages in tropical agroecosystems. **Freshwater Biology**, v. 62, n. 12, p. 2026–2038, dez. 2017.

CAPÍTULO 1: TENDÊNCIAS GLOBAIS, VIESES E LACUNAS NA LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE OVOS E LARVAS DE PEIXES DE ÁGUA DOCE

Publicado no periódico: *Journal of Fish Biology*

RESUMO

Sínteses de conhecimento são importantes para revelar tendências, vieses e lacunas na literatura científica, indicando as principais deficiências de dados e necessidades de pesquisa. Nesse sentido, conduzimos uma ampla revisão sistemática da literatura sobre ovos e larvas de peixes de água doce para investigar (a) as tendências temporais na produção científica global, (b) os escopos e os tipos de habitats, (c) a distribuição espacial dos estudos, (d) as espécies de peixes contempladas e seu respectivo status de conservação e (e) os fatores associados à distribuição espacial dos estudos. Analisamos 654 estudos publicados entre 1950 e 2020. O número de estudos aumentou ao longo do tempo, mas com uma tendência fraca. A maioria dos estudos investigou questões básicas sobre biologia e ecologia e foram realizados principalmente em rios e lagos. Esses estudos abrangeram 95 ecossistemas de água doce (22,3% de todos os ecossistemas) e registraram 871 espécies de peixes (4,8% de todos os peixes de água doce descritos atualmente). A maioria das espécies foram avaliadas pela IUCN e classificadas em seis categorias de ameaça, mas aproximadamente 35% não foram avaliadas. Os principais fatores que afetaram a distribuição espacial dos estudos foram a área da ecorregião, a densidade de estradas, o volume do rio e o número de usinas hidrelétricas. Os resultados apontam para importantes vieses e lacunas na literatura científica global sobre ovos e larvas de peixes, especialmente associados ao tipo de habitat, distribuição espacial e espécies-alvo, enfatizando a necessidade de abordar tópicos específicos. Tais vieses e lacunas indicam a existência de importantes deficiências de dados, que comprometem o planejamento de gestão e conservação, já que informações sobre ovos e larvas de peixes são básicas e críticas para a avaliação do recrutamento de peixes e dinâmica populacional.

Keywords: cienciometria, ecossistemas de água doce, lacunas de conhecimento, projetos hidrelétricos, recurso pesqueiro.

ABSTRACT

Syntheses of knowledge are important to reveal trends, biases and gaps in the scientific literature, indicating main data shortfalls and research needs. In this regard, the authors conducted a broad systematic review on the literature about freshwater fish eggs and larvae to investigate (a) temporal trends in the global scientific production, (b) the scope and habitat types, (c) the spatial distribution of studies, (d) the fish species contemplated and their respective conservation status and (e) the factors associated with the spatial distribution of studies. They analyzed 654 studies published between 1950 and 2020. The number of studies has increased over time, but with a weak trend. Most studies investigated basic questions about biology and ecology and were carried out chiefly in rivers and lakes. These studies covered 95 freshwater ecoregions (22.3% of all ecoregions) and recorded 871 fish species (4.8% of all freshwater fish currently described). Most species were assessed by the IUCN and classified into six threat categories, but approximately 35% were not evaluated. The main drivers affecting the spatial distribution of studies were ecoregion area, road density, river volume and the number of hydroelectric plants. Results point to significant biases and gaps in the global scientific literature on fish eggs and larvae, especially associated with habitat type, spatial distribution and target species, emphasizing the need to address specific topics. Such biases and gaps indicate the existence of important data shortfalls, which compromise management and conservation planning, as information on fish eggs and larvae is basic and critical for the assessment of fish recruitment and population dynamics.

Keywords: fishery resource, freshwater ecoregions, hydroelectric projects, knowledge shortfalls, scientometrics.

1. INTRODUÇÃO

Informações sobre a identidade e a distribuição geográfica das espécies são essenciais para a compreensão de processos ecológicos, evolutivos e implementação de programas efetivos para a conservação da biodiversidade (Meyer *et al.*, 2015). No entanto, o conhecimento sobre a biodiversidade apresenta vieses e lacunas (Hortal et al., 2015; Mora et al., 2011). Devido a influência do viés taxonômico, certos grupos recebem mais atenção do que outros, por exemplo, as plantas e vertebrados são mais inventariados e descritos do que invertebrados e organismos unicelulares (Mora *et al.*, 2011; Troudet *et al.*, 2017). Da mesma maneira, devido o viés geográfico, certas áreas e regiões recebem mais estudos pela facilidade de acesso, como áreas próximas de estradas, zonas urbanas, universidades e centros de pesquisa (Oliveira *et al.*, 2016; Hughes *et al.*, 2021). Adicionalmente, os estudos podem ser direcionados a espécies-alvo como as espécies ameaçadas, ou a certas áreas que são atrativas para pesquisas, como as unidades de conservação (Oliveira *et al.*, 2016). Padrões históricos de colonização e desenvolvimento das nações, fatores políticos e econômicos, limitação de recursos financeiros também são fatores apontados como responsáveis pela manutenção desses vieses e lacunas (Holmgren & Schnitzer, 2004; Moerman & Estabrook, 2006; Meyer *et al.*, 2015). A combinação dos fatores citados acima acaba contribuindo em agravar as lacunas de conhecimento em biodiversidade nas formas Linneana (falta de conhecimento sobre a identificação das espécies), Wallaceana (falta de conhecimento sobre a distribuição das espécies), Eltoniana (falta de conhecimento sobre as interações das espécies), Raunkiærana (falta de conhecimento sobre as características das espécies e suas funções ecológicas) e também a Hutchinsonian (falta de conhecimento sobre as tolerâncias e respostas das espécies as condições abióticas), tornando essas lacunas persistentes ao longo dos próximos anos (Mora *et al.*, 2011; Hortal *et al.*, 2015).

A principal preocupação permeada pela falta de conhecimento é a ocorrência da extinção de espécies, algumas antes mesmo de serem descobertas (Mora *et al.*, 2011). Nesse contexto, ecossistemas continentais de água doce (*e.g.*, rios, lagos e riachos) ganham destaque, responsáveis por abrigar cerca de 10% de todas as espécies conhecidas, estando entre os ecossistemas mais vulneráveis do planeta (Dudgeon, 2019). Entre os grupos de organismos presentes nos ecossistemas de água doce, destacamos os peixes, pela alta diversidade, com mais de 18.150 espécies conhecidas (Tedesco *et al.*, 2017; Fricke, Eschmeyer & Van der Laan, 2021). Apesar desse grupo biológico receber relevante

atenção na pesquisa mundial, existem importantes vieses taxonômicos e geográficos (Lévêque *et al.*, 2008; Almeida *et al.*, 2021). Por exemplo, para a região Neotropical, a mais rica em espécies de peixes de água doce, estimativas sugerem que somente por volta de 2100 conseguiremos catalogar as 9000 espécies estimadas de peixes (Reis *et al.*, 2016). Se fizermos o recorte segundo o estágio de vida inicial dos peixes (*i.e.*, ovos e larvas), as lacunas de conhecimento são ainda mais proeminentes, visto que os estudos são escassos e limitados as espécies com importância comercial (Reynalte-Tataje *et al.*, 2020).

O fato dos ovos e larvas de peixes ter exigências ambientais específicas e um desenvolvimento complexo ao longo da ontogênese, torna os estudos para o entendimento da autoecologia, dinâmica populacional e recrutamento muito desafiadores (Nakatani *et al.*, 2001; Pessanha & Araújo, 2014). Para a realização desses monitoramentos é indispensável, por exemplo, o conhecimento das fases da ontogênese para a identificação precisa dos ovos e larvas (Nakatani *et al.*, 2001), sendo um dos fatores mais limitantes, devido à escassez de chaves de identificação (Nakatani *et al.*, 2001; Reynalte-Tataje *et al.*, 2020). A coleta do material também enceta muitas dificuldades, pois os sítios de desova e crescimento usualmente se localizam em áreas de difícil acesso e logística. Apesar dessas dificuldades, as informações sobre os ovos e larvas são cruciais para o planejamento de conservação da biodiversidade, especialmente para aquelas espécies sujeitas aos impactos antrópicos (Cheng *et al.*, 2013; Vasconcelos *et al.*, 2021a b; Lopes *et al.*, 2021). Tais estudos proporcionam informações importantes sobre os períodos reprodutivos, áreas de desova, áreas de crescimento, distribuição e abundância (Nakatani *et al.*, 2001). São informações básicas para avaliar o processo de recrutamento populacional, além de contribuírem para obter estimativas da biomassa da população adulta reprodutora, e avaliar os recursos pesqueiros (Ahlstrom & Moser, 1976). A relevância da abordagem, e a reconhecida existência de vieses e lacunas, torna imprescindível conhecer o estado da arte nessa área específica da ictiologia.

Portanto, em um cenário onde os estudos de ovos e larvas de peixes se encontram fragmentados e dispersos na literatura científica, as análises cienciométricas constituem ferramentas relevantes para proporcionar um panorama sobre o conhecimento e lacunas da área, apontando o direcionamento para os próximos estudos (Hortal *et al.*, 2015; Heberling *et al.*, 2021). Embora seja uma ferramenta útil, as análises cienciométricas sobre ovos e larvas de peixes são escassas, destacando-se algumas revisões sobre impactos antrópicos (Wolter & Arlinghaus, 2003; Foley, Bradley & Höök, 2016; Schmidt *et al.*, 2019; Pavlov, Mikheev & Kostin, 2020) e sobre o conhecimento do desenvolvimento inicial de peixes

(Vilizzi & Walker, 1999; Reynalte-Tataje *et al.*, 2020). Assim, com o objetivo de entender o estado atual da pesquisa com ovos e larvas de peixes de água doce, este estudo realizou uma ampla revisão cienciométrica para fornecer uma visão geral da produção científica mundial sobre esse campo. Especificamente, abordamos os seguintes tópicos: (a) as tendências temporais na produção científica, (b) os escopos e habitats abrangidos, (c) as ecorregiões de água doce, (d) as espécies de peixes e seus *status* de conservação e (e) os fatores que afetam a distribuição espacial dos estudos publicados. Este é o estudo cienciométrico mais abrangente que avalia o estado da arte na pesquisa de ovos e larvas de peixes de água doce em uma perspectiva global.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Revisão da literatura

Nossa pesquisa bibliográfica teve como fonte as plataformas *Web of Science Core Collection* (*WoS*) e *Scopus*. Optamos por restringir nossa pesquisa para artigos indexados, uma vez que passaram por processo de revisão por pares, garantindo maior confiabilidade aos dados. Primeiramente, realizamos um treinamento descrito por Foo et al., (2021) para obtermos a sequência de busca para a pesquisa. Para esse treinamento, utilizamos a plataforma *WoS*, que é amplamente reconhecida por abrigar os principais artigos indexados (Li, Rollins & Yan, 2018). Criamos uma sequência de busca inicial (*ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae*") e fomos aprimorando essa sequência em seis rodadas subsequentes. Em cada rodada, calculamos a taxa de acerto (*i.e.*, proporção de acerto dos estudos retidos em uma triagem piloto com 100 estudos selecionados aleatoriamente; Material Suplementar 1). Quando a sequência de busca atingiu uma boa taxa de acerto (19,70%, ver Foo et al., 2021), decidimos permanecer com a sequência e iniciar a pesquisa bibliográfica em ambas as plataformas *WoS* e Scopus. Nossa primeira pesquisa foi realizada em março de 2021 e atualizamos em setembro de 2021.

Pesquisamos por tópicos, o que inclui: título, resumo (quando disponível) e as palavras-chave para os anos de 1945 a 2020, utilizando a seguinte sequência de palavras no campo de pesquisa: *((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae") NOT (marine* OR ocean* OR sea* OR "Marine fish*" OR "Salt water" OR "Brackish water" OR mangrove* OR "Marine fish larvae" OR "Coral reef*" OR "Reef fish*" OR reef* OR amphidromous* OR anadromous* OR catadromous* OR diadromous* OR jellyfish* OR crabs* OR crayfish* OR squid* OR octopus* OR rockfish OR "Zebrafish"*

OR "Danio rerio" OR "Solea" OR children OR caviar OR milk OR beef OR meat* OR pediatric OR allergy)) (Topic) and Articles or Meeting Abstracts or Letters or Early Access or Book Chapters or Review Articles or News Items or Notes (Document Types).* A partir daqui, usaremos o termo "estudos" para representar os tipos de documentos selecionados, e cada estudo representa uma unidade amostral.

Para a seleção dos estudos seguimos o método *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA; Figura 1; Moher et al., 2009). Construímos o banco de dados sobre os estudos de ovos e larvas de peixes de água doce pesquisado nas bases *WoS* e *Scopus*. Com a lista de estudo consolidada de cada base, removemos as duplicatas. Em seguida, juntamos as duas listas em um único arquivo e realizamos a leitura do título e resumo dos estudos utilizando a função *abstract_screener* do pacote *metagear* R (Lajeunesse, 2016) em ambiente R (R Core Team, 2021).

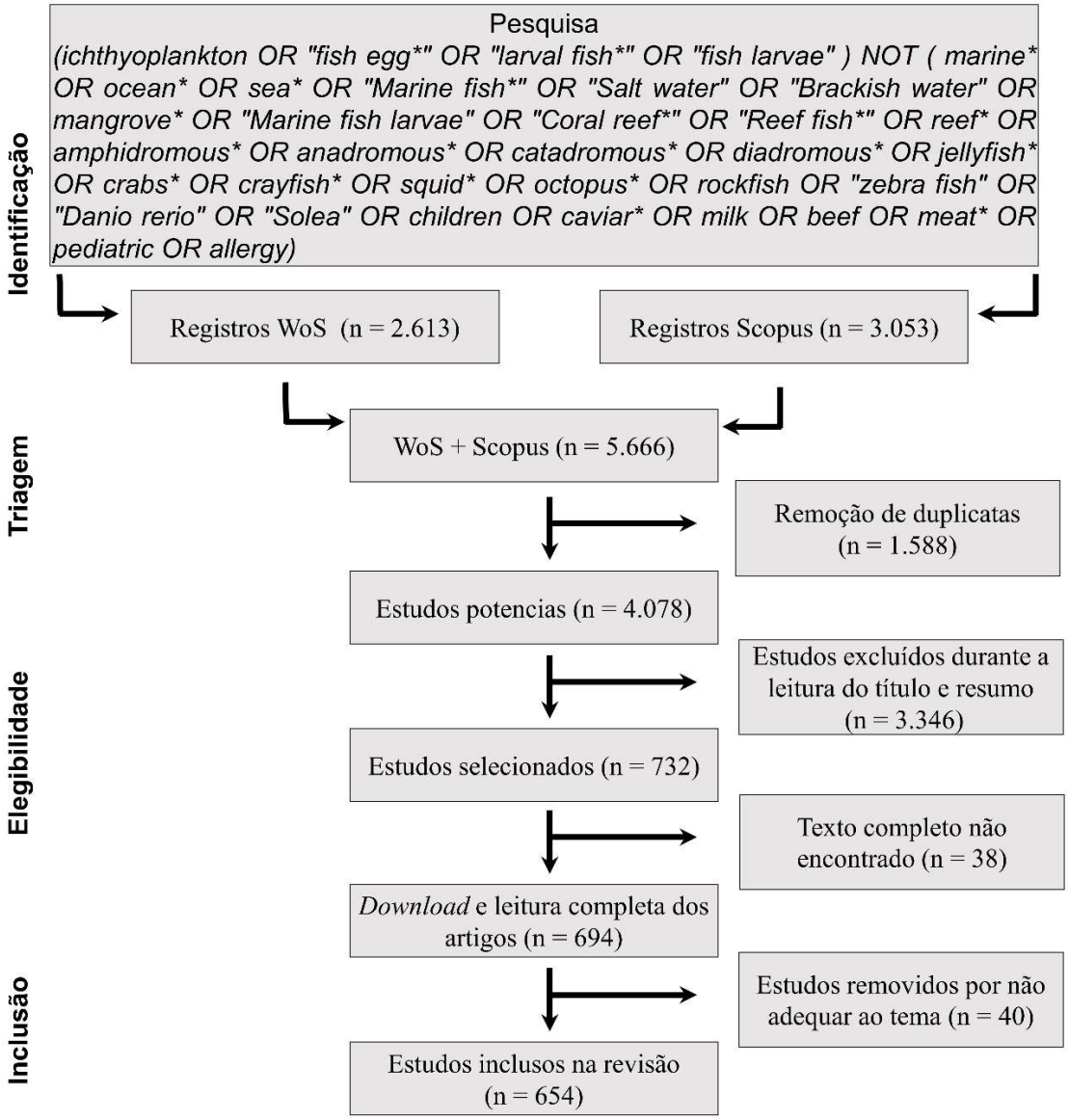

Figura 1. Fluxograma representando as fases da revisão sistemática da produção científica mundial sobre ovos e larvas de peixes de água doce entre os anos de 1945 e 2020. PRISMA adaptado de Moher et al., (2009).

Durante o processo de identificação, triagem e elegibilidade dos estudos (Figura 1), utilizamos uma árvore de decisão (Figura 2). Selecionamos estudos com termos atribuídos a ovos e larvas de peixes realizados exclusivamente em ecossistemas de água doce, e excluímos estudos com espécies diádromas (*i.e.*, espécies que migram entre água doce e salgada). Em seguida, selecionamos apenas estudos realizados com populações selvagens em seu habitat natural e/ou utilizadas em experimentos. Por fim, excluímos estudos que não se concentravam em ovos e larvas e aqueles que não eram claros sobre a origem geográfica das espécies (Figura 2).

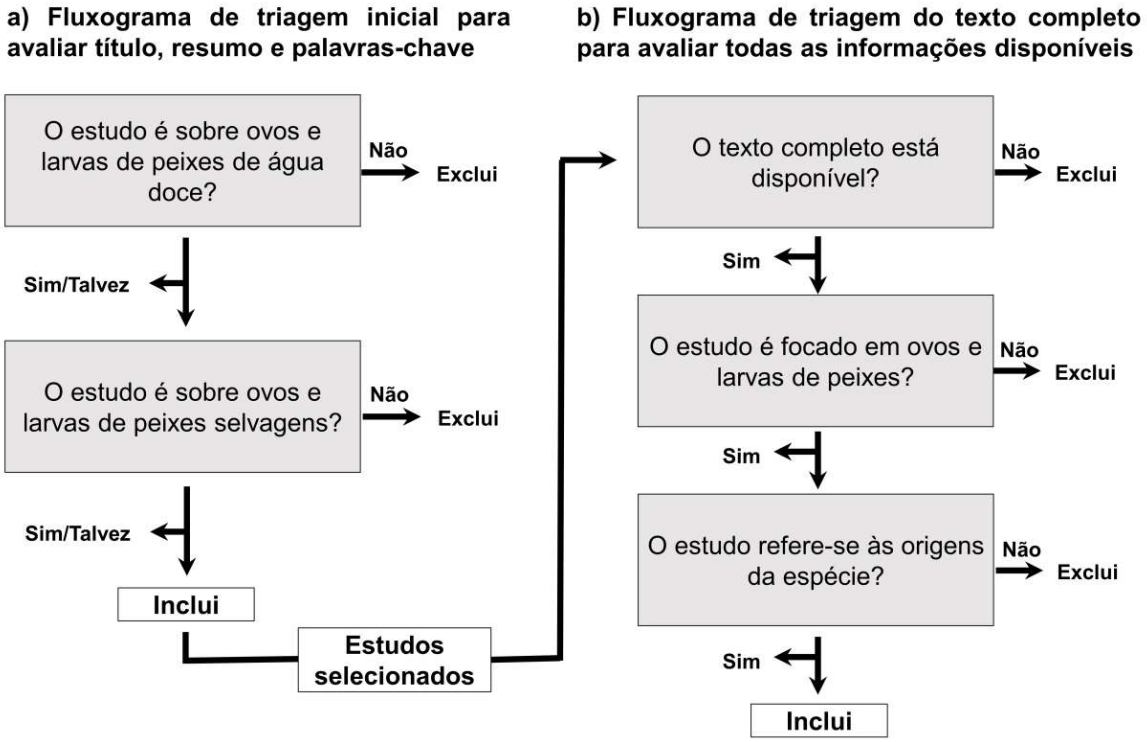

Figura 2. Árvore de decisão para a triagem dos estudos, modificado de Foo et al., (2021); a) avaliação de títulos, resumo e palavras-chave; b) avaliação do texto completo.

2.2. Coleta de dados

Após a seleção dos estudos, extraímos as seguintes informações de cada estudo: (i) os escopos (classificamos os estudos em 26, Material Suplementar 2); (ii) as coordenadas geográficas da área de estudo; (iii) os tipos de habitats estudado (riachos, rios, lagos naturais e reservatórios; alguns estudos coletaram em mais de um tipo de habitat); e (iv) as espécies (não consideramos as ocorrências de família, gênero e espécies abreviadas em: *affins* (aff.), *conferem* (cf.), *group* (gr.) no presente trabalho devido a limitação de identificação desses dados).

Para investigar a distribuição espacial dos estudos, seguimos as ecorregiões de água doce Abell *et al.*, (2008). Com base na área de cada ecorregião estudada, outras nove variáveis foram consideradas: (i) produto interno bruto; (ii) densidade populacional; (iii) densidade de estradas; (iv) índice de desenvolvimento humano; (v) grau de regulação fluvial; (vi) vazão natural do rio; (vii) volume do rio; (viii) número de usinas hidrelétricas; e (ix) número de usinas termelétricas. Selecionamos variáveis relacionadas ao desenvolvimento de infraestrutura e fatores socioeconômicos (variáveis: i a iv) porque são proxies para a produção científica de cada país (Oliveira *et al.*, 2016; Hughes *et al.*, 2021). Variáveis hidrológicas (v a vii) e o uso de recursos aquáticos (viii e ix) foram escolhidos

porque estão associados à realização de monitoramento e avaliações de impacto (Kelso & Milburn, 1979; Song *et al.*, 2019; Cataldo *et al.*, 2020). As variáveis (i) a (vii) foram extraídas do banco de dados HydroATLAS (Linke *et al.*, 2019) e expressas como valores médios para cada ecorregião. A variável viii é o número de usinas hidrelétricas construídas e em construção, extraído das bases de dados GRanD v1.3 (Lehner *et al.*, 2011) e FHReD (Zarfl *et al.*, 2015), respectivamente. Para calcular a variável ix, extraímos o número de usinas nucleares e termelétricas que usam água de sistemas de água doce para a refrigeração, obtidos da base de dados Global Power Plant (Byers *et al.*, 2021).

2.3. Análise de dados

Para abordar o primeiro tópico (*i.e.*, tendência temporal), realizamos uma padronização do número de estudos publicados dentro de um determinado ano, considerando o número de estudos que selecionamos em cada ano com a sequência de busca dessa pesquisa dividido pelo número total de estudos presentes na base *WoS* para cada ano correspondente. Esse procedimento permite avaliar a tendência nos estudos de ovos e larvas de peixes de água doce, removendo o efeito das tendências de crescimento na literatura científica global (Nabout *et al.*, 2012). Para essa análise, utilizamos somente os dados da base *WoS*, pois essa informação não está disponível para a base de dados da *Scopus*. Em seguida, realizamos uma correlação linear de *Pearson* entre o ano de publicação e a proporção de estudos publicados usando a função *cor.test* do programa R (R Core Team, 2021).

Para abordar o segundo tópico (*i.e.*, quais escopos e habitats), avaliamos o número de artigos por escopo e as respectivas frequências dentro de cada escopo. Para os habitats, calculamos o número de estudo de acordo com cada habitat (*i.e.*, riachos, rios, lagos naturais e reservatórios). Para abordar o terceiro tópico (*i.e.*, quais ecorregiões?), realizamos a interseção entre as coordenadas geográficas obtidas dos estudos com as ecorregiões por meio do pacote *sf* (Pebesma, 2018; R Core Team, 2021). Demonstramos a distribuição dos estudos por meio de um mapa realizado no QGIS (QGIS Development Team, 2019).

Para abordar o segundo tópico (*i.e.*, quais espécies e seus status de conservação?), conferimos os nomes das espécies de peixes dos ovos e/ou larvas e padronizamos para os nomes válidos de acordo com o *FishBase* (Froese & Pauly, 2021), e coletamos informações de uso humano (*i.e.*, pesca, aquicultura e pesca recreativa) para as espécies desse trabalho, por meio do pacote *rfishbase* (Boettiger, Lang & Wainwright, 2012; R Core

Team, 2021). Para as espécies de peixes que não foi possível a validação no *FishBase*, utilizamos *Eschmeyer's Catalog of Fishes* (Fricke *et al.*, 2021). Adquirimos também as informações da Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas pelo pacote *rredlist* (Chamberlain, 2020; R Core Team, 2021). Para determinar o número relativo de ovos e larvas de peixes estudados, dividimos o número de espécies encontradas nesse estudo pelo número total de espécies de peixes de água doce presente na base de dados *Eschmeyer's Catalog of Fishes* (Fricke *et al.*, 2021). Todo procedimento de manipulação de dados foi realizado por meio do conjunto de pacotes disponíveis na biblioteca *tidyverse* R (Wickham *et al.*, 2019; R Core Team, 2021).

Para investigar o quinto tópico (*i.e.*, determinantes da distribuição espacial), realizamos uma abordagem parcimoniosa para verificar possível multicolinearidade entre as variáveis preditoras (Dormann *et al.*, 2013) utilizando a função *vifcor* do pacote "*usdm*" (Silva, 2016). Essa abordagem testa a correlação entre as variáveis, excluindo entre as variáreis correlacionadas aquelas que teve maiores valores de VIF (Fator de Inflação da Variância). Consideramos como limiar de corte para correlação linear (coeficiente de correlação > |0,7|) e para Fator de Inflação da Variância - VIF < 10 (Borcard, Gillet & Legendre, 2018a). Ao final do procedimento todas as variáveis remanescentes apresentaram valores de VIFs < 5. Assim, após a seleção foram mantidas oito variáveis (área da ecorregião, produto interno bruto, densidade populacional, densidade de rodovias, grau de regulação dos rios, volume dos rios, número de usinas hidrelétricas e número de usinas termelétricas). Os valores médios das variáveis foram transformados em log (log x + 1) e raiz quadrada para diminuir a disparidade dos valores das variáveis (Zuur *et al.*, 2009).

Modelamos a relação entre número de estudos (variável resposta) e o conjunto de variáveis preditoras, por meio de Modelos Lineares Generalizados – GLM Poisson. Nesse modelo, detectamos sobredispersão e corrigimos o erro padrão utilizando o GLM Quasi-Poisson, no qual a variância é dada pela multiplicação do parâmetro de sobredispersão pela média (Zuur *et al.*, 2009). Para a validação do modelo, realizamos uma inspeção visual dos resíduos e verificamos a independência, normalidade, homoscedasticidade e linearidade; nenhum padrão foi detectado. O próximo passo foi selecionar o modelo mais explicativo em relação a nossa variável resposta. Para esse processo utilizamos a função *drop1* no R (R Core Team, 2021), com base na estatística *F* (Zuur *et al.*, 2009). Essa abordagem consiste em eliminar do modelo a variável com maior valor de *p* e reajustar o modelo com as variáveis restantes. Esse procedimento é repetido até que o modelo seja composto somente por variáveis significativas (Zuur *et al.*, 2009). Eliminamos as variáveis na seguinte ordem:

número de usinas termelétricas, produto interno bruto e grau de regulação dos rios, portanto, nosso modelo final foi composto com 5 variáveis. Para todas as análises utilizamos nível de significância $p \leq 0,05$.

3. RESULTADOS

Encontramos 5.666 estudos em potencial, destes, 2.613 e 3.053 vieram da base de dados *Web of Science* e *Scopus*, respectivamente (Figura 1). Após o refinamento permanecemos com 654 estudos publicados entre os anos de 1950 e 2020. Ao avaliar o crescimento de estudos sobre ovos e larvas de peixes de água doce ao longo dos anos (Figura 3), constatamos aumento crescente no número absoluto a partir da década de 1980, mas encontramos uma fraca tendência de aumento no número relativo de estudos no período ($r = 0,330$, $df = 47$, $P = 0,020$; Figura 3).

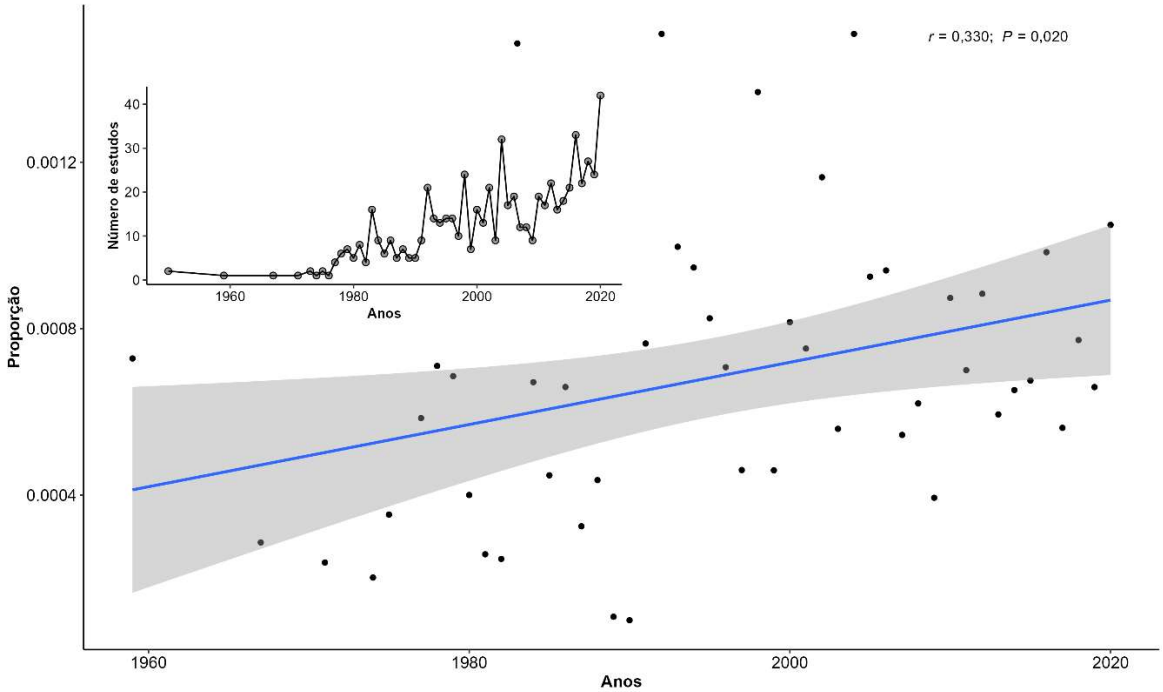

Figura 3. Tendência de crescimento anual nas publicações sobre ovos e larvas de peixes de água doce encontradas na base de dados *Web of Science* entre 1959 e 2020, representados pela proporção de estudos sobre ovos e larvas em relação ao número total de estudos publicados nessa base de dados em cada ano. O gráfico menor representa o número total de estudos sobre ovos e larvas publicados por ano entre os anos de 1950 e 2020 nas plataformas *WoS* e Scopus.

Classificamos os estudos em 26 escopos. Os 10 primeiros escopos correspondem à 78,27% dos estudos, dos quais destacamos: a influência de fatores abióticos; os aspectos espaciais; aspectos metodológicos; estrutura da comunidade; os impactos antrópicos; o uso

do habitat; a influência de fatores bióticos; ontogenia; os aspectos temporais, e os aspectos tróficos. Os demais, 16 escopos, representam 21,73% do total (Figura 4). Considerando-se os habitats, a maior parte dos estudos sobre ovos e larvas de peixes foram desenvolvidos em rios (319; 45,18%), em seguida destacou-se os lagos (169; 23,94%), reservatórios (70; 9,92%), riachos (35; 4,96%) e canais (13; 1,84%).

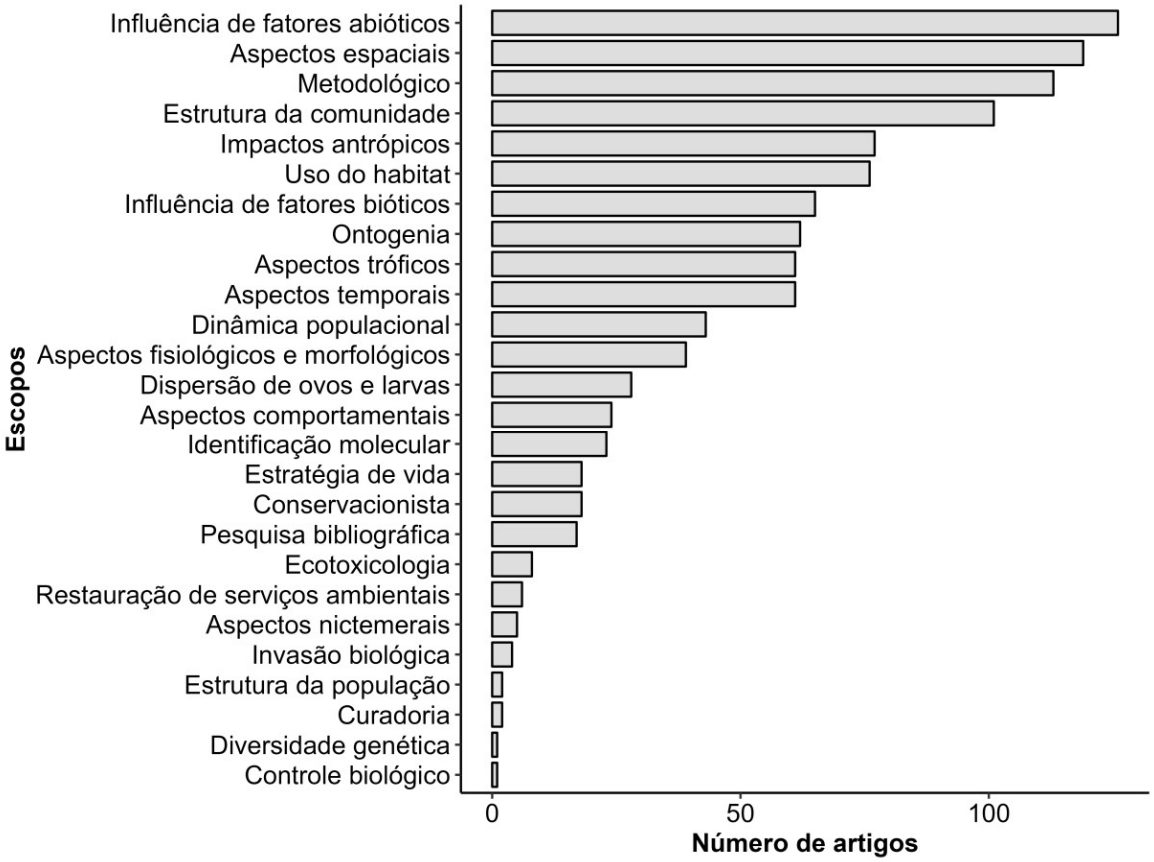

Figura 4. Número de artigos nos diferentes escopos dos estudos de ovos e larvas de peixes de água doce do mundo, publicados entre os anos de 1950 e 2020.

Encontramos estudos sobre ovos e larvas de peixes em 95 ecorregiões, correspondendo a 22,3% do total das ecorregiões (total 426, Abell *et al* 2008). Estes estudos estão concentrados nas seguintes ecorregiões: Grandes Lagos; Europe Central e Ocidental; Alto Paraná; Alto Mississipi; Teays-Old Ohio; Médio Missouri; Murray-Darling; Alto Danúbio; Baixo Paraná; e Planície do Amazonas. Essas 10 ecorregiões representam 56,95% dos estudos de ovos e larvas de peixes, enquanto as outras 88 ecorregiões representam 43,05% dos estudos (Figura 5; Material Suplementar 3).

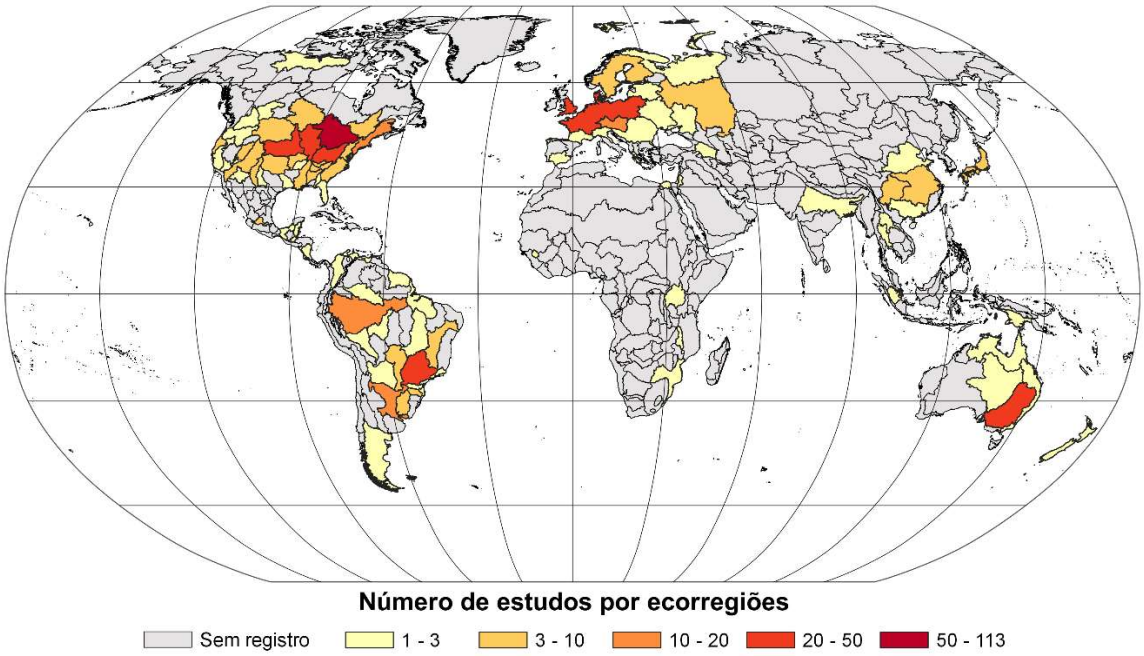

Figura 5. Distribuição espacial do número de estudos de ovos e larvas de peixes por ecorregiões de água doce do mundo publicados entre os anos de 1950 e 2020.

Encontramos 871 espécies de peixes investigadas nos estudos de ovos e larvas de peixes (aproximadamente 4,80% do número de peixes de água doce descritos), distribuídas em 122 famílias e 36 ordens (Figura 6). Essas espécies estão classificadas em seis status de ameaça de acordo com a Lista Vermelha da IUCN, e distribuídas da seguinte forma: criticamente ameaçado (CR = 9 espécies); em perigo (EN = 27 espécies); vulnerável (VU = 22 espécies); quase ameaçado (NT = 13 espécies); menos preocupante (LC = 464 espécies); dados deficientes (DD = 32 espécies); e não avaliado (NA = 304 espécies) (Figura 6).

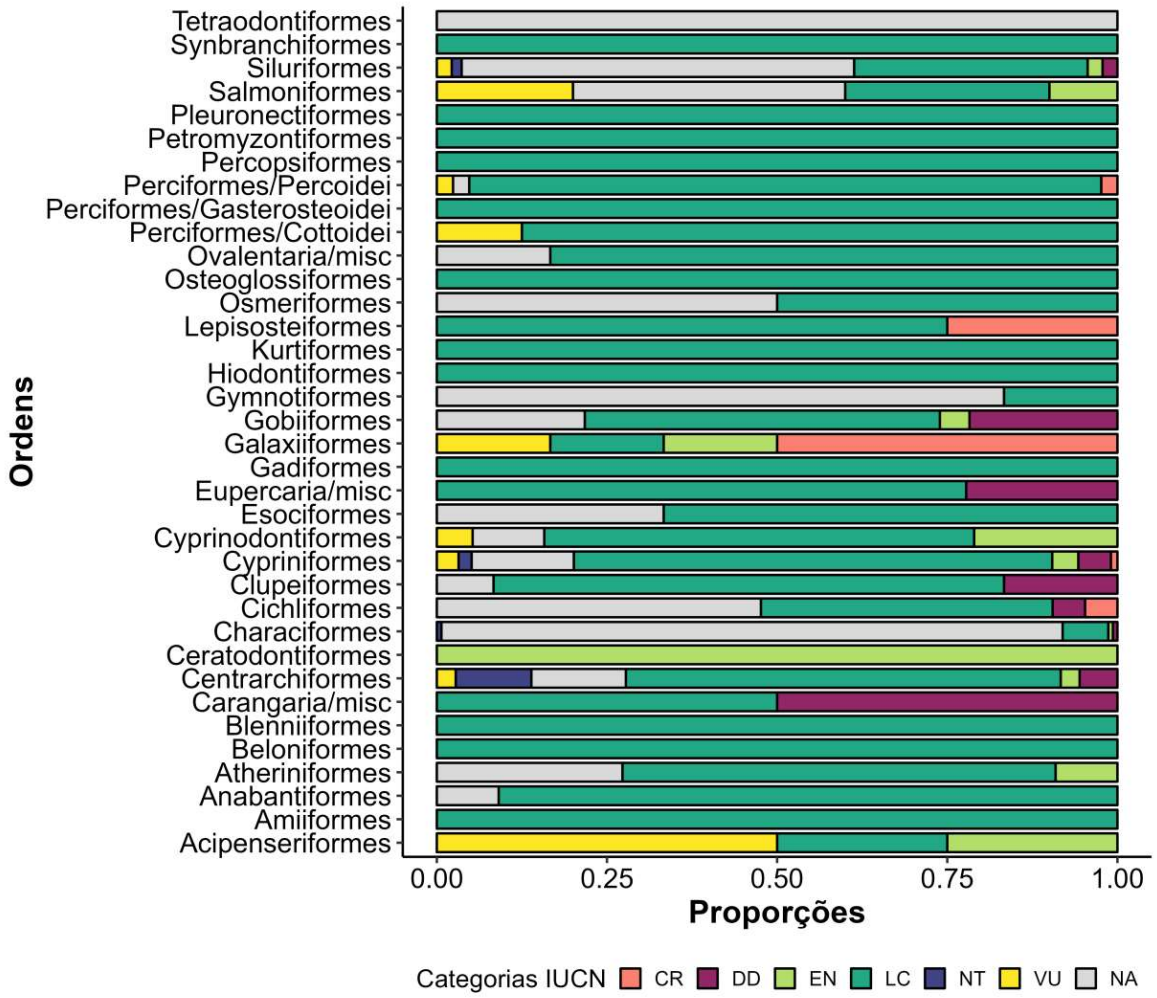

Figura 6. Status de conservação das espécies de peixes (agrupadas em Ordens) encontradas na produção científica mundial sobre ovos e larvas de água doce, publicada entre os anos de 1950 e 2020. Categorias da Lista Vermelha da IUCN: CR = Criticamente Ameaçado; DD = Dados Deficientes; EN = Em Perigo; LC = Menos Preocupante; NT = Quase Ameaçado; VU = Vulnerável; NA = Não Avaliado. A classificação das ordens foi realizada de acordo com Betancur-R et al (2017) e Froese & Pauly, (2021).

Das 871 espécies de peixes com estudos de ovos e larvas, apenas 451 estavam presentes em mais de um estudo, sendo que as 10 espécies mais estudadas foram: *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; *Perca flavescens* (Mitchill, 1814); *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758); *Catostomus commersonii* (Lacepède, 1803); *Aplodinotus grunniens* Rafinesque, 1819; *Sander vitreus* (Mitchill, 1818); *Percina caprodes* (Rafinesque, 1818); *Lepomis macrochirus* Rafinesque, 1819; *Notropis atherinoides* Rafinesque, 1818; e *Abramis brama* (Linnaeus, 1758)(Figura 7 a). Dessas 10 espécies relatadas acima, apenas a *Percina caprodes* não tem descrição de uso humano (*i.e.*, pesca, aquicultura e pesca recreativa), e em relação ao total (871) de espécies, 303 são utilizadas em pelo menos uma das categorias de uso humano. Considerando as espécies que estão nos status criticamente ameaçado e em

perigo, encontramos 36 espécies, onde as 10 primeiras espécies estavam presentes em 2 a 6 estudos (Figura 7 b). As outras 26 espécies desses status de ameaça tiveram de um a dois estudos para cada espécie (Figura 7 b).

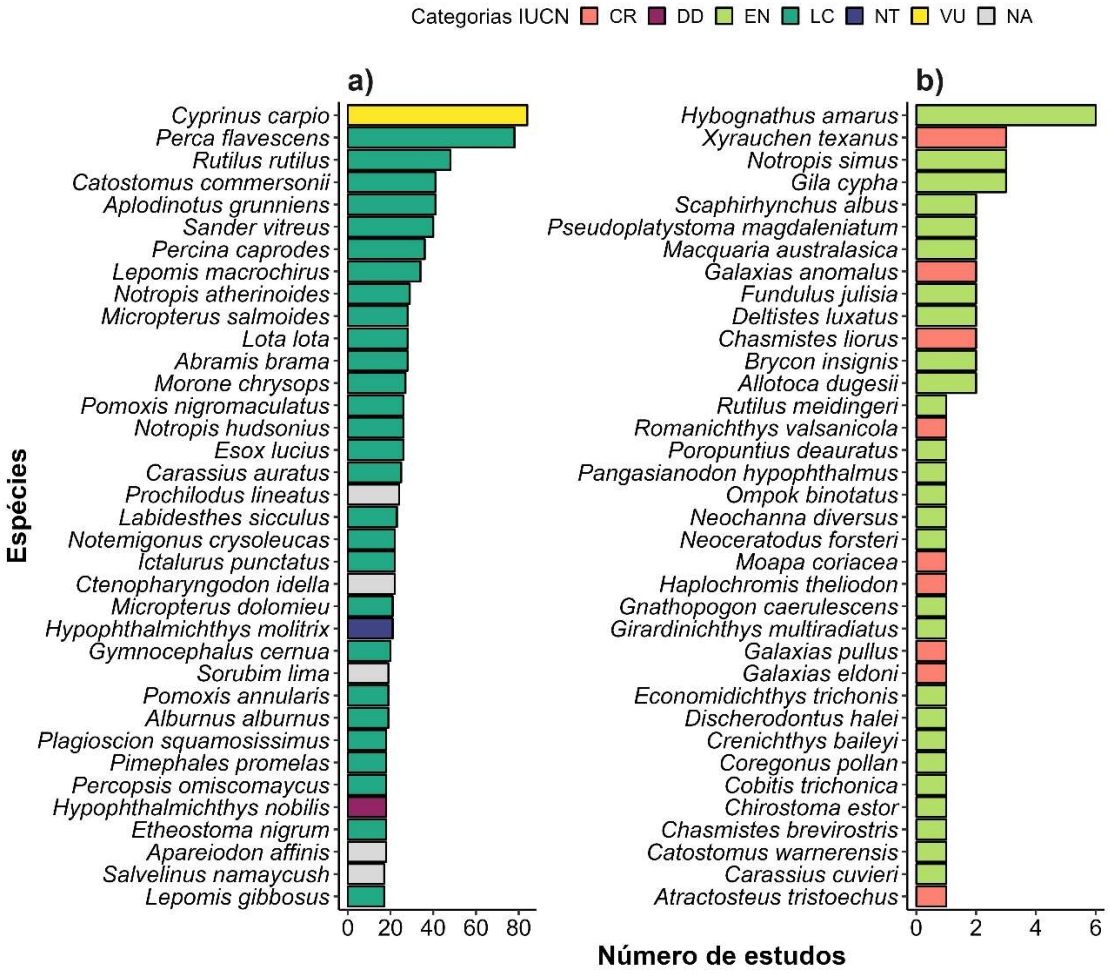

Figura 7. Espécies de peixes encontradas na produção científica mundial sobre ovos e larvas de peixes de água doce entre os anos de 1950 e 2020. a) Os ovos e larvas de peixes mais estudados e suas respectivas categorias de ameaça; b) Os ovos e larvas de peixes estudados nas categorias de ameaças "em perigo" e "criticamente ameaçado". Categorias da Lista Vermelha da IUCN: CR = Criticamente Ameaçado; EN = Em Perigo; LC = Menos Preocupante; NT = Quase Ameaçado; VU = Vulnerável e NA = Não Avaliado.

A área das ecorregiões, a densidade de rodovias, volume dos rios e número de usinas hidrelétricas foram os fatores que afetaram positivamente o número de estudos sobre ovos e larvas de peixes de água doce, enquanto a densidade populacional afetou negativamente o número de estudos sobre ovos e larvas de peixes de água doce (Tabela 1). Esse modelo explicou 45,27% da variação dos dados em relação ao número de estudos sobre ovos e larvas de peixes nas ecorregiões.

Tabela 1. Variáveis selecionadas pelos Modelos Lineares Generalizados Quasi-Poisson que avaliaram a resposta do número de estudos sobre ovos e larvas de peixes nas ecorregiões de água doce ao conjunto de variáveis preditoras. As transformações das variáveis estão representadas por log (logaritmo) e sqrt (raiz quadrada).

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	Valor de T	Pr (>|t|)
Intercepto	-8,595	2,185	-3,934	0,000165
log (área da ecorregião)	0,593	0,166	3,561	0,000596
sqrt (densidade populacional)	-0,128	0,036	-3,509	0,000707
sqrt (densidade de rodovias)	0,080	0,023	3,436	0,000899
sqrt (volume dos rios)	0,057	0,020	2,802	0,006230
log (número de usinas hidrelétricas + 1)	0,467	0,136	3,437	0,000895

4. DISCUSSÃO

Este estudo sintetizou o estado-da-arte na produção científica mundial sobre ovos e larvas de peixes de água doce, fornecendo uma visão geral abrangente sobre tendências temporais, escopo de pesquisa, ecorregiões e espécies investigadas (Figuras 3-5). Os resultados indicaram profundas lacunas taxonômicas, geográficas, ecológicas e ambientais, especialmente considerando o baixo número de ecorregiões e espécies registradas - apenas 4,8% de todos os peixes de água doce atualmente descritos. Essa situação revela que a pesquisa de ovos e larvas de peixes de água doce está associada a importantes lacunas de dados, especialmente nos campos Linneano, Raunkiæriano, Wallaceano e Hutchinsoniano, exigindo muito mais esforço e coordenação de pesquisa para minimizar as lacunas e os vieses atuais. É uma questão preocupante, pois a pesquisa em ovos e larvas é um campo básico na biologia de peixes, altamente relevante para o manejo de pesca e planos de conservação.

4.1. Tendências temporais na produção científica global

Nossos resultados demonstram que entre 1959 e 2020 houve aumento consistente no número de estudos, porém com fraca tendência se controlado pelo crescimento da produção científica mundial, indicando modesto crescimento dessa área em específico. Essa tendência de crescimento foi demonstrada em um estudo anterior (Cruz, Affonso & Gomes, 2016) e em diversos estudos para outras áreas do conhecimento, incluindo peixes (Junqueira, Magnago & Pompeu, 2020; Pereira *et al.*, 2020; Lima, De Marco Júnior & Lima-Junior, 2021). Um dos fatores que podem explicar essa fraca tendência de crescimento específico da área são os obstáculos para a condução de pesquisas, com

destaque para a necessidade de equipamentos de campo e laboratório, logística complexa de amostragem, e dificuldades na identificação de ovos e larvas (Ahlstrom & Moser, 1976). Consequentemente, tais estudos são naturalmente demorados e caros, exigindo treinamento de pessoal especializado (Harada & Burton, 2017; Fritts *et al.*, 2018). Esses fatores se agravam em países com baixo desenvolvimento socioeconômico (Holmgren & Schnitzer, 2004), os quais concentram alta diversidade de espécies (*e.g.*, Neotrópicos e Afrotrópicos) (Fisher & Christopher, 2007), contribuindo para agravar lacunas de conhecimento da biodiversidade, especialmente a Hutchinsoniana.

4.2. O escopo e os tipos de habitats investigados

Ao avaliarmos os escopos mais frequentes, percebemos que a maioria dos estudos abordaram questões que visam compreender fatores relacionados à biologia básica de ovos e larvas de peixes, por exemplo, as áreas de desova e o recrutamento (Pritt *et al.*, 2015). Questões relacionadas à distribuição temporal e espacial dos ovos e larvas de peixes (Stuart & Sharpe, 2020) são importantes, pois podem servir como indicador de recrutamento para peixes comercialmente importantes na pesca (Nash & Dickey-Collas, 2005; Able *et al.*, 2011), ou apontar a presença de espécies exóticas (Larson *et al.*, 2017). Possibilitam também estabelecer áreas de vida e exigências espaciais das espécies, como o trecho que os ovos precisam ser transportados até os criadouros, um ponto que representa grande lacuna de conhecimento ecológico (Stuart & Sharpe, 2020). Também encontramos um número de estudos considerável avaliando a influência de impactos antrópicos sobre ovos e larvas de peixes, com destaque aos impactos relacionados aos empreendimentos de usinas hidrelétricas. A construção de barragens provoca a perda de áreas de desova e crescimento, com o declínio tanto na densidade de larvas quanto no número de táxons (Sanches *et al.*, 2006; Song *et al.*, 2019), com efeito negativo direto nos estoques pesqueiros. Dessa forma, estudos têm abordado os impactos desses empreendimentos para que medidas mitigadoras possam ser implementadas (Silva *et al.*, 2019; Vasconcelos *et al.*, 2021b). Vale destacar que milhões de pessoas dependem diretamente da prática pesqueira para a sua sobrevivência (Hoeinghaus *et al.*, 2009; Winemiller *et al.*, 2016; Leite Lima *et al.*, 2020), exemplificando a importância de se entender o recrutamento dos peixes.

Encontramos também muitas pesquisas com caráter descritivo, como no caso dos estudos sobre ontogenia, essenciais para a identificação morfológica e taxonômica dos ovos e larvas de peixes. Aqui, precisamos considerar que, apesar da importância desses estudos básicos, boa parte é publicada em revistas com baixo fator de impacto, e

consequentemente, com baixa audiência na comunidade científica. Além disso, esses estudos são escassos e limitados a poucas espécies, muitas de interesse comercial, devido a maior facilidade de obtenção de material biológico em criadouros (Nakatani *et al.*, 2001; Reynalte-Tataje *et al.*, 2020). Essa limitação está relacionada a dificuldade de se obter dados morfológicos, em laboratório, de todas as fases de desenvolvimento dos ovos e larvas de peixes a partir de espécimes coletados em campo; outros fatores a mencionar incluem o grande número de espécies similares durante a ontogênese, a falta de especialistas nessa área e a falta de recursos para essas pesquisas (Reynalte-Tataje *et al.*, 2020). Alguns escopos foram pouco pesquisados, e dois deles tiveram apenas um estudo, sendo o uso de larvas de peixes para controle biológico (Siau *et al.*, 1992) e diversidade genética (Turner, 2001). Portanto, é necessário desenvolver mais estudos abordando questões ainda ignoradas, além de direcionar esforços para o desenvolvimento de estudos básicos de ontogenia e identificação, considerando que a maior parte das espécies ainda não teve suas fases iniciais de desenvolvimento descritas.

Ao avaliarmos os habitats comumente estudados, percebemos que a maioria dos estudos foram desenvolvidos em rios e lagos. Um dos fatores que pode estar relacionado a esse viés é o fato de rios serem ambientes predominantes no planeta, enquanto lagos são ambientes comuns no hemisfério norte, regiões que concentraram muitos estudos. Além disso, os rios são os ambientes naturais de peixes migradores, espécies importantes para a pesca comercial/recreativa, sendo também as mais ameaçadas (Hoeinghaus *et al.*, 2009; Leite Lima *et al.*, 2020; Deinet *et al.*, 2020). Ao mesmo tempo, esses ambientes são os mais explorados como fontes de recursos de energia elétrica (Zarfl *et al.*, 2015), o que gera oportunidade para estudos de ovos e larvas de peixes. Além dos rios, os lagos também desempenham um papel importante na segurança alimentar e econômica (Cowx & Ogutu-Owhayo, 2019), como exemplos, podemos citar os Grandes Lagos da América do Norte que proporcionam a pesca comercial/recreativa (Jude & Pappas, 1992; Melstrom & Lupi, 2013), e os lagos da África, que proporcionam a subsistência para mais de 50 milhões de pessoas (Cowx & Ogutu-Owhayo, 2019). Encontramos poucos estudos em riachos, o que pode estar relacionado a esses ambientes serem ocupados principalmente por espécies de peixes de pequeno porte e com pouco interesse comercial (Angermeier & Karr, 1983). É preciso, entretanto, aumentar o esforço de pesquisa nesses ambientes, pois abrigam uma grande diversidade de peixes de água doce (Albert, Tagliacollo & Dagosta, 2020).

4.3. A distribuição espacial dos estudos

A distribuição biogeográfica dos estudos sobre ovos e larvas de peixes mostrou que estes estão restritos a poucas ecorregiões, apenas 95 ecorregiões das 426 existentes (Abell *et al.*, 2008). Observamos que a produção científica nas ecorregiões segue o padrão de desenvolvimento econômico dos países (Holmgren & Schnitzer, 2004; Kummu, Taka & Guillaume, 2018). Destacando-se, a América do Norte com mais ecorregiões estudadas e número de estudos, enquanto a África e Ásia foram menos estudadas. Nesse contexto, reconhecemos que a governança de cada país é diferente e isso também pode influenciar no baixo número ou ausência de estudos em algumas ecorregiões (Smith *et al.*, 2003), uma tendência muito dependente por políticas de desenvolvimento científico. Deve-se considerar também a possibilidade de que estudos em países em desenvolvimento estejam publicados em revistas locais sem indexação, já que estudos básicos de ovos e larvas de peixes são simples e tem caráter descritivo, usualmente rejeitados em revistas internacionais. Futuras sínteses precisam considerar a existência de tais estudos, bem como a literatura cinza. De qualquer maneira, é interessante que se faça cooperação de esforço de pesquisa em escala mundial nas ecorregiões com lacunas de estudo, para que se possa minimizar esse viés biogeográfico.

4.4. Espécies de peixes contempladas e seu respectivo status de conservação

O número de espécies de peixes com estudos de ovos e larvas (871) foi muito baixo quando comparado ao número de espécies de peixes de água doce descritas (18.159 espécies; Fricke et al., 2021), correspondendo apenas 4,80%. Esse baixo número de espécies identificadas pode estar relacionado à dificuldade de identificar morfologicamente os ovos e as larvas (Gleason & Burton, 2012), visto que muitos estudos trataram os táxons em nível de Família e Ordem. Uma alternativa é realizar a identificação por meio de métodos moleculares (Cheng *et al.*, 2013; Frantine-Silva *et al.*, 2015; Almeida *et al.*, 2018). No entanto, essas abordagens são caras, e necessitam de suporte de órgãos de fomento para custeio e formação de recursos humanos. Infelizmente, trata-se de um suporte difícil de ser alcançado em curto prazo, especialmente em países em desenvolvimento, haja vista as limitações de pesquisa e os cortes de investimento em pesquisas recentes, caso do Brasil (*e.g.* Escobar, 2019; Martelli-Júnior et al., 2019). Nesse cenário, buscar a cooperação entre setor público-privado e agências internacionais de pesquisas é fundamental para enfrentar essas barreiras. Deve-se considerar que muitas das espécies de peixes investigadas em estudos sobre ovos e larvas não tiveram seu respectivo

status de conservação avaliado na Lista Vermelha da IUCN, ou estão classificadas em dados deficientes. Essa situação demonstra a falta de informação sobre dados taxonômicos, distribuição, ecologia, história de vida, ameaças e tendências populacionais, conhecimentos necessários para as avaliações da lista vermelha (Bland *et al.*, 2017; Hochkirch *et al.*, 2021). Em contexto geral, aproximadamente 60% das espécies de peixes de água doce foram avaliadas pela IUCN (https://www.iucnredlist.org/), e dessas espécies, mais de 20% estão classificadas em dados deficientes (Hochkirch *et al.*, 2021). A ausência desse tipo de informação gera incerteza sobre o risco de extinção das espécies, as quais não são priorizadas em ações conservacionistas (Stephenson & Stengel, 2020; Hochkirch *et al.*, 2021). Diante desse cenário, estudos sobre ovos e larvas de peixes poderiam preencher lacunas importantes, por exemplo, fornecendo dados sobre atividade reprodutiva, distribuição de espécies e necessidades de habitat.

4.5. Fatores associados à distribuição espacial dos estudos

Alguns fatores parecem se relacionar com o número de estudos nas ecorregiões, o que ajuda a entender os drivers associados com tendências e lacunas de conhecimento. A relação negativa com a densidade populacional não era esperada, pois é contrária ao padrão observado na literatura, no qual áreas como maiores densidades populacionais geralmente são mais estudadas (Freitag *et al.*, 1998; Colli *et al.*, 2016; Oliveira *et al.*, 2016). Uma possível explicação para essa relação negativa se deve ao fato de muitas ecorregiões que tiveram poucos estudos estarem localizadas em regiões com alta densidade populacional, como a região Asiática (China, Índia e Japão) e a ecorregião Delta do Nilo no continente Africano (CIESIN, 2016). Já as relações positivas seguem padrões da literatura. A correlação com o tamanho da área de uma ecorregião pode estar ligada ao volume dos rios. Além disso, áreas com maiores acessibilidades, como próximas as rodovias são mais estudadas (Oliveira *et al.*, 2016; Hughes *et al.*, 2021). Por outro lado, a expansão dos empreendimentos hidrelétricos e seus impactos (Winemiller *et al.*, 2016; Dias *et al.*, 2021) tem atraído a atenção dos pesquisadores e disponibilizado recursos financeiros (Pereira *et al.*, 2020). Esse fato também pode explicar a relação dos estudos com o volume dos rios, uma vez que empreendimentos hidrelétricos de grande capacidade são comumente instalados em rios com alta capacidade de geração de energia (Zarfl *et al.*, 2015). Esse achado permite inferir um crescimento na produção científica sobre ovos e larvas de peixes nos próximos anos, acompanhando o crescimento dos empreendimentos hidrelétricos previstos (Winemiller *et al.*, 2016) – embora seja habitual que parte desses dados tenha sua

divulgação restrita ou fique limitado à literatura cinza. Dessa forma, embora a avaliação dos impactos causados por esses empreendimentos deva gerar importante informação sobre o assunto, é fundamental que os agentes responsáveis se esforcem em divulgar os resultados obtidos em revistas de prestígio científico.

4.6. Limitações

Este estudo é baseado em dados coletados de duas principais bases de dados científicas (*i.e.*, *Web of Science* e Scopus), que juntas indexam os principais periódicos científicos do mundo (Zhu & Liu, 2020). Os resultados, portanto, baseiam-se na literatura publicada em língua inglesa. Esse fato pode subestimar a contribuição de estudos de ovos e larvas de peixes de água doce de países em desenvolvimento, que eventualmente são publicados em periódicos locais. A atual expansão de projetos hidrelétricos em países em desenvolvimento, por exemplo, provavelmente está associada à existência de literatura local publicada em periódicos locais (por exemplo, em chinês, português ou espanhol). Portanto, embora tenhamos obtido uma amostra representativa de estudos de ovos e larvas de peixes de água doce publicados nos principais periódicos científicos, informações consideráveis podem existir fora desse domínio. A inclusão dessas informações alteraria nossa avaliação sobre deficiências e lacunas de dados, e futuras sínteses devem considerar esses estudos, bem como literatura cinza publicada em idiomas não ingleses. Isso pode ser alcançado envolvendo falantes nativos dos principais idiomas ou integrando o uso de ferramentas de tradução automática (Chowdhury *et al.*, 2022).

5. CONCLUSÃO

Este estudo forneceu uma visão global da produção científica sobre ovos e larvas de peixes de água doce, abordando tópicos-chave desta importante área de pesquisa. Em geral, identificamos vieses e lacunas substanciais relacionados a várias deficiências de dados, ou seja, Linneana, Wallaceana, Eltoniana, Raunkiærana e a Hutchinsoniana. Poucas espécies foram estudadas até o momento, e a identificação de ovos e larvas em nível de espécie representa uma importante restrição técnica. Além disso, o esforço de pesquisa tem sido tendencioso em relação a algumas ecorregiões, indicando que a pesquisa futura deve dedicar atenção a questões básicas (ou seja, ontogenia) e cobrir diferentes ecorregiões do mundo. Será necessário coordenação nacional e internacional para aumentar o esforço de pesquisa e preencher lacunas específicas de conhecimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abell R., Thieme M.L., Revenga C., Bryer M., Kottelat M., Bogutskaya N., *et al.* (2008). Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience* **58**, 403–414. https://doi.org/10.1641/B580507

Able K.W., Sullivan M.C., Hare J.A., Bath-Martin G., Taylor J.C. & Hagan R. (2011). Larval abundance of summer flounder (*Paralichthys dentatus*) as a measure of recruitment and stock status. *Fishery Bulletin* **109**, 68–78

Ahlstrom E.H. & Moser H.G. (1976). Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations in fisheries. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes* **40**, 379–398

Albert J.S., Tagliacollo V.A. & Dagosta F. (2020). Diversification of neotropical freshwater fishes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **51**, 27–53. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-011620-031032

Almeida F.S., Frantine-Silva W., Lima S.C., Garcia D.A.Z. & Orsi M.L. (2018). DNA barcoding as a useful tool for identifying non-native species of freshwater ichthyoplankton in the neotropics. *Hydrobiologia* **817**, 111–119. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3443-5

Almeida T.C., Tessarolo G., Nabout J.C. & Teresa F.B. (2021). Non-stationary drivers on fish sampling efforts in Brazilian freshwaters. *Diversity and Distributions* **27**, 1224–1234. https://doi.org/10.1111/DDI.13269

Angermeier P.L. & Karr J.R. (1983). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes* **9**, 117–135. https://doi.org/10.1007/BF00690857

Betancur-R R., Wiley E.O., Arratia G., Acero A., Bailly N., Miya M., *et al.* (2017). Phylogenetic classification of bony fishes. *BMC Evolutionary Biology* **17**, 162. https://doi.org/10.1186/s12862-017-0958-3

Bland L.M., Bielby J., Kearney S., Orme C.D.L., Watson J.E.M. & Collen B. (2017). Toward reassessing data-deficient species. *Conservation Biology* **31**, 531–539. https://doi.org/10.1111/COBI.12850

Boettiger C., Lang D.T. & Wainwright P.C. (2012). rfishbase: exploring, manipulating and visualizing FishBase data from R. *Journal of Fish Biology* **81**, 2030–2039. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03464.x

Byers L., Friedrich J., Hennig R., Kressig A., Li X., Valeri L.M., *et al.* (2021). A global database of power plants

Cataldo D., Gattás F., Leites V., Bordet F. & Paolucci E. (2020). Impact of a hydroelectric power plant on migratory fishes in the Uruguay River. *River Research and Applications* **36**, 1598–1611. https://doi.org/10.1002/rra.3670

Chamberlain S. (2020). rredlist: "IUCN" Red List Client

Cheng F., Li W., Wu Q.J., Murphy B.R. & Xie S.G. (2013). MOTU analysis of ichthyoplankton biodiversity in the upper Yangtze River, China. *Journal of Applied Ichthyology* **29**, 872–876. https://doi.org/10.1111/JAI.12207

Chowdhury S., Gonzalez K., Aytekin M.Ç.K., Baek S., Bełcik M., Bertolino S., *et al.* (2022). Growth of non-English-language literature on biodiversity conservation. *Conservation Biology* **36**, 1–11. https://doi.org/10.1111/cobi.13883

CIESIN (2016). Center for International Earth Science Information Network (CIESIN) & NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). *Gridded Population of the World, Version 4 (GPWv4): Population Count and Density*

Colli G.R., Fenker J., Tedeschi L.G., Barreto-Lima A.F., Mott T. & Ribeiro S.L.B. (2016). In the depths of obscurity: Knowledge gaps and extinction risk of Brazilian worm lizards (Squamata, Amphisbaenidae). *Biological Conservation* **204**, 51–62. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.07.033

Cowx I.G. & Ogutu-Owhayo R. (2019). Towards sustainable fisheries and aquaculture management in the African Great Lakes. *Fisheries Management and Ecology* **26**, 397–405. https://doi.org/10.1111/fme.12391

Cruz P.R., Affonso I. de P. & Gomes L.C. (2016). Ecologia de ictioplâncton: uma abordagem cienciométrica. *Oecologia Australis* **20**, 436–450. https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2004.04

Deinet S., Scott-Gatty K., Rotton H., Twardek W.M., Marconi V., McRae L., *et al.* (2020). *The Living Planet Index (LPI) for migratory freshwater fish: Technical Report*. World Fish Migration Foundation.

Dias R.M., Oliveira A.G. de, Baumgartner M.T., Angulo-Valencia M.A. & Agostinho A.A. (2021). Functional erosion and trait loss in fish assemblages from Neotropical reservoirs: The man beyond the environment. *Fish and Fisheries* **22**, 377–390. https://doi.org/10.1111/FAF.12524

Dormann C.F., Elith J., Bacher S., Buchmann C., Carl G., Carré G., *et al.* (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating

their performance. *Ecography* **36**, 027–046. https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x

Dudgeon D. (2019). Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology* **29**, R960–R967. https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.08.002

Escobar H. (2019). Brazilian scientists lament 'freeze' on research budget. *Science* **364**, 111. https://doi.org/10.1126/science.364.6436.111

Fisher B. & Christopher T. (2007). Poverty and biodiversity: measuring the overlap of human poverty and the biodiversity hotspots. *Ecological Economics* **62**, 93–101. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.05.020

Foley C.J., Bradley D.L. & Höök T.O. (2016). A review and assessment of the potential use of RNA: DNA ratios to assess the condition of entrained fish larvae. *Ecological Indicators* **60**, 346–357. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.07.005

Foo Y.Z., O'Dea R.E., Koricheva J., Nakagawa S. & Lagisz M. (2021). A practical guide to question formation, systematic searching and study screening for literature reviews in ecology and evolution. *Methods in Ecology and Evolution* **12**, 1705–1720. https://doi.org/10.1111/2041-210X.13654

Frantine-Silva W., Sofia S.H., Orsi M.L. & Almeida F.S. (2015). DNA barcoding of freshwater ichthyoplankton in the Neotropics as a tool for ecological monitoring. *Molecular Ecology Resources* **15**, 1226–1237. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12385

Freitag S., Hobson C., Biggs H.C. & van Jaarsveld A.S. (1998). Testing for potential survey bias: the effect of roads, urban areas and nature reserves on a southern African mammal data set. *Animal Conservation* **1**, 119–127. https://doi.org/10.1017/S1367943098000067

Fricke R., Eschmeyer W.N. & Van der Laan R. (2021). Eschmeyer's Catalog of Fishes: genera, species, references. *Electronic version accessed*

Fritts A.K., Knights B.C., Larson J.H., Amberg J.J., Merkes C.M., Tajjioui T., *et al.* (2018). Development of a quantitative PCR method for screening ichthyoplankton samples for bigheaded carps. *Biological Invasions* **21**, 1143–1153. https://doi.org/10.1007/S10530-018-1887-9

Froese R. & Pauly D. (2021). Fishbase. *World Wide Web electronic publication*

Gleason L.U. & Burton R.S. (2012). High-throughput molecular identification of fish eggs using multiplex suspension bead arrays. *Molecular Ecology Resources* **12**, 57–66. https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2011.03059.x

Harada A.E. & Burton R.S. (2017). Standing out from the crowd: Spotting your targets in a mixed plankton sample. *Molecular Ecology Resources* **17**, 1105–1107. https://doi.org/10.1111/1755-0998.12730

Heberling J.M., Miller J.T., Noesgaard D., Weingart S.B. & Schigel D. (2021). Data integration enables global biodiversity synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **118**, 1–7. https://doi.org/10.1073/pnas.2018093118

Hochkirch A., Samways M.J., Gerlach J., Böhm M., Williams P., Cardoso P., *et al.* (2021). A strategy for the next decade to address data deficiency in neglected biodiversity. *Conservation Biology* **35**, 502–509. https://doi.org/10.1111/cobi.13589

Hoeinghaus D.J., Agostinho A.A., Gomes L.C., Pelicice F.M., Okada E.K., Latini J.D., *et al.* (2009). Effects of river impoundment on ecosystem services of large tropical rivers: embodied energy and market value of artisanal fisheries. *Conservation Biology* **23**, 1222–1231. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01248.x

Holmgren M. & Schnitzer S.A. (2004). Science on the Rise in Developing Countries. *PLoS Biology* **2**, e1. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020001

Hortal J., de Bello F., Diniz-Filho J.A.F., Lewinsohn T.M., Lobo J.M. & Ladle R.J. (2015). Seven Shortfalls that Beset Large-Scale Knowledge of Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **46**, 523–549. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-112414-054400

Hughes A.C., Orr M.C., Ma K., Costello M.J., Waller J., Provoost P., *et al.* (2021). Sampling biases shape our view of the natural world. *Ecography* **44**, 1259–1269. https://doi.org/10.1111/ecog.05926

Jude D.J. & Pappas J. (1992). Fish Utilization of Great Lakes Coastal Wetlands. *Journal of Great Lakes Research* **18**, 651–672. https://doi.org/10.1016/S0380-1330(92)71328-8

Júnior H.M., Martelli D.R., Silva A.C.S. e, Oliveira M.C.L. & Oliveira E.A. (2019). Brazil's endangered postgraduate system. *Science* **363**, 239–240. https://doi.org/10.1126/science.aav9015

Junqueira N.T., Magnago L.F. & Pompeu P.S. (2020). Assessing fish sampling effort in studies of Brazilian streams. *Scientometrics* **123**, 841–860. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03418-4

Kelso J.R.M. & Milburn G.S. (1979). Entrainment and impingement of fish by power plants in the Great Lakes which use the once-through cooling process. *Journal of Great Lakes Research* **5**, 182–194. https://doi.org/10.1016/S0380-1330(79)72145-9

Kummu M., Taka M. & Guillaume J.H.A. (2018). Gridded global datasets for Gross

Domestic Product and Human Development Index over 1990–2015. *Scientific Data* **5**, 1–15. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.4

Lajeunesse M.J. (2016). Facilitating systematic reviews, data extraction and meta-analysis with the metagear package for r. *Methods in Ecology and Evolution* **7**, 323–330. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12472

Larson J.H., Knights B.C., McCalla S.G., Monroe E., Tuttle-Lau M., Chapman D.C., *et al.* (2017). Evidence of Asian Carp Spawning Upstream of a Key Choke Point in the Mississippi River. *North American Journal of Fisheries Management* **37**, 903–919. https://doi.org/10.1080/02755947.2017.1327901

Lehner B., Liermann C.R., Revenga C., Vörösmarty C., Fekete B., Crouzet P., *et al.* (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. *Frontiers in Ecology and the Environment* **9**, 494–502. https://doi.org/10.1890/100125

Leite Lima M.A., Rosa Carvalho A., Alexandre Nunes M., Angelini R. & Rodrigues da Costa Doria C. (2020). Declining fisheries and increasing prices: The economic cost of tropical rivers impoundment. *Fisheries Research* **221**, 105399. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105399

Lévêque C., Oberdorff T., Paugy D., Stiassny M.L.J. & Tedesco P.A. (2008). Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* **595**, 545–567. https://doi.org/10.1007/s10750-007-9034-0

Li K., Rollins J. & Yan E. (2018). Web of Science use in published research and review papers 1997–2017: a selective, dynamic, cross-domain, content-based analysis. *Scientometrics* **115**, 1–20. https://doi.org/10.1007/s11192-017-2622-5

Lima L.B., De Marco Júnior P. & Lima-Junior D.P. (2021). Trends and gaps in studies of stream-dwelling fish in Brazil. *Hydrobiologia* **848**, 3955–3968. https://doi.org/10.1007/S10750-021-04616-8

Linke S., Lehner B., Ouellet Dallaire C., Ariwi J., Grill G., Anand M., *et al.* (2019). Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution. *Scientific Data* **6**, 1–15. https://doi.org/10.1038/s41597-019-0300-6

Lopes J. de M., Alves C.B.M., Peressin A. & Pompeu P.S. (2021). Dazed and confused: Behavioural constraints impose major challenges to fish passage in the neotropics. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **31**, 3403–3415. https://doi.org/10.1002/aqc.3716

Melstrom R.T. & Lupi F. (2013). Valuing Recreational Fishing in the Great Lakes. *North*

American Journal of Fisheries Management **33**, 1184–1193. https://doi.org/10.1080/02755947.2013.835293

Meyer C., Kreft H., Guralnick R. & Jetz W. (2015). Global priorities for an effective information basis of biodiversity distributions. *Nature Communications* **6**, 1–8. https://doi.org/10.1038/ncomms9221

Moerman D.E. & Estabrook G.F. (2006). The botanist effect: counties with maximal species richness tend to be home to universities and botanists. *Journal of Biogeography* **33**, 1969–1974. https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01549.x

Moher D., Liberati A., Tetzlaff J. & Altman D.G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Medicine* **6**, e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Mora C., Tittensor D.P., Adl S., Simpson A.G.B. & Worm B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology* **9**, e1001127. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127

Nabout J.C., Carvalho P., Prado M.U., Borges P.P., Machado K.B., Haddad K.B., *et al.* (2012). Trends and biases in global climate change literature. *Natureza & Conservação* **10**, 45–51. https://doi.org/10.4322/natcon.2012.008

Nakatani K., Agostinho A.A., Baumgartner G., Bialetzki A., Sanches P. V., Makrakis M.C., *et al.* (2001). *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Eduem, Maringá.

Nash R.D.M. & Dickey-Collas M. (2005). The influence of life history dynamics and environment on the determination of year class strength in North Sea herring (*Clupea harengus* L.). *Fisheries Oceanography* **14**, 279–291. https://doi.org/10.1111/J.1365-2419.2005.00336.X

Oliveira U., Paglia A.P., Brescovit A.D., de Carvalho C.J.B., Silva D.P., Rezende D.T., *et al.* (2016). The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions* **22**, 1232–1244. https://doi.org/10.1111/ddi.12489

Pavlov D.S., Mikheev V.N. & Kostin V. V. (2020). Migrations of young fish in regulated rivers: effects of ecological filters (review). *Inland Water Biology* **13**, 262–272. https://doi.org/10.1134/S1995082920020108

Pebesma E. (2018). Simple features for R: standardized support for spatial vector data. *The R Journal* **10**, 439. https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009

Pereira H.R., Gomes L.F., Barbosa H. de O., Pelicice F.M., Nabout J.C., Teresa F.B., *et al.*

(2020). Research on dams and fishes: determinants, directions, and gaps in the world scientific production. *Hydrobiologia* **847**, 579–592. https://doi.org/10.1007/s10750-019-04122-y

Pessanha A.L.M. & Araújo F.G. (2014). Shifts of the feeding niche along the size dimension of three juvenile fish species in a tidal mudflat in southeastern Brazil. *Marine Biology* **161**, 543–550. https://doi.org/10.1007/s00227-013-2356-8

Pritt J.J., Roseman E.F., Ross J.E. & DeBruyne R.L. (2015). Using larval fish community structure to guide long-term monitoring of fish spawning activity. *North American Journal of Fisheries Management* **35**, 241–252. https://doi.org/10.1080/02755947.2014.996687

QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System

R Core Team (2021). R: a language and environment for statistical computing

Reis R.E., Albert J.S., Di Dario F., Mincarone M.M., Petry P. & Rocha L.A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology* **89**, 12–47. https://doi.org/10.1111/jfb.13016

Reynalte-Tataje D.A., Lopes C.A., Massaro M.V., Hartmann P.B., Sulzbacher R., Santos J.A., *et al.* (2020). State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia* **32**, e6. https://doi.org/10.1590/s2179-975x5319

Sanches P.V., Nakatani K., Bialetzki A., Baumgartner G., Gomes L.C. & Luiz E.A. (2006). Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto Primavera Dam, Paraná River, Brazil. *River Research and Applications* **22**, 555–565. https://doi.org/10.1002/rra.922

Schmidt B. V., Wang Z., Ren P., Guo C., Qin J., Cheng F., *et al.* (2019). A review of potential factors promoting fish movement in inter-basin water transfers, with emergent patterns from a trait-based risk analysis for a large-scale project in china. *Ecology of Freshwater Fish* **29**, 790–807. https://doi.org/10.1111/eff.12530

Siau Y., Marchand B., Sene M. & Mbow A. (1992). Cercariae-eating fish for biocontrol of bilharziasis. *Annales des Sciences Naturelles-Zoologie et Biologie Animale* **13**, 53–57

Silva M.B. (2016). Percepção da população assistida sobre a inserção de estudantes de medicina na Unidade Básica de Saúde. *Trabalho de conclusão de curso* **1**, 1–10. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Silva P.S., Miranda L.E., Makrakis S., Assumpção L., Dias J.H.P. & Makrakis M.C. (2019). Tributaries as biodiversity preserves: An ichthyoplankton perspective from

the severely impounded Upper Paraná River. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **29**, 258–269. https://doi.org/10.1002/aqc.3037

Smith R.J., Muir R.D.J., Walpole M.J., Balmford A. & Leader-Williams N. (2003). Governance and the loss of biodiversity. *Nature* **426**, 67–70. https://doi.org/10.1038/nature02025

Song Y., Cheng F., Ren P., Wang Z. & Xie S. (2019). Longitudinal recovery gradients of drifting larval fish assemblages in the middle reach of the Yangtze River: impact of the Three Gorges Dam and conservation implementation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **76**, 2256–2267. https://doi.org/10.1139/cjfas-2018-0409

Stephenson P.J. & Stengel C. (2020). An inventory of biodiversity data sources for conservation monitoring. *PLOS ONE* **15**, e0242923. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242923

Stuart I.G. & Sharpe C.P. (2020). Riverine spawning, long distance larval drift, and floodplain recruitment of a pelagophilic fish: a case study of golden perch (*Macquaria ambigua*) in the arid Darling River, Australia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **30**, 675–690. https://doi.org/10.1002/aqc.3311

Tedesco P.A., Beauchard O., Bigorne R., Blanchet S., Buisson L., Conti L., *et al.* (2017). A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. *Scientific Data* **4**, 1–6. https://doi.org/10.1038/sdata.2017.141

Troudet J., Grandcolas P., Blin A., Vignes-Lebbe R. & Legendre F. (2017). Taxonomic bias in biodiversity data and societal preferences. *Scientific Reports* **7**, 1–14. https://doi.org/10.1038/s41598-017-09084-6

Turner T.F. (2001). Comparative study of larval transport and gene flow in darters. *Copeia* **2001**, 766–774

Vasconcelos L.P., Alves D.C., Agostinho A.A., Hahn L., da Câmara L.F. & Gomes L.C. (2021a). Fish eggs and larvae drifting through hydropower reservoirs: a case study in the Brazilian Amazon. *Hydrobiologia* **849**, 357–372. https://doi.org/10.1007/s10750-021-04631-9

Vasconcelos L.P., Alves D.C., Câmara L.F. & Hahn L. (2021b). Dams in the Amazon: the importance of maintaining free-flowing tributaries for fish reproduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* **31**, 1106–1116. https://doi.org/10.1002/aqc.3465

Vilizzi L. & Walker K.F. (1999). The onset of the juvenile period in carp, *Cyprinus carpio*:

a literature survey. *Environmental Biology of Fishes* **56**, 93–102. https://doi.org/10.1023/A:1007552601704

Wickham H., Averick M., Bryan J., Chang W., McGowan L., François R., *et al.* (2019). Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software* **4**, 1686. https://doi.org/10.21105/joss.01686

Winemiller K.O., McIntyre P.B., Castello L., Fluet-Chouinard E., Giarrizzo T., Nam S., *et al.* (2016). Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science* **351**, 128–129. https://doi.org/10.1126/science.aac7082

Wolter C. & Arlinghaus R. (2003). Navigation impacts on freshwater fish assemblages: the ecological relevance of swimming performance. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **13**, 63–89. https://doi.org/10.1023/a:1026350223459

Zarfl C., Lumsdon A.E., Berlekamp J., Tydecks L. & Tockner K. (2015). A global boom in hydropower dam construction. *Aquatic Sciences* **77**, 161–170. https://doi.org/10.1007/s00027-014-0377-0

Zhu J. & Liu W. (2020). A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. *Scientometrics*, 1–15. https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8

Zuur A.F., Ieno E.N., Walker N., Saveliev A.A. & Smith G.M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer, New York.

7. APÊNDICES

Material Suplementar 1. Processo de refinamento da sequência de busca usando a plataforma *Web of Science*. A pesquisa da sequência de busca passou por seis rodadas, para cada uma delas realizamos uma triagem piloto com 100 estudos selecionados aleatoriamente e calculamos a proporção de acerto (Foo *et al.*, 2021). As alterações realizadas em cada etapa estão em destaque cinza.

Pesquisas	Sequência de busca
1 - Pesquisa inicial Resultados: **8592** Estudos retidos: **(5,63%)**	((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae"))
2 - Adição de sequência de busca Resultados: **4172** Estudos retidos: **(12,89%)**	((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae") NOT (Marine* OR ocean* OR Sea OR "Marine fish*" OR "Salt water" OR "Brackish water" OR mangrove* OR "Marine fish larvae" OR "Coral reef*" OR "Reef fish*" OR Reef*))
3 - Adição de sequência de busca Resultados: **4100** Estudos retidos: **(13,27%)**	((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae") NOT (Marine* OR ocean* OR Sea OR "Marine fish*" OR "Salt water" OR "Brackish water" OR mangrove* OR "Marine fish larvae" OR "Coral reef*" OR "Reef fish*" OR Reef* OR Anadromous* OR Catadromous* OR Diadromous OR jellyfish* OR Crabs*))
4 - Adição de sequência de busca e refinamento do tipo de documentos Resultados: **3168** Estudos retidos: **(16,69%)**	((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae") NOT (Marine* OR ocean* OR Sea* OR "Marine fish*" OR "Salt water" OR "Brackish water" OR mangrove* OR "Marine fish larvae" OR "Coral reef*" OR "Reef fish*" OR Reef* OR Anadromous* OR Catadromous* OR Diadromous OR jellyfish* OR Crabs* OR Crayfish* OR squid* OR Octopus* OR Rockfish)) (Topic) and Articles or Meeting Abstracts or Letters or Early Access or Book Chapters or Review Articles or News Items or Notes (Document Types)
5 - Adição de sequência de busca e refinamento do tipo de documentos Resultados: **2813** Estudos retidos: **(19,12%)**	((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae") NOT (marine* OR ocean* OR sea* OR "Marine fish*" OR "Salt water" OR "Brackish water" OR mangrove* OR "Marine fish larvae" OR "Coral reef*" OR "Reef fish*" OR reef* OR anadromous* OR catadromous* OR diadromous OR jellyfish* OR crabs* OR crayfish* OR squid* OR octopus* OR rockfish OR "zebra fish" OR "*Danio rerio*" OR children OR caviar* OR milk OR beef OR meat* OR pediatric OR allergy)) (Topic) and Articles or Meeting Abstracts or Letters or Early Access or Book Chapters or Review Articles or News Items or Notes (Document Types)
6 – Pesquisa final Resultados: **2613** Estudos retidos: **(19,70%)**	((ichthyoplankton OR "fish egg*" OR "larval fish*" OR "fish larvae") NOT (marine* OR ocean* OR sea* OR "Marine fish*" OR "Salt water" OR "Brackish water" OR mangrove* OR "Marine fish larvae" OR "Coral reef*" OR "Reef fish*" OR reef* OR amphidromous* OR anadromous* OR catadromous* OR diadromous* OR jellyfish* OR crabs* OR crayfish* OR squid* OR octopus* OR rockfish OR "Zebrafish" OR "Danio rerio" OR "Solea" OR children OR caviar* OR milk OR beef OR meat* OR pediatric OR allergy)) (Topic) and Articles or Meeting Abstracts or Letters or Early Access or Book Chapters or Review Articles or News Items or Notes (Document Types)

(*) asterisco busca de palavras em formas derivadas e plurais e (“ ”) aspas para palavras exatas

Material Suplementar 2. Descrição dos escopos adotados em nossa revisão sistemática sobre os estudos de ovos e larvas de peixes de água doce.

Escopos	Descrição
Influência de fatores abióticos	Estudos sobre influências de aspectos físicos e/ou químicos do ecossistema aquático sobre ovos e larvas
Aspectos espaciais	Estudos sobre a distribuição espacial dos ovos e larvas
Aspectos metodológico	Estudos sobre o desenvolvimento técnicas, ferramentas e análises para o desenvolvimento dos estudos sobre ovos e larvas
Estrutura da comunidade	Estudos sobre a descrição da riqueza de espécies e composição dos ovos e larvas
Impactos antrópicos	Estudos sobre ações humanas que causam alteração nas condições naturais do ecossistema aquático dos ovos e larvas
Uso do habitat	Estudos sobre o local propício para desova dos peixes e desenvolvimento dos ovos e larvas
Influência de fatores bióticos	Influências de interações entre organismos com os ovos e larvas, por exemplo, predação, disponibilidade de presas, parasitismo, competição
Ontogenia	Estudos sobre o desenvolvimento dos ovos e larvas
Aspectos temporais	Estudos sobre a ocorrência dos ovos e larvas em relação ao tempo, por exemplo, variação anual e/ou sazonal
Aspectos tróficos	Estudos sobre a dieta dos ovos e larvas
Dinâmica populacional	Estudos sobre a taxa de crescimento e sobrevivência dos ovos e larvas
Aspectos fisiológicos e morfológicos	Estudos sobre o desenvolvimento fisiológico e/ou morfológico dos ovos e larvas
Dispersão dos ovos e larvas	Estudos sobre movimento e/ou deriva dos ovos e larvas
Aspectos comportamentais	Estudos sobre comportamento dos ovos e larvas
Identificação molecular	Estudos com objetivo de identificar os ovos e larvas por métodos moleculares
Conservacionista	Estudos propondo medidas e direcionamento de gestão para a conservação

Escopos	Descrição
Estratégia de vida	Estudos sobre estratégias reprodutivas (*e.g.*, presença/ausência de cuidado parental, desova total/parcelada, maturidade sexual e tamanho corporal)
Pesquisa bibliográfica	Estudos de revisão sobre ovos e larvas
Ecotoxicologia	Estudos sobre efeito de substâncias naturais e/ou artificiais sobre ovos e larvas
Restauração de serviços ambientais	Estudos sobre o restabelecimento da conectividade do habitat e/ou remediações para a melhorias na qualidade da água
Aspectos nictemerais	Estudos sobre a variação na distribuição, densidade e deriva em relação ao período diurno e noturno
Invasão biológica	Estudos sobre introdução de espécie e/ou expansão da área de distribuição geográfica da espécie não nativa
Curadoria	Estudos desenvolvendo material referencial dos estágios da ontogenia dos ovos e larvas e sobre o papel do museu na conservação do material
Estrutura da população	Estudos sobre a descrição da riqueza e abundância de espécies de ovos e larvas na população
Controle biológico	Estudo sobre a capacidade predatória das larvas para uso de controle biológico
Diversidade genética	Estudo sobre a relação entre a história de vida e a dispersão das larvas no fluxo gênico

Material Suplementar 3. Estudos sobre ovos e larvas de peixes por ecorregiões de água doce, onde (FEOW) representa o número da ecorregião de água doce de Abel et al., (2008), seguidas pelos nomes dessas ecorregiões, (Nº de estudos). Número de estudos que contemplam cada ecorregião de água doce, em seguida representamos esse resultado em porcentagem.

FEOW	Ecorregiões de água doce	Estudos	Porcentagem
116	Laurentian Great Lakes	113	19,15
404	Central and Western Europe	46	7,80
344	Upper Parana	39	6,61
148	Upper Mississipi	26	4,41
150	Teays-Old Ohio	26	4,41
143	Middle Missouri	22	3,73
808	Murray-Darling	22	3,73
417	Upper Danube	19	3,22
345	Lower Parana	12	2,03
316	Amazonas Lowlands	11	1,86
118	Northeast US and Southeast Canada Atlantic Drainages	11	1,86
333	Upper Uruguay	10	1,69
130	Colorado	9	1,53
157	Appalachian Piedmond	9	1,53
765	Middle Yangtze	9	1,53
766	Lower Yangtze	9	1,53
117	St. Lawrence	8	1,36
149	Lower Mississipi	8	1,36
153	Mobile Bay	8	1,36
327	S. Franscisco	8	1,36
144	US Southern Plains	7	1,19
332	Lower Uruguay	7	1,19
146	Central Prairie	6	1,02
158	Chesapeake Bay	6	1,02
123	Oregon and Northen California Coastal	5	0,85
127	Bonnevile	5	0,85
152	Tennessee	5	0,85
165	Lerma-Chapala	5	0,85
343	Paraguay	5	0,85
406	Northern Baltic Drainages	5	0,85
642	Honshu-Shikoku-Kyushu	5	0,85
109	English-Winnipeg Lakes	4	0,68

FEOW	Ecorregiões de água doce	Estudos	Porcentagem
132	Upper Rio Grande-Bravo	4	0,68
142	Upper Missouri	4	0,68
151	Cumberland	4	0,68
410	Volga-Ural	4	0,68
121	Columbia Unglaciated	3	0,51
125	Sacramento-San Joaquin	3	0,51
141	Sabine-Galveston	3	0,51
147	Ozark Highlands	3	0,51
314	Rio Negro	3	0,51
521	Lake Victoria Basin	3	0,51
811	New Zealand	3	0,51
131	Gila	2	0,34
133	Pecos	2	0,34
302	Magdalena-Sinu	2	0,34
318	Mamore-Madre de Dios Piedmont	2	0,34
321	Madeira Brazilian Shield	2	0,34
323	Amazonas Estuary and Coastal Drainages	2	0,34
324	Tocantins-Araguaia	2	0,34
403	Cantabric Coast-Languedoc	2	0,34
418	Dnisester-Lower Danube	2	0,34
559	Lake Malawi	2	0,34
643	Biwa Ko	2	0,34
106	Central Arctic Coastal	1	0,17
107	Upper Saskatchewan	1	0,17
120	Columbia Glaciated	1	0,17
124	Oregon Lakes	1	0,17
128	Death Valley	1	0,17
129	Vegas-Virgin	1	0,17
155	Apalachicola	1	0,17
156	Florida Peninsula	1	0,17
173	Grijalva-Usumacinta	1	0,17
202	Quintana Roo-Motagua	1	0,17
204	Estero Real-Tempisque	1	0,17
205	San Juan (Nicaragua and Costa Rica)	1	0,17
304	South America Caribbean Drainages-Trinidad	1	0,17

FEOW	Ecorregiões de água doce	Estudos	Porcentagem
311	Guianas	1	0,17
329	Paraiba do Sul	1	0,17
331	Southeastern Mata Atlantica	1	0,17
342	Chaco	1	0,17
346	Iguassu	1	0,17
348	Patagonia	1	0,17
407	Barents Sea Drainages	1	0,17
408	Southern Baltic Lowlands	1	0,17
413	Southern Iberia	1	0,17
415	Gulf of Venice Drainages	1	0,17
421	Ionian Drainages	1	0,17
425	Dnisester-South Bug	1	0,17
427	Don	1	0,17
434	Kura-South Caspian Drainages	1	0,17
438	Jordan River	1	0,17
510	Fouta-Djalon	1	0,17
524	Nile Delta	1	0,17
576	Zambezian Lowveld	1	0,17
636	Lower Huang He	1	0,17
709	Ganges Delta and Plain	1	0,17
726	Lower Lancang (mekong)	1	0,17
732	Chao Phraya	1	0,17
738	Southern Central Sumatra	1	0,17
763	Xi Yiang	1	0,17
805	Arafura-Carpentaria	1	0,17
806	Lake Eyre Basin	1	0,17
807	Eastern Coastal Australia	1	0,17
815	Southwest New Guinea - Trans-Fly Lowland	1	0,17
Total	**95 Ecorregiões de água doce**	**590***	**100**

Asterisco: (*) Total de estudo que disponibilizaram informações de localização/coordenada tornando possível assumir que o estudo foi realizado na ecorregião correspondente. Um estudo pode ter coletado em mais de uma ecorregião.

CAPÍTULO 2: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DE OVOS E LARVAS DE PEIXES EM UM RIO DE FLUXO LIVRE NA SAVANA NEOTROPICAL

Publicado no periódico: *Journal of Fish Biology*

RESUMO

A reprodução constituiu um dos aspectos biológicos mais importantes para a manutenção de populações viáveis e entender os padrões espaciais e sazonais na reprodução dos peixes neotropicais é um ponto que ainda necessita de muita investigação. Nesse estudo, tivemos como principal objetivo minorar lacunas que concernem ao conhecimento sobre os padrões de distribuição dos ovos e larvas de peixes. Para isso, utilizamos a bacia do rio Araguaia, uma das principais bacias hidrográficas da savana neotropical como nosso ponto focal de estudo. Realizamos amostragens de ovos e larvas de peixes nos regimes hidrológicos de cheia, vazante e seca, entre dezembro de 2018 e julho de 2020 em 15 locais, distribuídos ao longo de um trecho de 350 km na bacia do rio Araguaia. Encontramos ovos e larvas de peixes em todos os pontos amostrais de diversos táxons com maior captura no período de cheia, identificamos larvas de cinco ordens e 22 famílias. Descobrimos que todos os ambientes, tributários e canal principal do rio Araguaia, são importantes para a reprodução e não houve distinção de uso preferencial. Encontramos que os fatores espaciais são importantes para explicar a mudança na composição das larvas, que podem apresentar ampla ou restrita distribuição relacionada a habitats específicos. Os principais fatores relacionados à atividade reprodutiva dos peixes nessa região estão relacionados aos eventos das mudanças físico-químicas da água que ocorrem no período de cheia. Tais resultados indicam que a bacia do rio Araguaia apresenta integridade ambiental e proporciona condições favoráveis para a atividade reprodutiva dos peixes, inclusive para as espécies migradoras de longa distância. Diante disso, medidas mitigadoras que garantam a preservação do fluxo natural são cruciais para a manutenção da biodiversidade de peixes.

Palavras-chave: fatores abióticos, ictioplâncton, regime hidrológico, rio Araguaia, variação diurna.

ABSTRACT

Reproduction is one of the most important biological aspects for the maintenance of viable populations and understanding the spatial and seasonal patterns in the reproduction of Neotropical fish is a point that still needs considerable investigation. In this study, our main objective was to reduce knowledge gaps concerning fish eggs and larvae distribution patterns. For this, we used the Araguaia River basin, one of the main hydrographic basins of the neotropical savanna, as our focal point of study. We collected samples of fish eggs and larvae across the hydrological regime during flooding and drought events between December 2018 and July 2020 at 15 sites distributed along a 350 km stretch of the Araguaia River basin. We found fish eggs and larvae in all sampling sites with the highest number of captures in the flood season, and we identified the larvae of five orders and 22 families. We found both environments, tributary and main channel of the Araguaia River, are important for fish reproduction, and there was no difference in the use between the main channel and the tributaries. We found spatial factors are important to explain the change in larval composition, which may have a wide or restricted distribution related to specific habitats. The main factors related to the reproductive activity of fish in this region are the physicochemical changes in the water that occur in the flood season. These results indicate that the Araguaia River basin has environmental integrity and provides favorable conditions for the reproductive activity of fish, including long-distance migratory threatened species. Considering this, mitigate measures that guarantee the preservation of the natural flow are crucial for the maintenance of fish biodiversity.

Keywords: abiotic factors, Araguaia River, diurnal variation, hydrological regime, ichthyoplankton.

1. INTRODUÇÃO

A reprodução constituiu um dos aspectos biológicos mais importantes para a manutenção de populações viáveis (Suzuki & Agostinho, 1997). Especialmente, os peixes Neotropicais possuem diferentes tipos de estratégias e táticas reprodutivas, resultante das adaptações dessas espécies a diversas condições bióticas e a interações abióticas (Winemiller, 1989). Essas variações reprodutivas incluem diferentes períodos reprodutivos, diferenças na fertilidade, presença ou ausência de cuidado parental, tipos de desova e comportamento migratório ou sedentário (Carolsfeld *et al.*, 2003; Winemiller, 1989, 2005).

Apesar da grande diversidade de estratégia e táticas reprodutivas, o regime hidrológico de cheia é o principal desencadeador dos processos reprodutivos para a maioria dos peixes, com exceção das espécies sedentárias com cuidado parental (Agostinho *et al.*, 2004; Lowe-McConnell, 1987). Nesse caso, o início das chuvas é o gatilho ambiental para a subida dos peixes migradores para a parte alta da bacia à procura de condições específicas para a reprodução (Baran, 2006; Rosa *et al.*, 2018, 2020). Encontradas as condições ideais, fêmeas e machos liberam seus gametas para a fecundação e em seguida esses ovos derivam à jusante para habitats de berçários, proporcionando abrigo e alimento para o desenvolvimento das larvas (Agostinho *et al.*, 2004). Esse modelo geral, tem explicado o sucesso reprodutivo e o recrutamento em diferentes bacias Neotropicais que apresentam planícies de inundação (Agostinho *et al.*, 2004; Jiménez-Segura *et al.*, 2010; Rosa *et al.*, 2018). No entanto, importantes bacias hidrográficas da região ainda carecem de uma investigação sobre os padrões de reprodução das espécies de peixes, especialmente no que refere ao estudo ecológico de ovos e larvas (Carnicer *et al.*, 2023; Reynalte-Tataje *et al.*, 2020) com destaque para aquelas presentes em ambientes savânicos.

O ecossistema de savana Neotropical (Cerrado) é altamente heterogêneo e biodiverso (Sano *et al.*, 2010), considerado um *hotspots* de biodiversidade (Myers *et al.*, 2000). Essa biodiversidade também é observada na ictiofauna que possui mais de 1200 espécies (MMA, 2022). Entre essas bacias, a do Tocantins-Araguaia abrange em sua maioria área savânica (Latrubesse & Stevaux, 2002; Valente *et al.*, 2013) e se destaca por apresentar diversas espécies de peixes endêmicos (Dagosta & Pinna, 2019). A bacia do rio Araguaia é conhecida por ter uma das mais biodiversa planície de inundação do mundo, a planície de inundação do Bananal (Latrubesse *et al.*, 2019; Valente *et al.*, 2013) e abrigar uma riqueza de peixes estimada em 424 espécies (Dagosta & Pinna, 2019). Além da

importância ecológica, o rio Araguaia tem a pesca e o turismo como aspectos relevantes para a sociedade e economia local (Angelo & Carvalho, 2008). Todavia, esses bons serviços não têm livrado o rio Araguaia dos distúrbios ambientais, incluindo vários planejamentos hidrelétricos e a conversão da vegetação nativa para áreas de cultivo (Latrubesse *et al.*, 2019; Pelicice *et al.*, 2021).

O conhecimento sobre o uso do ambiente para a desova e posteriormente pelas fases larvais proporcionam informações importantes sobre áreas críticas para o recrutamento das espécies de peixes (Pachla *et al.*, 2022; Soares *et al.*, 2022). Levantamentos recentes sobre uso do habitat para a reprodução dos peixes têm encontrado padrões de distribuição diferentes, como o uso contínuo do canal principal e tributários (Soares *et al.*, 2022) e o uso preferencial por tributários (Pachla *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2019, 2015; Vasconcelos *et al.*, 2021). Nesse contexto, esses estudos são críticos para gestão de uso do recurso aquático (Zacardi *et al.*, 2020), principalmente frente a planejamentos hidrelétricos (Latrubesse *et al.*, 2019). A bacia do rio Tocantins-Araguaia, por exemplo, possui apenas três estudos sobre ovos e larvas de peixes, mas nenhum deles foi desenvolvido no principal afluente do rio Tocantins, o rio Araguaia (ver Agostinho *et al.*, 2007; Pereira, Bialetzki & Bonecker, 2017; Bittencourt *et al.*, 2018). Portanto, faz se necessário estudos que visam minorar as lacunas de conhecimento sobre ovos e larvas de peixes e proporcionar conhecimento para futuras gestões de conservação a longo prazo do estoque pesqueiro (Ahlstrom & Moser, 1976; Zacardi *et al.*, 2020).

Além da questão supracitada, a estrutura dendrítica das redes fluviais determina padrões de diversidade (Altermatt, 2013). Para os peixes Neotropicais tem sido demonstrado que os padrões de variação na composição das assembleias são explicados por fatores espaciais (Rosa *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2017; Vitorino Júnior *et al.*, 2016), bem como pela conectividade espacial (Peláez & Pavanelli, 2019; Sharma *et al.*, 2011), proporcionando a compreensão de diferentes aspectos da diversidade das assembleias de peixes (Peláez & Pavanelli, 2019). Nesse contexto, considerar a conectividade fluvial como fatores estruturantes do padrão de variação na composição da assembleia dos ovos e larvas de peixes podem fornecer novos *insights*, principalmente pela sua natureza de dispersão à deriva (Lechner *et al.*, 2016), porque são influenciados pelas características físicas do sistema hidrológico.

Diante desse cenário, visamos minorar a lacuna de conhecimento sobre ovos e larvas de peixes no trecho médio e alto da bacia do rio Araguaia. Nessa perspectiva, abordamos os seguintes tópicos (i) os padrões de distribuição entre os ambientes; (ii) os

fatores espaciais e fator sazonal na composição e abundância de táxons; (iii) as relações das variáveis físico-químicas; e (iv) a variação diurna. Ao longo dos anos de desenvolvimento de estudos sobre ovos e larvas de peixes no Neotrópico este é o primeiro que proporciona uma perspectiva sobre a reprodução dos peixes da região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia do rio Araguaia é um importante e vasto sistema fluvial localizado em sua maioria na savana Neotropical, drena uma área de 377,000 km² (Latrubesse & Stevaux, 2002). As vazões, média anual e média anual de inundações são, respectivamente, 1202,56 e 4777,92 m³/s (Suizu *et al.*, 2022). O clima da região do estudo é classificado como tropical chuvoso *Aw*, com dois períodos sazonais bem definidos (chuvoso de outubro a março e seco de abril a setembro), com precipitação anual entre 1.600 e 1.900 mm (Alvares *et al.*, 2013), e temperatura média anual variando entre 22ºC e 26ºC, com máxima de ~38ºC nos meses mais quentes (Valente *et al.*, 2013).

A bacia do rio Araguaia é dividida em três sub-bacias: Baixo, Médio e Alto. No final do Alto Araguaia se inicia a planície de inundação e especificamente no Médio Araguaia está localizada a Ilha do Bananal (Irion *et al.*, 2016; Valente *et al.*, 2013). Nossa amostragem compreende a parte alta e porção inicial da parte média da bacia do rio Araguaia, majoritariamente a montante da planície de inundação do Araguaia (Latrubesse & Stevaux, 2002), cobrindo aproximadamente 350 km de gradiente fluvial, localizado entre a divisa do estado de Mato Grosso e Goiás. Realizamos as coletas em 15 pontos amostrais, sete ao longo do canal principal do rio Araguaia e oito em tributários (Figura 1; localização geográfica: Material Suplementar 1). No rio Araguaia (canal principal) todos os pontos amostrais foram situados imediatamente a montante dos tributários (com exceção do trecho a montante do rio Diamantino-GO, devido à presença de fortes corredeiras). Nos tributários os pontos amostrais foram situados próximos da foz com o rio Araguaia. Os tributários (rio Araguainha, rio Diamantino-GO, rio do Peixe, Ribeirão das Perdizes, rio Diamantino-MT, rio das Garças e rio Caiapó) são localizados na sub-bacia do Alto rio Araguaia. Apenas o rio Claro pertence a sub-bacia do Médio rio Araguaia (Material Suplementar 1). Em geral, todos os trechos do rio Araguaia e seus tributários são cercados por mata ciliar. Apenas o rio das Garças (T6) e o respectivo ponto a montante no rio Araguaia (A6) estão em área urbana, portanto, possuem menor área de mata ciliar.

Existem barreiras geográficas naturais (cachoeiras) e antrópicas (barragens) a montante de alguns locais amostrados, porém, essas barreiras geográficas não inviabilizam a migração entre as áreas deste estudo. As cachoeiras estão localizadas nos seguintes pontos amostrais: rio Araguaia a montante do rio Araguainha (*ca.* 67 km; A1); rio do Peixe (*ca.* 10 km; T3); e Ribeirão das Perdizes (*ca.* 42 km; T4). As barragens estão localizadas a montante do rio Araguainha (~66 km; T1) e do rio Caiapó (*ca.* 119 km; T7) (Recurso Online 1 - Tabela S1).

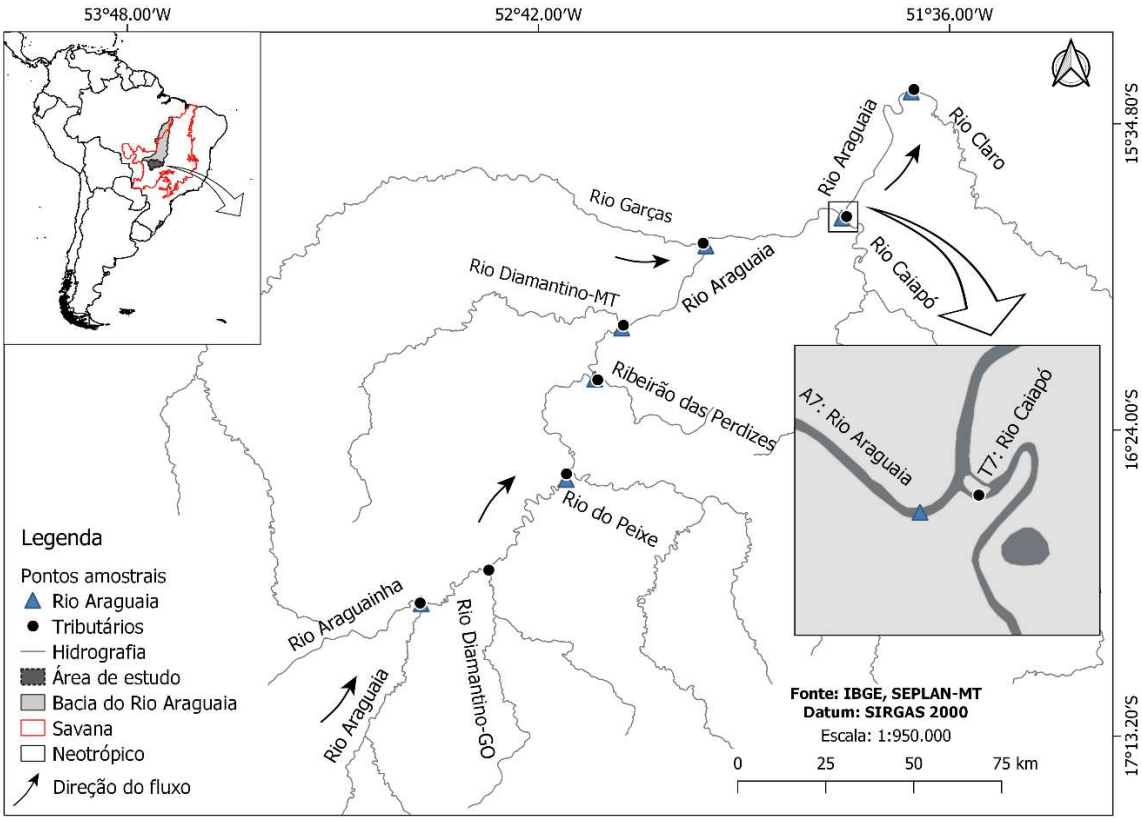

Figura 1. Localização dos pontos amostrais de ovos e larvas de peixes na bacia do rio Araguaia e em oito tributários, no trecho alto e médio do rio Araguaia, Brasil. O quadro em destaque exemplifica a configuração dos pontos amostrais, representados respectivamente pelos tributários e trecho do rio Araguaia: rio Araguainha (T1/A1), rio Diamantino-GO (T2), rio do Peixe (T3/A3), Ribeirão das Perdizes (T4/A4), rio Diamantino-MT (T5/A5), rio das Garças (T6/A6), rio Caiapó (T7/A7) e rio Claro (T8/A8).

2.2. Coleta de dados

Realizamos as amostragens em dois ciclos hidrológicos completos: (ciclo I) entre 2018 e 2019 e (ciclo II) entre 2019 e 2020, sendo dividida em três fases sazonais: (i) chuva; início da estação chuvosa (novembro e dezembro de 2018 e novembro e dezembro de 2019); (ii) vazante; final da estação chuvosa (abril de 2019 e março de 2020) e (iii)

seca; estação seca (setembro de 2019 e julho de 2020). Realizamos as coletas em um ciclo nictemeral a cada seis horas (06:00, 12:00, 18:00 e 00:00), utilizando uma rede de plâncton cônico-cilíndrica (malha 0.5 mm) com um fluxômetro acoplado (Lunus 2030BR - versão licenciada do modelo General Oceanics 2030R) para aferir a velocidade da água. Realizamos quatro amostragens em cada rio: superfície na margem direita, superfície na margem esquerda, superfície no centro e fundo do rio. Usamos um barco a motor ancorado durante as coletas e lançamos redes horizontalmente contra a corrente do rio por cinco minutos. Nas coletas de superfície, utilizamos uma rede cônico-cilíndrica com área de boca de 0,1075 m^2. Para o fundo, foi utilizada uma rede cônico-cilíndrica com os mesmos tipos de malha, com área de boca de 0,1885 m^2 acoplada a um trenó metálico.

Nos mesmos locais de coleta, aferimos as características físico-químicas da água, como temperatura da água (ºC), pH, turbidez (NTU), condutividade elétrica (µS/cm), sólidos totais dissolvidos (mg/L) e oxigênio dissolvido (mg/L) utilizando uma sonda multiparâmetro (Horiba U 50; devido à instabilidade no oxímetro durante as amostragens retiramos a variável oxigênio dissolvido), e profundidade (m) (sonda digital, Depth Trax 1h). As licenças para as coletas foram concedidas pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO; nº 66725-1 e 66725-2).

Fixamos as amostras e preservamos em formaldeído 10% e 4% (respectivamente) tamponado com carbonato de cálcio (Nakatani *et al.*, 2001). No laboratório realizamos a triagem de ovos e larvas de peixes utilizando uma placa de bogorov com auxílio de um estereomicroscópio. As larvas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível com base na literatura disponível (Nakatani *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022a) e usando a técnica de desenvolvimento e flexão da notocorda e sequência de formação das nadadeiras (larval vitelino, pré-flexão, flexão e pós-flexão; Nakatani *et al.*, 2001).

O volume de água filtrado para cada unidade amostral foi calculado de acordo com a fórmula: V = a.n.c, onde V = volume de água filtrada (m^3), a = área da boca da rede (m^2), n = número de rotações do fluxômetro e c = fator de calibração do fluxômetro (Nakatani *et al.*, 2001). Em seguida, padronizamos as contagens de ovos e larvas de peixes para o volume de 10 m^3 de água filtrada (táxon/10 m^3, *i.e.,* Y = (x/V).10, onde Y = número de indivíduos por 10 m^3, x = número total de indivíduos coletados, V = volume de água filtrada) (Nakatani *et al.*, 2001; Tanaka, 1973). Essa metodologia possibilita a comparação da contribuição de ovos e larvas de cada rio, pois iguala as diferentes características de vazão entre as unidades amostrais.

2.2.1. Variável espacial

O método de mapas de autovetores assimétricos (AEMs) possibilita considerar as características físicas e geográficas do sistema hidrográfico, como os locais conectados entre si e barreiras (Blanchet, Legendre & Borcard, 2008; Borcard *et al.*, 2018). Dessa forma, essa abordagem possibilita considerar a dispersão espacial dos ovos e larvas de peixes entre os pontos amostrais. Para isso, construímos uma matriz de distância par a par entre todos os pontos amostrais seguindo a hidrografia e utilizando a extensão *QGIS Network Analysis Toolbox 3* no *QGIS 3.4* (QGIS Development Team, 2019). Em seguida, construímos a matriz binária de conectividade unidirecional que representa a direção montante a jusante do fluxo do rio. Com essas matrizes, geramos nossas variáveis espaciais utilizando o método de mapas de autovetores assimétricos (AEMs; Blanchet, Legendre & Borcard, 2008; Borcard *et al.*, 2018). Selecionamos a variável espacial com valor do índice de Moran (I) maior que o esperado *E(I)* (*i.e.,* autocorrelação espacial positiva), dessa forma, retivemos o AEM2 (representando a variável espacial) para análises subsequentes. Calculamos as variáveis espaciais com auxílio da função *aem* e a autocorrelação dos autovetores com a função *moran.randtest* do pacote *adespastial* (Dray *et al.*, 2022).

2.3. Análise de dados

Para avaliar as densidades de ovos e larvas de peixes entre os pontos amostrais (Tópico 1) realizamos análises descritivas utilizando a média e desvio padrão. Em seguida testamos se existe diferença na densidade dos ovos e larvas entre os ambientes "tributários *versus* canal principal", aplicando o teste de Mann-Whitney (Zar, 2010).

Para testar a influência do fator espacial, dos pontos amostrais e das fases do regime hidrológico na distribuição das larvas de peixes (Tópico 2) utilizamos uma análise de variância multivariada de permutação bidirecional (PERMANOVA). Primeiro padronizamos a matriz de composição da assembleia de larvas (*i.e.*, identificação a nível de família; variável resposta) usando o coeficiente Hellinger (ponderando o peso das abundâncias altas e baixas). A partir da matriz de composição padronizada, construímos uma matriz de dissimilaridade baseada em distâncias de Bray-Curtis (Borcard *et al.*, 2018; Legendre & Gallagher, 2001; Silva *et al.*, 2022b). A matriz de dissimilaridade da composição das larvas de peixes foi nossa variável resposta, e a variável espacial, os pontos amostrais e fases do regime hidrológico nossas variáveis preditoras.

O teste de PERMANOVA compara a variabilidade dentro dos grupos versus a variabilidade entre os diferentes grupos, usando uma estatística multivariada (*Pseudo-F*)

semelhante a estatística *F*-ratio de Fisher e seu valor de *P* correspondente é baseado em permutações a partir de qualquer distância simétrica ou matriz de dissimilaridade (Anderson, 2001). Como um valor de *pseudo-F* significativo da PERMANOVA pode indicar mudanças de composição (posição) ou variação da composição de espécies dentro de um grupo (dispersão) ou ambos, todavia, um teste complementar é necessário (Anderson & Walsh, 2013). Em seguida, utilizamos o teste de análise permutacional de dispersões multivariadas (PERMDISP) para avaliar a homogeneidade das variâncias entre a composição de larvas nos pontos amostrais, e entre os regimes hidrológicos. Aplicamos PERMANOVA e o PERMDISP por meio da função *adonis2* e *betadisper,* respectivamente, do pacote *vegan*, utilizando 9999 permutações (Oksanen *et al.*, 2020).

Por fim, demonstramos as relações entre a composição de larvas e os pontos amostrais com o auxílio de dendrogramas de calor bidimensionais. Também utilizamos uma análise de "perfil de similaridade" (SIMPROF) com configuração padrão para os testes de permutação e distribuição esperada dos dados para determinar o número de agrupamentos significativos (Clarke *et al.*, 2008; Whitaker & Christman, 2014).

Para avaliar a relação dos ovos e larvas dos peixes entre as variáveis físico-químicas (Tópico 3), definimos como unidade amostral dados diários, e aplicamos modelos lineares mistos (LME). Primeiro, realizamos a transformação z nas variáveis físico-químicas possibilitando o efeito comparativo dessas variáveis. Em seguida, verificamos a multicolinearidade (Dormann *et al.*, 2013) por meio da função *vifcor* do pacote *usdm* (Silva, 2016). Essa função exclui dentre as variáveis correlacionadas aquelas que apresentam os maiores valores do fator de inflação da variância (VIF). Definimos como limiar de corte para correlação linear (coeficiente de correlação $|r| > 0,7$) e para Fator de Inflação da Variância - VIF < 10 (Borcard *et al.*, 2018). Feito isso, selecionamos cinco variáveis (temperatura da água, sólidos totais dissolvidos, turbidez, profundidade do rio e pH). Além das variáveis selecionadas, acrescentamos as fases do regime hidrológico (*i.e.*, cheia, vazante e seca) como variável preditora categórica. Nossas variáveis respostas para os modelos foram as contagens dos ovos e larvas, e como os números de capturas são dependentes do volume de água filtrada, definimos o volume de água filtrada como *offset* no modelo (Zuur *et al.*, 2009). Optamos por esta abordagem como possibilidade de utilizar dados de ovos e larvas de forma integral. Para controlar possível presença de heterogeneidade ambiental incorporamos os pontos amostrais como variável de efeito aleatório no modelo (Harrison *et al.*, 2018; Zuur *et al.*, 2009). Dessa forma, geramos um modelo global para cada variável resposta (*i.e.*, ovos e larvas) sobre as variáveis preditoras

e com interação entre os períodos sazonais. Posteriormente, realizamos a seleção dos modelos baseado no critério de AICc - Critério de Informação de Akaike corrigido (Burnham & Anderson, 2002). Retivemos para interpretação, os três primeiros modelos que apresentaram menor valor de AICc e delta < 3 (Burnham *et al.*, 2011). Utilizamos a função *lmer* do pacote *lme4* (Bates *et al.*, 2015) para os LMEs e a função *dredge* do pacote *MuMIn* para a seleção dos modelos (Barton, 2022). Transformamos (log+1) o número de ovos e larvas para diminuir a disparidade entre as amostragens.

Para avaliar as possíveis diferenças entre as densidades de ovos e larvas por horários de coleta (Tópico 4), aplicamos uma análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis para as amostras de superfície e fundo, ovos e larvas separadamente. Quando detectamos uma diferença ($P < 0,05$), também aplicamos o teste a *posteriori* de Dunnett com correção de Bonferroni utilizando o pacote *rstatix* (Kassambara, 2021). Para essa questão, avaliamos apenas o período de cheia que corresponde com a atividade reprodutiva da maioria das espécies de peixes.

Para as análises dos tópicos i a iii, condensamos as réplicas e usamos valores diários (ou seja, dados bióticos somados e dados abióticos médios). Para a análise da variação diurna de ovos e larvas de peixes (tópico iv) usamos dados completos (ou seja, por hora do dia; variável preditora). Realizamos todas as análises no programa R (R Core Team, 2022) e adotamos um nível de significância $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

Coletamos 1.440 amostras durante todo o período de amostragem. Esse esforço resultou em 44.480 ovos e 23.725 larvas de peixes. As larvas foram representadas por cinco ordens, 22 famílias e 22 a nível de gênero e/ou espécies (Tabela 1). As ordens mais abundantes foram Siluriformes (55,5%) e Characiformes (44,4%), enquanto as famílias foram Pimelodidae (60,2%), Prochilodontidae (12,8%) e Anostomidae (7,7%). Entre gêneros e espécies mais abundantes encontramos *Brycon* sp. (25,5%), *Pimelodus* sp. (20,1%), *Pseudoplatystoma punctifer* (Castelnau, 1855) (13,8%) e *Rhaphiodon vulpinus* Spix & Agassiz, 1829 (13,3%). Registramos as seguintes larvas de espécies migratórias: *Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz, 1829, *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850, *Sorubim lima* (Bloch & Schneider 1801), *Pseudoplatystoma punctifer, Rhaphiodon vulpinus, Sorubimichthys planiceps* (Spix & Agassiz 1829) and *Zungaro zungaro* (Humboldt 1821).

Tabela 1. Número e distribuição de larvas entre os pontos amostrais na bacia do rio Araguaia. Os pontos amostrais estão representados por T: Tributários e A: rio Araguaia, a numeração indica a amostragem no tributário e o respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro.

ORDEM/Família/Espécies	**Tributários (T) / rio Araguaia (A)**															**Total**
	T1	**A1**	**T2**	**T3**	**A3**	**T4**	**A4**	**T5**	**A5**	**T6**	**A6**	**T7**	**A7**	**T8**	**A8**	
CHARACIFORMES [a]	2	3	19	5	19	1	7	6	7	3492	568	323	292	1122	640	6506
Erythrinidae [b]			1	1												2
Parodontidae [b]	1	1	4	1									1		5	13
Cynodontidae [b]					3				1	6	1	36	28	55	12	142
Hydrolycus armatus (Jardine, 1841)													1	1	2	4
Rhaphiodon vulpinus Spix & Agassiz, 1829										14	2	1	51	104	45	217
Serrasalmidae [b]																
Myloplus sp.	2	1		2	1	4	1	1	4	2	2		1	2	1	24
Serrasalmus sp.		1	2		1									2		6
Hemiodontidae [b]							1	1		3	1		3	39	31	79
Anodus sp.												2				2
Anostomidae [b]	3	4	23	12	14		3	1	1	35	30	189	248	140	93	796
Curimatidae [b]											1	3	1	21	80	106
Prochilodontidae [b]			1							174	8	170	266	663	39	1321
Prochilodus nigricans Spix & Agassiz, 1829														1		1
Triportheidae																
Triportheus sp.												28		22	83	133
Gasteropelecidae																
Thoracocharax stellatus (Kner, 1858)															1	1
Bryconidae [b]			1	2	5					14	4	12	25	3	6	72
Brycon sp.				1	4		6	1	2	149	7	1	102	102	43	418

ORDEM/Família/Espécies	**Tributários (T) / rio Araguaia (A)**															**Total**
	T1	**A1**	**T2**	**T3**	**A3**	**T4**	**A4**	**T5**	**A5**	**T6**	**A6**	**T7**	**A7**	**T8**	**A8**	
Salminus hilarii Valenciennes, 1850										2		4		3		9
Characidae [b]	7	2		1	4		3	1	4	13	13	28	107	75	32	290
GYMNOTIFORMES [a]		1		2			1							1		5
SILURIFORMES [a]	5	23	1091	32	292	5	72	924	31	145	86	1076	581	1067	593	6023
Trichomycteridae [b]													1	1		2
Callichthyidae																
Hoplosternum littorale (Hancock, 1828)												1				1
Cetopsidae [b]										1			1	1	2	5
Cetopsis sp.									1							1
Aspredinidae [b]						1		1		1				1		4
Auchenipteridae [b]					1					21		1	2	3	47	75
Ageneiosus sp.												1		1		2
Auchenipterus sp.	2		9		2		3	3	5	1	4	22	14	19	14	98
Tatia sp.									1							1
Doradidae [b]												25			4	29
Heptapteridae [b]	2		2	1	1		1	1	1	9	5	32	57	109	7	228
Rhamdia quelen (Quoy & Gaimard, 1824)										1		1	5	1		8
Pimelodidae [b]			314	994	252		44	125	7	259	118	302	650	1664	785	5514
Pimelodus sp.										1		6	16	284	21	328
Pseudoplatystoma punctifer (Castelnau, 1855)										9		55	31	103	27	225
Sorubim lima (Bloch & Schneider, 1801)										1		54	10	61	4	130
Sorubimichthys planiceps (Spix & Agassiz, 1829)										1	2			2	10	15
Zungaro zungaro (Humboldt, 1821)				1												1

ORDEM/Família/Espécies	**Tributários (T) / rio Araguaia (A)**															**Total**
	T1	**A1**	**T2**	**T3**	**A3**	**T4**	**A4**	**T5**	**A5**	**T6**	**A6**	**T7**	**A7**	**T8**	**A8**	
BELONIFORMES																
Belonidae																
Pseudotylosurus microps (Günther, 1866)												1		1		2
EUPERCARIA/MISC																
Sciaenidae [b]										2	1		11	2	5	21
Larval vitelino [c]			2		18			1		7	1	7	2	2	54	94
Não identificável [d]			39	1	42	1	2	46	1	161	27	242	78	116	15	771
Total	24	36	1508	1056	659	12	144	1112	66	4524	881	2623	2585	5794	2701	23725

[a] Identificado a nível de ordem
[b] Identificado a nível de família
[c] Larvas em fase inicial, larval vitelino
[d] Larvas danificadas

3.1. Caracterização ambiental dos pontos de amostragem

As características físico-químicas da água da bacia do rio Araguaia variaram entre os locais de amostragem e as fases dos regimes hidrológicos (Tabelas 2 e 3). Durante as cheias e vazantes os rios apresentaram águas turvas, mais profundas e mais quentes (Tabela 2). As características físico-químicas do canal principal do rio Araguaia são diferentes entre os pontos de amostragem, com destaque para o primeiro ponto de amostragem (A1) que se caracteriza pela predominância de rochas em seu leito (Cânions do Rio Araguaia), o que torna a água do rio mais clara, fria e profunda. A partir do trecho do rio Araguaia a montante do rio do Peixe (A3) há um aumento gradativo da turbidez da água, profundidade e largura de acordo com a proximidade da planície de inundação. O pH nos locais amostrados é levemente ácido, com menor valor observado no Ribeirão das Perdizes (T4; 4,52) e maior no rio Diamantino-GO (T2; 6,04). Em relação aos tributários, o Rio Araguainha (T1) e o Ribeirão das Perdizes (T4) são os menores rios deste estudo e apresentaram menor profundidade, largura, velocidade da água e turbidez (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização de variáveis físico-químicas nos pontos de amostragem na bacia do rio Araguaia. As variáveis são representadas pelo ambiente (A = canal principal do Rio Araguaia e T = tributários): Rio Araguainha (T1/A1), Rio Diamantino-GO (T2), Rio do Peixe (T3/A3), Ribeirão das Perdizes (T4 /A4), Rio Diamantino-MT (T5/A5), Rio das Garças (T6/A6), Rio Caiapó (T7/A7) e Rio Claro (T8/A8). Valores de desvio padrão (DP). Abreviação: Sólidos Totais Dissolvidos (STD); PA: Pontos amostrais. Largura (m) * = largura dos rios no período de cheia.

PA	pH Média (±SD)	Profundidade (m) Média (±SD)	STD (ml/L) Média (±SD)	Temperatura (ºC) Média (±SD)	Turbidez (NTU) Média (±SD)	Velocidade (m/s) Média (±SD)	Distância da planície	Largura (m)*
A1	5,36 ± 0,21	3,33 ± 1,28	0,01 ± 0	25,5 ± 1,42	24,72 ± 15,36	0,52 ± 0,24	316,31	42
T1	5,65 ± 0,33	1,01 ± 0,42	0,02 ± 0	26,41 ± 0,8	41,78 ± 34,21	0,28 ± 0,15	316,43	33
T2	6,04 ± 0,66	1,13 ± 0,48	0,03 ± 0,01	27,25 ± 0,45	169,84 ± 139,6	0,55 ± 0,22	271,42	34
A3	5,55 ± 0,41	1,86 ± 0,81	0,01 ± 0	26,85 ± 1,07	97,52 ± 67,96	0,65 ± 0,18	201,61	66
T3	5,44 ± 0,42	1,33 ± 0,59	0,01 ± 0	26,89 ± 0,72	182,91 ± 133,39	0,57 ± 0,18	201,50	63
A4	5,1 ± 0,54	2,56 ± 0,98	0,01 ± 0	27,38 ± 1,38	82,37 ± 55,89	0,47 ± 0,19	141,55	105
T4	4,52 ± 0,58	0,92 ± 0,33	0,01 ± 0	26,57 ± 1,15	25,13 ± 17,93	0,26 ± 0,15	141,51	23
A5	5,37 ± 0,18	2,57 ± 1,51	0,01 ± 0	27,22 ± 1,52	140,22 ± 151,73	0,47 ± 0,11	115,40	113
T5	5,57 ± 0,1	1,92 ± 1,22	0,02 ± 0	27,33 ± 1,64	208,05 ± 243,74	0,47 ± 0,23	115,48	41
A6	5,37 ± 0,4	3,11 ± 1,05	0,01 ± 0	27,49 ± 1,07	159,75 ± 119,12	0,46 ± 0,16	73,50	135
T6	5,37 ± 0,36	1,45 ± 0,83	0,01 ± 0	27,66 ± 0,86	246,55 ± 168,76	0,44 ± 0,16	73,36	109
A7	5,39 ± 0,51	3,78 ± 1,3	0,02 ± 0	27,98 ± 1,17	134,48 ± 133,68	0,52 ± 0,17	24,50	228
T7	5,7 ± 0,51	2,41 ± 1,32	0,03 ± 0,01	28,12 ± 0,9	147,28 ± 172,94	0,53 ± 0,23	23,99	77
A8	5,53 ± 0,26	4,53 ± 1,92	0,02 ± 0	28,09 ± 0,79	112,85 ± 74,42	0,45 ± 0,14	0	171
T8	5,8 ± 0,21	1,96 ± 1,14	0,04 ± 0	27,89 ± 0,67	242,12 ± 161,75	0,58 ± 0,24	0	84

Tabela 3. Caracterização das variáveis físico-químicas em cada fase do regime hidrológico (cheia, vazante e seca) na bacia do rio Araguaia. As variáveis são representadas pelo ambiente (A = calha principal do rio Araguaia e T = tributários) correspondentes aos valores médios e desvio padrão (DP) dos pontos amostrais entre os períodos de novembro de 2018 a julho de 2020. Valor mínimo (Min) e máximo (Max) da variação encontrada entre os pontos amostrais. (*) Profundidade média dos pontos de amostragem no centro do rio. Sigla: Fases do Regime Hidrológico (RH) e Sólidos Dissolvidos Totais (TDS).

RH	Env	pH		Profundidade (m)		STD (mg/L)		Temperatura (ºC)		Tubidez (NTU)	
		Média (±DP)	Min/Max	Média (±DP)	Min/Max	Média (±DP)	Min/Max	Média (±DP)	Min/Max	Média (±DP)	Min/Max
Cheia	A	4,94 ± 0,42	4,17/5,86	3,06 ± 1,22	1,04/5,76	0,01 ± 0	0,01/0,02	28,22 ± 1,1	25,57/29,59	165,98 ± 131,82	29,9/518,6
	T	5,03 ± 0,61	3,82/6,15	1,71 ± 1,09	0,68/5,4	0,02 ± 0,01	0/0,04	28,13 ± 1,16	25,07/29,91	240,39 ± 188,75	5,12/622,25
Vazante	A	5,74 ± 0,25	5,25/6,25	4,01 ± 1,65	0,94/8,14	0,02 ± 0	0,01/0,02	27,77 ± 1,25	25,92/29,81	149,22 ± 137,76	26,45/560,47
	T	5,8 ± 0,38	5,23/6,62	1,95 ± 1,01	0,82/4,6	0,02 ± 0,01	0,01/0,05	27,43 ± 1,2	25,69/29,66	228,3 ± 245,98	7,08/979,27
Seca	A	5,45 ± 0,5	4,67/6,25	2,24 ± 1,11	0,76/6,98	0,01 ± 0,01	0,01/0,03	25,65 ± 2,29	21,29/28,92	7,63 ± 5	0/20,06
	T	5,7 ± 0,77	3,74/7,06	0,88 ± 0,33	0,47/2,38	0,02 ± 0,01	0/0,06	26,22 ± 2,53	21,75/29,48	8,19 ± 7,66	0/25,21

3.2. Padrões de distribuição entre os ambientes

Em quase todos os pontos de amostragem e regimes hidrológicos registramos capturas de ovos e larvas de peixes. Não houve ocorrência de larvas no rio Diamantino-GO (vazão), e nos rios Diamantino-MT e Caiapó (seca). As maiores densidades médias de ovos e larvas foram observadas no período de cheia, nos rios: Diamantino-MT (T5), Caiapó (T7) e Claro (T8). Seguidos pelo trecho do Araguaia montante do rio Diamantino-MT (A5) com maior densidade média de ovos e rio das Garças (T6) com maior densidade média de larvas (Figura 2; Material suplementar 2).

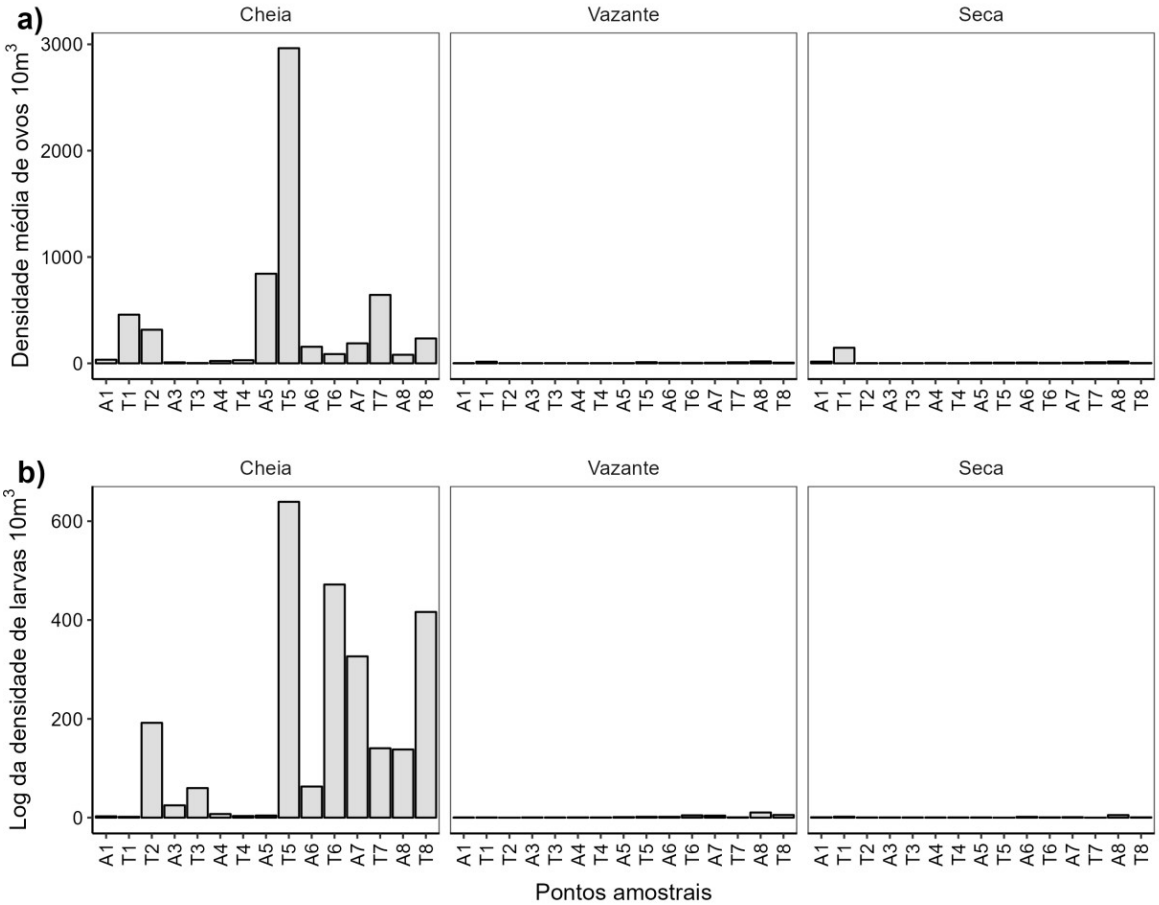

Figura 2. Densidade média de (a) ovos e (b) larvas de peixes ($10m^3$) nos pontos amostrais durante cada fase do regime hidrológico na bacia do rio Araguaia. Os pontos amostrais (PA) estão representados por Tributários (T) e rio Araguaia (A), a numeração indica a amostragem no tributário e no respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro.

Com relação ao desenvolvimento inicial dos peixes, encontramos maiores proporções nas fases de ovo e larval vitelino, indicando que todos os locais amostrados são importantes para a reprodução (Figura 3). No período de cheia, observamos que os pontos

amostrais no rio Araguaia a montante do rio do Peixe (A3), rio do Peixe (T3), Araguaia a montante do rio Caiapó (A7), Araguaia a montante do rio Claro (A8) e rio Claro (T8) apresentaram maiores proporções de estágios larvais de pré-flexão e flexão. Não encontramos muitas larvas na fase de pós-flexão, mas elas ocorreram nos trechos do rio Araguaia, a montante do rio Diamantino (A5), a montante do rio Caiapó (A7) e a montante do rio Claro (A8), e nos tributários; Diamantino-GO (T2), Garças (T6) e Claro (T8).

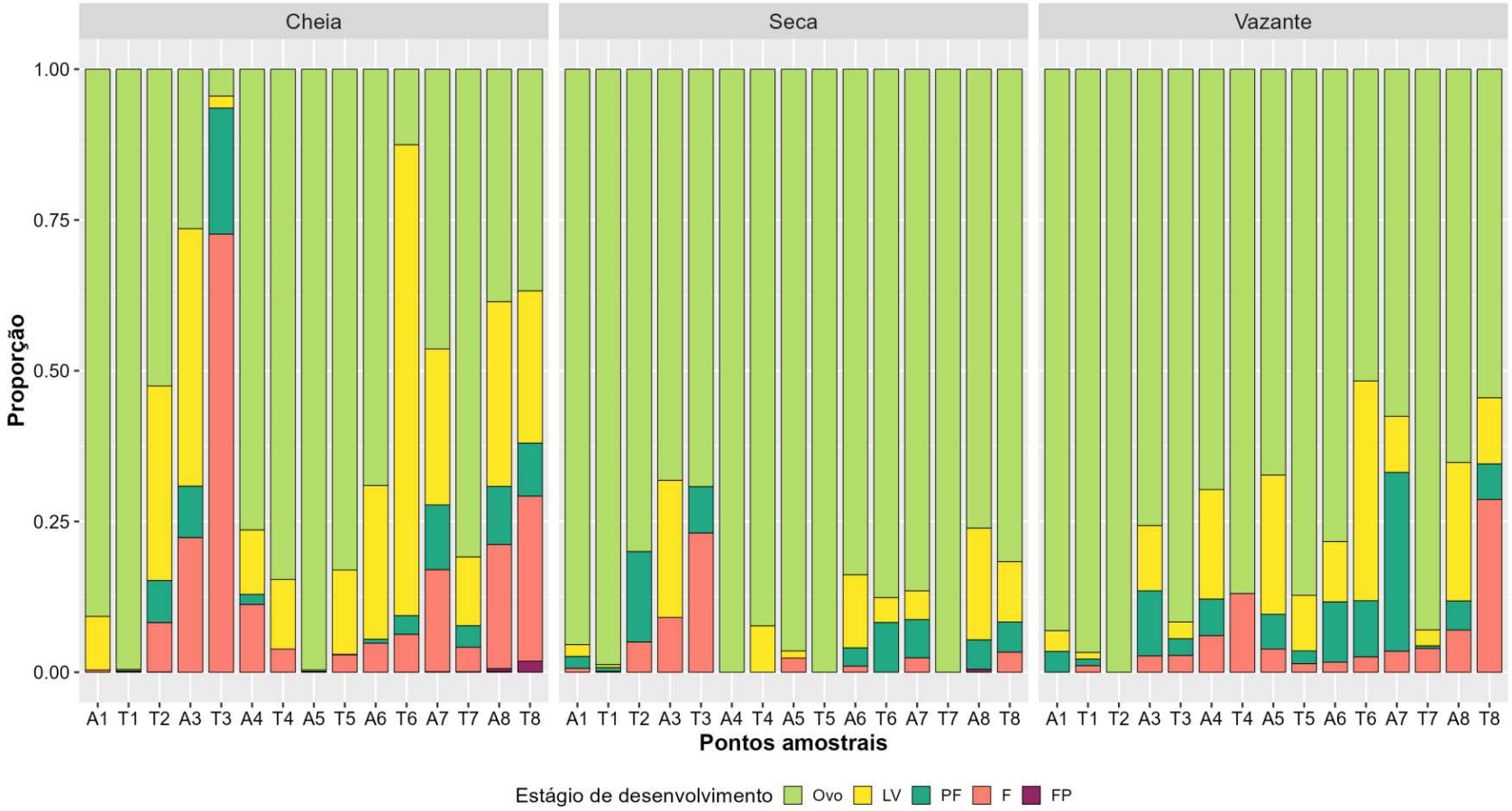

Figura 3. Proporção dos estágios iniciais de desenvolvimento dos ovos e larvas de peixes encontrados nos locais de amostragem durante cada fase do regime hidrológico na bacia do rio Araguaia. Abreviações: LV = larval vitelino, PF = pré-flexão, F = flexão e FP = pós-flexão. Os pontos amostrais estão representados por T: Tributários e A: rio Araguaia, a numeração indica a amostragem no tributário e o respectivo ponto amostral no rio Araguaia, T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro.

Não identificamos diferenças entre as densidades de ovos e larvas de peixes nos ambientes "tributário *versus* canal principal" em nenhuma fase do regime hidrológico: cheia (ovos: $U = 102$; $P = 0{,}7$; larvas: $U = 82$; P = 0,22), vazante (ovos: $U = 86$; $P = 0{,}3$; larvas: $U = 135$; $P = 0{,}35$) e seca (ovos: $U = 138$; $P = 0{,}9$; larvas: $U = 133$; $P = 0{,}4$) (Figura 4).

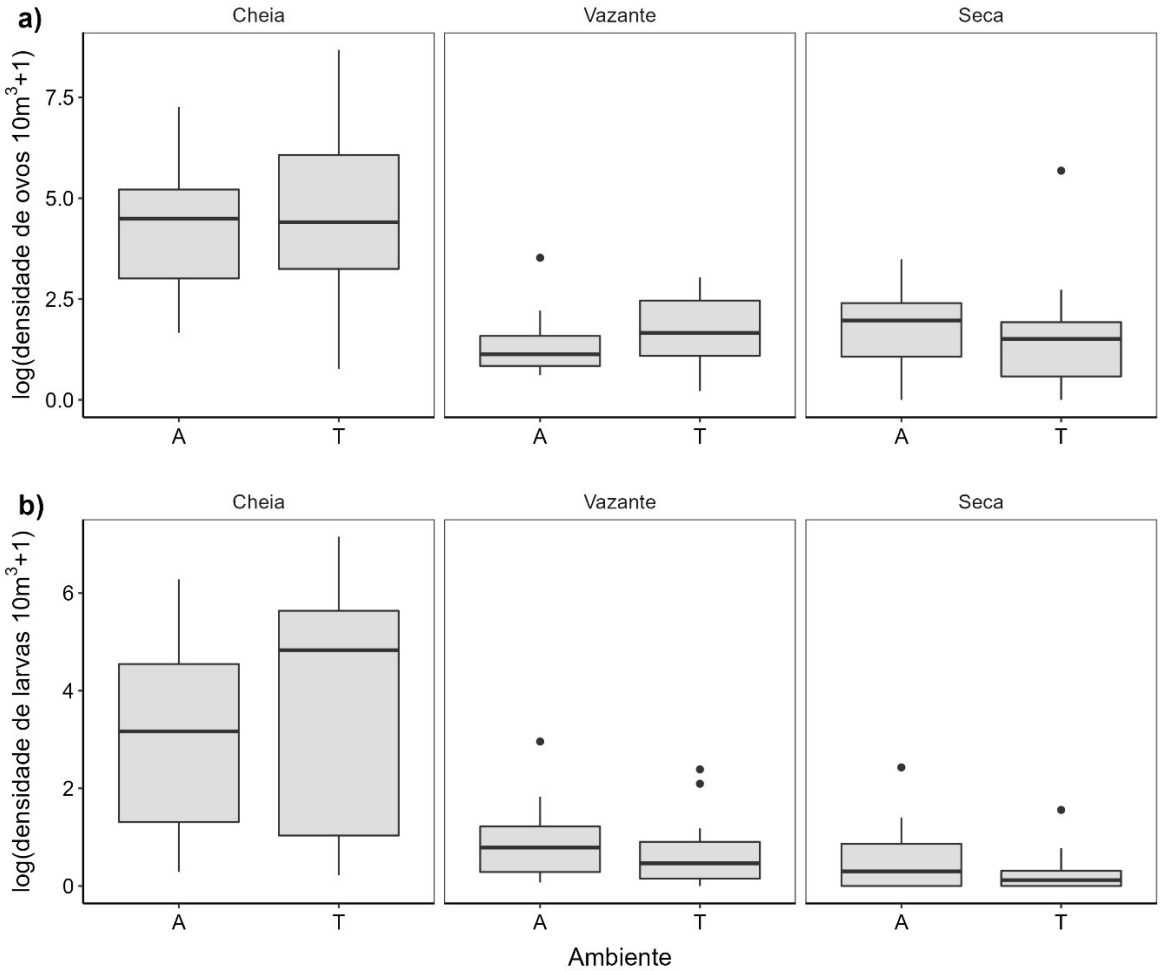

Figura 4. Boxplot das densidades de (a) ovos e (b) larvas entre ambientes "(T) tributário *versus* (A) canal principal" em cada fase do regime hidrológico. As linhas horizontais representam as medianas, os retângulos representam o primeiro e o terceiro quartis. O máximo e o mínimo do *wiskers* representam $\pm$ 1,5 vezes a distância entre o primeiro e o terceiro quartis e os pontos representam *outliers*.

3.3. Influência de fatores espaciais e fator sazonal

A composição larval foi significativamente influenciada pelo fator espacial (R^2 = 0,04; $F = 4{,}08$; $P = 0{,}001$), pelos locais de amostragem ($R^2 = 0{,}22$; $F = 1{,}60$; $P = 0{,}004$) e pelas fases do regime hidrológico ($R^2 = 0{,}18$; $F = 8{,}94$; $P < 0{,}001$). Em relação aos locais de amostragem (PERMDISP: $F = 0{,}27$; $gl = 14$; $P = 0{,}98$) e fases do regime hidrológico

(PERMDISP: $F = 1,35$; $gl = 2$; $P = 0,27$) não houve diferença na dispersão entre os grupos (homogeneidade), mas sim devido à mudança na composição da assembleia de larvas.

Os locais de amostragem formaram cinco grupos distintos, os dois primeiros agrupamentos foram compostos por oito famílias (Figura 5), inferior à dos agrupamentos restantes, que incluem 17 famílias. Notavelmente, seis famílias (Serrasalmidae, Pimelodidae, Auchenipteridae, Heptapteridae, Anostomidae e Characidae) foram distribuídas na maioria dos tributários e trechos do rio Araguaia (Figura 5 a).

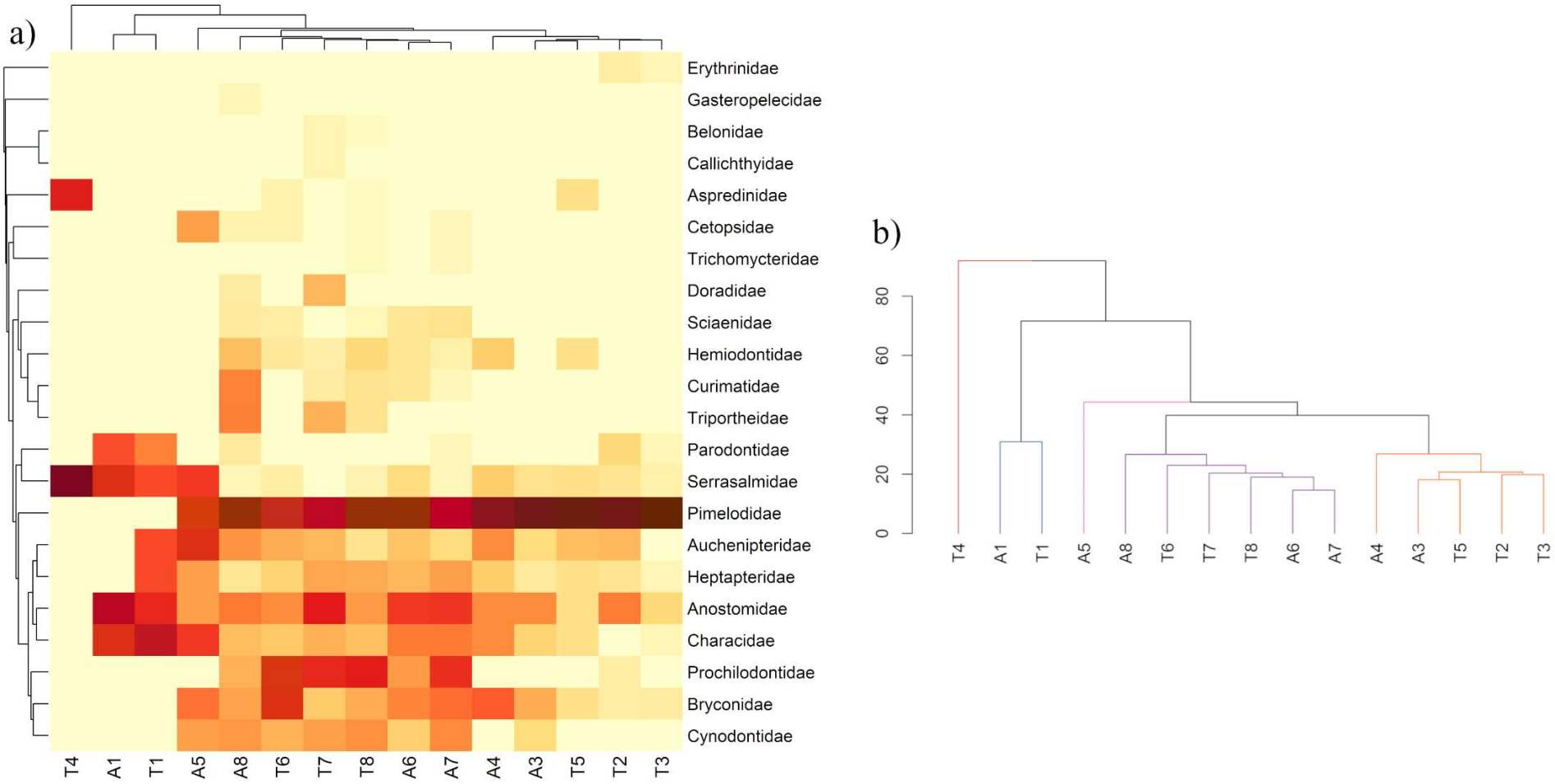

Figura 5. Padrões de ocorrência de famílias de larvas de peixes entre os pontos amostrais na bacia do rio Araguaia. a) Dendrograma de calor demonstrando a associação dos táxons com os agrupamentos dos pontos amostrais. Cores claras, intermediárias e escuras representam nenhuma, baixa/média e alta abundância e associação com as famílias (respectivamente) em cada agrupamento dos pontos amostrais. b) Dendrograma com os agrupamentos formados pela análise SIMPROF. Os pontos amostrais estão representados por T: Tributários e A: rio Araguaia, a numeração indica a amostragem no tributário e o respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro.

3.4. Relações das variáveis físico-químicas

O pH, a profundidade, as fases do regime hidrológico, a temperatura e a interação das fases do regime hidrológico com o pH e a profundidade foram positivamente associados ao número de ovos (Tabela 4). Por outro lado, a turbidez, a profundidade, as fases do regime hidrológico, os sólidos totais dissolvidos, a temperatura e a interação das fases do regime hidrológico com a turbidez e sólidos totais dissolvidos foram positivamente associados ao número de larvas (Tabela 4).

Tabela 4. Seleção do melhor modelo linear misto para ovos e larvas de peixes com base no critério de Akaike. NTU: turbidez; pH; Prof: profundidade; Reg: regime hidrológico; STD: Sólido Totais Dissolvido; *offset*(log(v_m3)): volume m3 de água filtrada gl: grau de liberdade; AICc: Critério de Informação de Akaike corrigido.

		Modelos selecionados	gl	AICc	Δ_iAICc	Peso
Ovos	**1**	**log(Ovos+1) ~ pH + prof + Reg + temp + (pH*Reg) + (prof*Reg) + offset(log(v_m3)) + (1|Ponto_amostral)**	**12**	**302,58**	**0,00**	**0,14**
	2	log(Ovos+1) ~ pH + prof + Reg + temp + (pH*Reg) + (prof*Reg) + (temp*Reg) + *offset*(log(v_m3)) + (1|Ponto_amostral)	14	303,19	0,61	0,10
	3	log(Ovos+1) ~ pH + prof + Reg + STD + temp + (pH*Reg) + (prof*Reg) + *offset*(log(v_m3)) + (1|Ponto_amostral)	13	303,25	0,67	0,10
Larvas	**1**	**log(Larvas+1) ~ NTU + prof + Reg + STD + temp + (NTU*Reg) + (STD*Reg) + *offset*(log(v_m3)) + (1|Ponto_amostral)**	**13**	**312,77**	**0.00**	**0,27**
	2	log(Larvas+1) ~ NTU + pH + prof + Reg + STD + temp + (NTU*Reg) + (STD*Reg) + *offset*(log(v_m3)) + (1|Ponto_amostral)	14	314,40	1,62	0,12
	3	log(Larvas+1) ~ NTU + prof + Reg + temp + (NTU*Reg) + *offset*(log(v_m3)) + (1|Ponto_amostral)	10	314,93	2,15	0,09

3.5. Variação diurna

Não encontramos diferenças nas densidades de ovos e larvas de peixes durante a cheia entre os horários de coleta nas amostras de superfície para ovos (H = 7,71; gl = 3; P = 0,05) e larvas (H = 1,32; gl = 3; P = 0,72). Ao mesmo tempo, para as amostras de fundo encontramos diferenças entre os horários para os ovos (H = 15,1; gl = 3; P = 0,001), mas não para as larvas (H = 3,33; gl = 3; P = 0,33). As densidades de ovos das amostras de fundo foram diferentes nos horários de 00:00 quando comparado com as 12:00 horas (Figura 6).

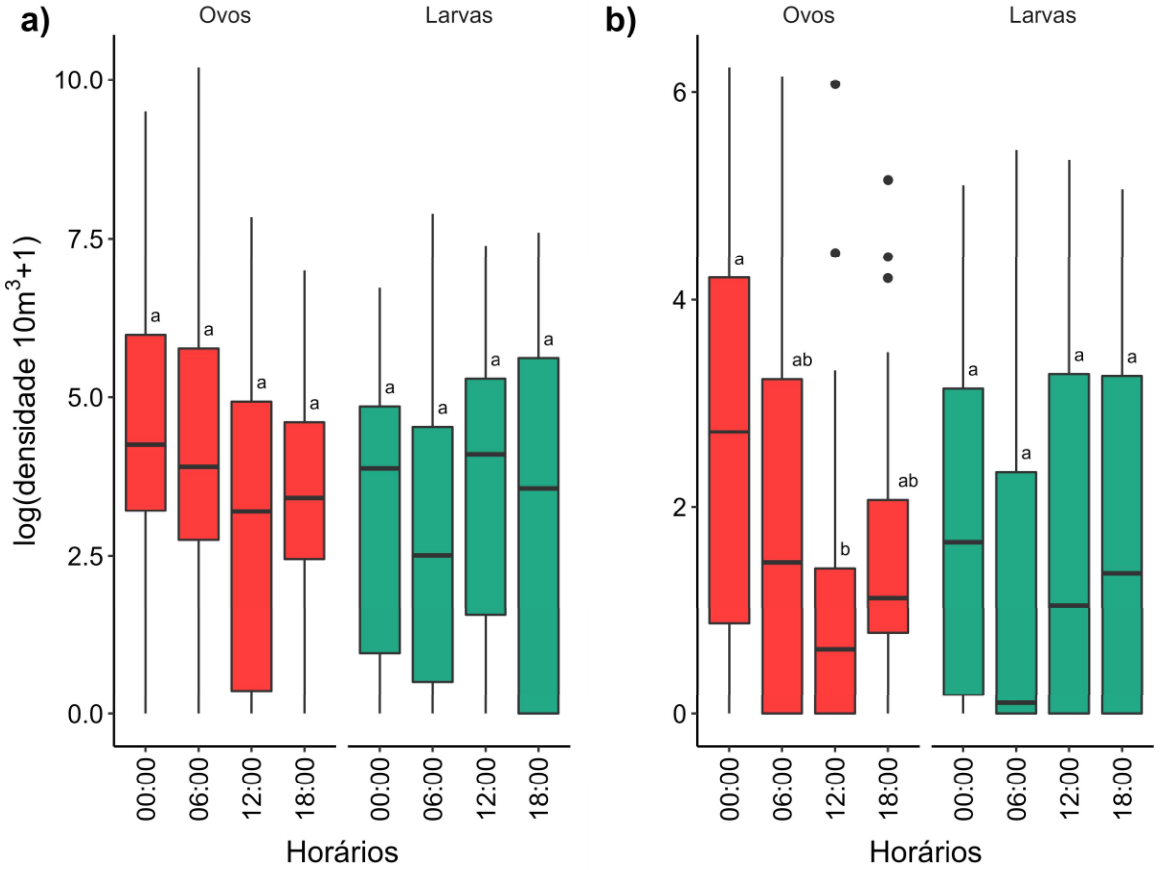

Figura 6. Boxplot das densidades de ovos e larvas de peixes em relação aos horários de amostragens para: a) amostras de superfície e b) amostras de fundo. As linhas horizontais representam as medianas, os retângulos representam o primeiro e o terceiro quartis. O máximo e o mínimo do *wiskers* representam ± 1,5 vezes a distância entre o primeiro e o terceiro quartis e os pontos representam outliers. Letras diferentes indicam diferenças significativas.

4. DISCUSSÃO

4.1. Padrões de distribuição entre os ambientes

Nossos resultados mostram atividade reprodutiva em todos os ambientes amostrados, com altas proporções de ovos e larvas à deriva, mostrando diversos táxons que utilizam esta região como principais áreas de desova. As áreas de berçário – várzea do médio rio Araguaia – estão inseridas após o rio Caiapó. Registramos as maiores densidades de ovas e larvas de peixes e a maior diversidade de táxons na estação das cheias, padrão que ocorre em bacias hidrográficas Neotropicais (Agostinho *et al.*, 2004; Jiménez-Segura *et al.*, 2010; Rosa *et al.*, 2018; Sanches *et al.*, 2020). Esse período é caracterizado pela expansão dos ambientes aquáticos, alta disponibilidade de recursos e menor pressão de predação, proporcionando maiores chances de recrutamento (Esteves, 2011; Junk *et al.*, 1989; Vazzoler, 1996).

Não houve diferenças nas densidades de ovos e larvas de peixes entre o "canal tributário versus canal principal", este resultado não corrobora com estudos anteriores que mostraram a maior importância dos tributários (Pachla *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2019, 2015; Vasconcelos *et al.*, 2021). Provavelmente, isso se deve ao fato que a bacia do rio Araguaia ainda não possuir grandes intervenções antrópicas (*e.g.*, barragens) nas calhas principais dos seus principais cursos d'água, o que permite que toda a região seja utilizada como área de desova. Portanto, fica claro a relevância de toda região para a sustentabilidade do estoque pesqueiro regional, diversidade de espécies e a importância de se preservar o fluxo longitudinal livre de barramento devido ao intenso uso para a desova (principalmente para as espécies migradoras). Vale a pena ressaltar que foram encontradas larvas de espécies migradoras como *Brycon* sp., *Prochilodus nigricans*, *Salminus hilarii*, *Sorubim lima*, *Pseudoplastystoma punctifer*, *Rhaphiodon vulpinus* e *Zungaro zungaro* na região de estudo sendo um indicativo de sítios de desova.

A ausência de espécie não-nativa indica que a bacia do Araguaia ainda possui uma alta integridade ecológica. Todavia, o cenário atual e futuro para a bacia do rio Araguaia é de aumento da intervenção antrópica (ver, Latrubesse *et al.,* 2019; Pelicice *et al.,* 2021) que podem colocar em risco a biodiversidade de peixes. Diante disso, medidas que garantam a preservação da biodiversidade da bacia são fundamentais frente à degradação ambiental em curso (Pelicice *et al.*, 2021).

4.2. Influência de fatores espaciais e fator sazonal

O fator espacial é um mecanismo importante para explicar a mudança na composição da assembleia de larvas. Isso ocorre porque o fator espacial é determinado pela conectividade fluvial e representa a capacidade de dispersão das assembleias (Padial *et al.*, 2014). Assim, a dispersão à deriva das larvas de peixes no sentido do fluxo rio (Lechner *et al.*, 2016) influencia a composição das larvas. Além disso, estudos apontam que o uso do habitat ao longo do gradiente aquático para a reprodução dos peixes tende a variar devido a especificidade ecológicas das espécies, com ampla ou restrita distribuição (Reynalte-Tataje *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2017). Fato que também pode ser atribuído a teoria de distribuição ideal livre (Fretwell & Lucas, 1969), na qual as maiores densidades de desova são distribuídas em habitats que podem maximizar a aptidão da prole (Purchase & Hutchings, 2008). Além disso, a possível explicação para a mudança na composição das assembleias de larvas de peixes entre as fases do regime hidrológico pode ser devido a diferentes estratégias reprodutivas dos peixes. Os modos reprodutivos dos peixes são diversos, incluindo diferenças comportamentais (migratórias e sedentárias), períodos reprodutivos e tipo de desova (Carolsfeld *et al.*, 2003; Nakatani *et al.*, 2001; Winemiller, 1989, 2005), e geralmente relacionados a flutuações como o regime de cheias (Bailly *et al.*, 2008; Jiménez-Segura *et al.*, 2010; Junk *et al.*, 1989; Vazzoler, 1996).

Ocorreu uma segregação de famílias entre os locais de amostragem mais próximos à planície de inundação e aqueles localizados nos trechos superiores da bacia, principalmente para famílias que possuem representantes migratórios. Esse fato tem sido observado em outros estudos, demonstrando uma diferenciação na escolha de habitats entre as guildas reprodutivas das espécies e consequente estruturação de uma diversidade beta (Rosa *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2017). O comportamento das espécies migradoras pode diferir entre as populações, apresentando populações agrupadas ao longo do tempo (Ribolli *et al.*, 2017). Adicionalmente, algumas mantêm populações residentes, outras não migram para reprodução todos os anos ou podem realizar migrações de curta distância (Makrakis *et al.*, 2012). Todos esses fatores contribuem para a diversidade de táxons entre os tributários e desempenham papel fundamental na comunidade de peixes para o trecho do rio principal (Marques *et al.*, 2018; Silva *et al.*, 2019; Vasconcelos *et al.*, 2021). Isso reforça a importância dos rios de fluxo livre para a reprodução de espécies migradoras que são de alto valor para atividade pesqueira, ecoturismo e pesca esportiva. Além disso, é fundamental preservar os ambientes que são frequentemente utilizados para a desova e

áreas de berçário independente da estratégia reprodutiva dos peixes para a sustentabilidade dos estoques de peixes (Rosa *et al.*, 2022).

4.3. Relações das variáveis físico-químicas

A reprodução dos peixes Neotropicais é determinada por condições que possibilitam o desenvolvimento dos ovos e das larvas (Lowe-McConnell, 1987; Vazzoler, 1996). Dentre essas condições, destaca-se o período de cheia, caracterizado por carrear sedimentos durante as chuvas tornando as águas mais turvas e consequentemente com maior absorção de calor (Esteves, 2011). Além disso, ocorre expansão e homogeneização do ambiente aquático favorecendo a reprodução dos peixes (Agostinho *et al.*, 2004; Junk *et al.*, 1989; Lowe-McConnell, 1987). Por exemplo, as mudanças na turbidez, na profundidade e nos sólidos totais no período de cheia. Isso demonstra uma sincronia com a presença de ovos e larvas de peixes nos períodos que proporcionam maiores chances de sobrevivência (Kerr *et al.*, 2014; Lopes & Zaniboni-Filho, 2019; Rodger *et al.*, 2016).

4.4. Variação diurna

As maiores densidades de captura de ovos foram registradas no período noturno nas amostragens de fundo (Figura 5). Esse resultado pode estar relacionado a desova de peixes demersais, os ovos demersais são maiores e mais densos que a água e por isso, permanecem no substrato (Nakatani *et al.*, 2001). O fato de os ovos serem maiores podem torná-los mais susceptíveis a predação. Portanto, as espécies com esse tipo de ovos podem ter a tática de desova noturna como tentativa de maximizar a sobrevivência da prole. Essa tática reprodutiva é recorrente em peixes Neotropicais e visa proteger a prole de predadores diurnos (Bialetzki *et al.*, 1999; Sanches *et al.*, 2006; Suzuki & Pompeu, 2016). Por outro lado, a frequência de captura de ovos e larvas em todos os horários nas amostragens de superfície pode estar relacionada a maior presença de ovos pelágicos e a turbidez dos rios amostrados. Estudos recentes têm sugerido que a precipitação e a turbidez são os principais gatilhos de desova, o que proporciona maiores densidades de ovos e larvas de peixes nessas condições (Brambilla *et al.*, 2022; Lopes *et al.*, 2019; Makrakis *et al.*, 2022). Além disso, sabe-se que a presença de ovos pode ser resultado de eventos passados (*i.e.*, um a três dias anteriores, ver Nakatani *et al.,* 2001), consequentemente a densidade de ovos pode estar relacionada ao tempo de desenvolvimento até a eclosão e não unicamente ao horário de desova. Nesse caso, para obter uma estimativa de tempo real

seria necessário realizar retro cálculo de acordo com o estágio de desenvolvimento dos ovos e das larvas, possibilitando maior acurácia aos dados.

5. CONCLUSÃO

Concluímos que os tributários e o canal principal do trecho do médio e alto rio Araguaia são importantes áreas para a reprodução dos peixes. Há também o indicativo de diversidade beta (*i.e.*, mudança na composição de assembleias de larvas entre os locais amostrais) mostrando que táxons possuem habitats preferenciais para sua desova. Atualmente, a integridade do fluxo no rio Araguaia e todos os seus tributários proporcionam uma heterogeneidade ambiental que favorece a segregação de famílias e proporciona a reprodução de todas as estratégias reprodutivas. A reprodução dos peixes ocorre em todas as fases do regime hidrológico, mas preferencialmente durante os períodos de cheia. Nesse período, as condições físico-químicas como o aumento da temperatura e turbidez proporciona condições favoráveis para a desova e desenvolvimento inicial. Adicionalmente, os ambientes de águas turvas favorecem a deriva diária de ovos pelágicos enquanto os peixes demersais mantêm a tática reprodutiva noturna.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Veríssimo, S., & K. Okada, E. (2004). Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Paraná River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *14*, 11–19.

Agostinho, A. A., Marques, E. E., Agostinho, C. S., De Almeida, D. A., De Oliveira, R. J., & De Melo, J. R. B. (2007). Fish ladder of Lajeado Dam: migrations on one-way routes? *Neotropical Ichthyology*, *5*, 121–130.

Ahlstrom, E. H., & Moser, H. G. (1976). Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations in fisheries. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, *40*, 379–398.

Altermatt, F. (2013). Diversity in riverine metacommunities: a network perspective. *Aquatic Ecology*, *47*, 365–377.

Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., De Moraes Gonçalves, J. L., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, *22*, 711–728.

Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, *26*, 32–46.

Anderson, M. J., & Walsh, D. C. I. (2013). PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: what null hypothesis are you testing? *Ecological Monographs*, *83*, 557–574.

Angelo, P. G., & Carvalho, A. R. (2008). Valor recreativo do rio Araguaia, região de Aruanã, estimado pelo método do custo de viagem. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, *29*, 421–428.

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.

Baran, E. (2006). Fish migration triggers in the Lower Mekong Basin and other tropical freshwater systems. *Mekong River Commission, Vientiane.*, 1683–1489.

Barton, K. (2022). MuMIn: Multi-Model Inference. 2022.

Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software*, *67*, 1–48.

Bialetzki, A., Sanches, P. V., Cavicchioli, M., Baumgartner, G., Ribeiro, R. P., &

Nakatani, K. (1999). Drift of ichthyoplankton in two channels of the Paraná River, between Paraná and Mato Grosso do Sul states, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *42*, 0–0.

Bittencourt, S. C. da S., Silva, A. L., Zacardi, D. M., von Wehrden, H., & Nakayama, L. (2018). Distribuição espacial de larvas de peixes em um reservatório tropical na bacia Araguaia-Tocantins. *Biota Amazônia*, *8*, 14–18.

Blanchet, F. G., Legendre, P., & Borcard, D. (2008). Forward selection of spatial explanatory variables. *Ecology*, *89*, 2623–2632.

Borcard, D., Gillet, F., & Legendre, P. (2018). *Numerical Ecology with R*, 2ª. D. Borcard, P. Legendre, F. Gillet, R. Gentleman, G. G. Parmigiani, & K. Hornik (Eds.). Use R! Cham: Springer International Publishing.

Brambilla, E. M., Silva, L. G. M., Baumgartner, L. J., Bialetzki, A., & Nogueira, M. G. (2022). Dispersal of fish eggs and larvae in a cascade of small hydropower plants with fish ladders. *Hydrobiologia*, *849*, 339–356.

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2002). *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*, 2nd ed. New York: Springer.

Burnham, K. P., Anderson, D. R., & Huyvaert, K. P. (2011). AIC model selection and multimodel inference in behavioral ecology: some background, observations, and comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *65*, 23–35.

Carnicer, C., Lima, L. B., Pelicice, F. M., & Lima-Junior, D. P. (2023). Global trends, biases and gaps in the scientific literature about freshwater fish eggs and larvae. *Journal of Fish Biology*, *102*, 83–95.

Carolsfeld, J., Harvey, B., Ross, C., & Baer, A. (2003). *Migratory fishes of South America: biology, fisheries and conservation status*. Canadá: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.

Clarke, K. R., Somerfield, P. J., & Gorley, R. N. (2008). Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *366*, 56–69.

Dagosta, F. C. P., & Pinna, M. De. (2019). The fishes of the Amazon: distribution and biogeographical patterns, with a comprehensive list of species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, *2019*, 1–163.

Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., … Lautenbach, S. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, *36*, 027–046.

Dray, S., Bauman, D., Blanchet, G., Borcard, D., Clappe, S., Guenard, G., … Wagner, H. H. (2022). Adespatial: multivariate multiscale spatial analysis. 2022.

Esteves, F. de A. (2011). *Fundamentos de limnologia*, 3rd ed. Rio de Janeiro.

Fretwell, S. D., & Lucas, H. L. (1969). On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds. *Acta Biotheoretica*, *19*, 16–36.

Harrison, X. A., Donaldson, L., Correa-Cano, M. E., Evans, J., Fisher, D. N., Goodwin, C. E. D., … Inger, R. (2018). A brief introduction to mixed effects modelling and multi-model inference in ecology. *PeerJ*, *6*, e4794.

Irion, G., Nunes, G. M., Nunes-da-Cunha, C., de Arruda, E. C., Santos-Tambelini, M., Dias, A. P., … Junk, W. J. (2016). Araguaia River floodplain: size, age, and mineral composition of a large tropical savanna wetland. *Wetlands*, *36*, 945–956.

Jiménez-Segura, L. F., Palacio, J., & Leite, R. (2010). River flooding and reproduction of migratory fish species in the Magdalena River basin, Colombia. *Ecology of Freshwater Fish*, *19*, 178–186.

Junk, W. J., Bayley, P. B., Sparks, R. E., & others. (1989). The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences*, *106*, 110–127.

Kassambara, A. (2021). rstatix: Pipe-Friendly framework for basic statistical tests. 2021.

Kerr, K. A., Christy, J. H., Joly-Lopez, Z., Luque, J., Collin, R., & Guichard, F. (2014). Reproducing on time when temperature varies: shifts in the timing of courtship by Fiddler Crabs. *PLoS ONE*, *9*, e97593.

Latrubesse, E. M., Arima, E., Ferreira, M. E., Nogueira, S. H., Wittmann, F., Dias, M. S., … Bayer, M. (2019). Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conservation Science and Practice*, *1*, e77.

Latrubesse, E. M., & Stevaux, J. C. (2002). Geomorphology and environmental aspects of the Araguaia fluvial basin, Brazil. *Zeitschrift fur Geomorphologie, Supplementband*, *129*, 109–127.

Lechner, A., Keckeis, H., & Humphries, P. (2016). Patterns and processes in the drift of early developmental stages of fish in rivers: a review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. Springer International Publishing September 1, 2016, pp. 471–489, doi:10.1007/s11160-016-9437-y.

Legendre, P., & Gallagher, E. D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, *129*, 271–280.

Lopes, C. A., & Zaniboni-Filho, E. (2019). Mosaic environments shape the distribution of

Neotropical freshwater ichthyoplankton. *Ecology of Freshwater Fish*, *28*, 544–553.

Lopes, J. de M., Pompeu, P. S., Alves, C. B. M., Peressin, A., Prado, I. G., Suzuki, F. M., … Kalapothakis, E. (2019). The critical importance of an undammed river segment to the reproductive cycle of a migratory Neotropical fish. *Ecology of Freshwater Fish*, *28*, 302–316.

Lowe-McConnell, R. H. (1987). *Ecological Studies in Tropical Fish Communities*. Cambridge University Press.

Makrakis, M. C., Miranda, L. E., Makrakis, S., Fontes Júnior, H. M., Morlis, W. G., Dias, J. H. P., & Garcia, J. O. (2012). Diversity in migratory patterns among Neotropical fishes in a highly regulated river basin. *Journal of Fish Biology*, *81*, 866–881.

Makrakis, M. C., Refatti, A., Keckeis, H., Silva, P. S., Assumpção, L., Kashiwaqui, E. A. L., … Makrakis, S. (2022). Importance of a turbulent river section below a giant waterfall for fish spawning: indications from drift and dispersion patterns of early life stages. *Ecohydrology*, *15*, 1–14.

Marques, H., Dias, J. H. P., Perbiche-Neves, G., Kashiwaqui, E. A. L., & Ramos, I. P. (2018). Importance of dam-free tributaries for conserving fish biodiversity in Neotropical reservoirs. *Biological Conservation*, *224*, 347–354.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, *403*, 853–858.

Nakatani, K., Agostinho, A. A., Baumgartner, G., Bialetzki, A., Sanches, P. V., Makrakis, M. C., & Pavanelli, C. S. (2001). *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Maringá: Eduem.

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., … Wagner, H. (2020). Vegan: community ecology package. 2020.

Olden, J. D., Jackson, D. A., & Peres-Neto, P. R. (2001). Spatial isolation and fish communities in drainage lakes. *Oecologia*, *127*, 572–585.

Oliveira, L. S. de, Cajado, R. A., Silva, F. K. S. da, Andrade, M. C., & Zacardi, D. M. (2022). Early development of two commercially valuable fish from the lower Amazon River, Brazil (Characiformes: Serrasalmidae). *Neotropical Ichthyology*, *20*, e210024.

Pachla, L. A., Hartmann, P. B., Massaro, M. V., Pelicice, F. M., & Reynalte-Tataje, D. A. (2022). Recruitment of migratory fish in free-flowing rivers with limited floodplain development. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *32*, 1888–1900.

Padial, A. A., Ceschin, F., Declerck, S. A. J., De Meester, L., Bonecker, C. C., Lansac-

Tôha, F. A., … Bini, L. M. (2014). Dispersal ability determines the role of environmental, spatial and temporal drivers of metacommunity structure. *PLoS ONE*, *9*, e111227.

Peláez, O., & Pavanelli, C. S. (2019). Environmental heterogeneity and dispersal limitation explain different aspects of β-diversity in Neotropical fish assemblages. *Freshwater Biology*, *64*, 497–505.

Pelicice, F. M., Agostinho, A. A., Akama, A., Andrade Filho, J. D., Azevedo-Santos, V. M., Barbosa, M. V. M., … Zuanon, J. (2021). Large-scale degradation of the Tocantins-Araguaia River Basin. *Environmental Management*, *68*, 445–452.

Pereira, L. H. A., Bialetzki, A., & Bonecker, A. C. T. (2017). Larval and juvenile development of *Tatia intermedia* (Siluriformes: Auchenipteridae). *Journal of Fish Biology*, *90*, 1098–1103.

Purchase, C. F., & Hutchings, J. A. (2008). A temporally stable spatial pattern in the spawner density of a freshwater fish: evidence for an ideal despotic distribution. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *65*, 382–388.

R Core Team. (2022). R: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria 2022.

Reynalte-Tataje, D. A., Agostinho, A. A., & Bialetzki, A. (2013). Temporal and spatial distributions of the fish larval assemblages of the Ivinheima River sub-basin (Brazil). *Environmental Biology of Fishes*, *96*, 811–822.

Reynalte-Tataje, D. A., Lopes, C. A., Massaro, M. V., Hartmann, P. B., Sulzbacher, R., Santos, J. A., & Bialetzki, A. (2020). State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, *32*, e6.

Ribolli, J., Hoeinghaus, D. J., Johnson, J. A., Zaniboni-Filho, E., de Freitas, P. D., & Galetti, P. M. (2017). Isolation-by-time population structure in potamodromous Dourado Salminus brasiliensis in southern Brazil. *Conservation Genetics*, *18*, 67–76.

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*, 625–640.

Rosa, G. R., Salvador, G. N., Bialetzki, A., & Santos, G. B. (2018). Spatial and temporal distribution of ichthyoplankton during an unusual period of low flow in a tributary of the São Francisco River, Brazil. *River Research and Applications*, *34*, 69–82.

Rosa, R. R., Silva, J. C., & Bialetzki, A. (2020). Long-term monitoring of potamodromous migratory fish larvae in an undammed river. *Marine and Freshwater Research*, *71*,

384–393.

Rosa, R. R., Bellay, S., Baumgartner, M. T., & Bialetzki, A. (2022). Fish larvae-environment networks: co-occurrence patterns, nestedness and robustness of reproductive guilds. *Hydrobiologia*, *849*, 2109–2125.

Sanches, P. V., Nakatani, K., Bialetzki, A., Baumgartner, G., Gomes, L. C., & Luiz, E. A. (2006). Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: the case of the Porto Primavera Dam, Paraná River, Brazil. *River Research and Applications*, *22*, 555–565.

Sanches, P. V., Gogola, T. M., Silva, R. O., Topan, D. A., Santos Picapedra, P. H., & Piana, P. A. (2020). Arms as areas for larval development of migratory fish species in a Neotropical reservoir and the influence of rainfall over abundances. *Journal of Fish Biology*, *97*, 1306–1316.

Sano, E. E., Rosa, R., Brito, J. L. S., & Ferreira, L. G. (2010). Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, *166*, 113–124.

Santos, J. A., Soares, C. M., & Bialetzki, A. (2020). Effects of pH on the incubation and early development of fish species with different reproductive strategies. *Aquatic Toxicology*, *219*, 105382.

Sharma, S., Legendre, P., De Cáceres, M., & Boisclair, D. (2011). The role of environmental and spatial processes in structuring native and non-native fish communities across thousands of lakes. *Ecography*, *34*, 762–771.

Silva, C. B., Dias, J. D., & Bialetzki, A. (2017). Fish larvae diversity in a conservation area of a neotropical floodplain: influence of temporal and spatial scales. *Hydrobiologia*, *787*, 141–152.

Silva, F. K. S., Cajado, R. A., Oliveira, L. S., Santos, Z., Santos, J. A., da Silva, L. V. F., … Zacardi, D. M. (2022a). Early development of *Prochilodus nigricans* Spix & Agassiz 1829 (Characiformes: Prochilodontidae) in captivity. *Aquaculture Research*, *53*, 4540–4555.

Silva, F. R., Gonçalves-Souza, T., Paterno, G. B., Provete, D. B., & Vancine, M. H. (2022b). *Análises ecológicas no R*, 1st ed. Recife, PE: Nupeea.

Silva, M. B. (2016). Percepção da população assistida sobre a inserção de estudantes de medicina na Unidade Básica de Saúde. *Trabalho de conclusão de curso*, *1*, 1–10.

Silva, P. S., Miranda, L. E., Makrakis, S., Assumpção, L., Dias, J. H. P., & Makrakis, M. C. (2019). Tributaries as biodiversity preserves: An ichthyoplankton perspective from the severely impounded Upper Paraná River. *Aquatic Conservation: Marine and*

Freshwater Ecosystems, *29*, 258–269.

Silva, P. S., Makrakis, M. C., Miranda, L. E., Makrakis, S., Assumpção, L., Paula, S., … Marques, H. (2015). Importance of Reservoir Tributaries to Spawning of Migratory Fish in the Upper Paraná River. *River Research and Applications*, *31*, 313–322.

Soares, M. da L., Massaro, M. V., Hartmann, P. B., Siveris, S. E., Pelicice, F. M., & Reynalte-Tataje, D. A. (2022). The main channel and river confluences as spawning sites for migratory fishes in the middle Uruguay River. *Neotropical Ichthyology*, *20*, 1–16.

Suizu, T. M., Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C., & Bayer, M. (2022). Resposta da morfologia do médio-curso superior do Rio Araguaia às mudanças no regime hidrossedimentar no período 2001-2018. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, *23*, 1420–1434.

Suzuki, F. M., & Pompeu, P. S. (2016). Influence of abiotic factors on ichthyoplankton occurrence in stretches with and without dams in the upper Grande River basin, south-eastern Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, *23*, 99–108.

Suzuki, H. I., & Agostinho, A. A. (1997). Reprodução de peixes do reservatório de Segredo. In A. A. Agostinho & L. C. Gomes (Eds.), *Reservatório de Segredo: bases ecológicas para o manejo* (pp. 163–182). Maringá: Eduem.

Tanaka, S. (1973). Stock assessment by means of ichthyoplankton surveys. *FAO Fisheries Technical Paper*, *122*, 33–51.

Valente, C. R., Latrubesse, E. M., & Ferreira, L. G. (2013). Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the Bananal Island tropical wetlands, Araguaia River basin, Central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, *46*, 150–160.

Vasconcelos, L. P., Alves, D. C., Câmara, L. F., & Hahn, L. (2021). Dams in the Amazon: the importance of maintaining free-flowing tributaries for fish reproduction. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *31*, 1106–1116.

Vazzoler, A. E. A. de M. (1996). *Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática*. Maringá: Eduem.

Vitorino Júnior, O. B., Fernandes, R., Agostinho, C. S., & Pelicice, F. M. (2016). Riverine networks constrain β-diversity patterns among fish assemblages in a large Neotropical river. *Freshwater Biology*, *61*, 1733–1745.

Whitaker, D., & Christman, M. (2014). Clustsig: significant cluster analysis. 2014.

Winemiller, K. O. (1989). Patterns of variation in life history among South American

fishes in seasonal environments. *Oecologia*, *81*, 225–241.

Winemiller, K. O. (2005). Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *62*, 872–885.

Zacardi, D. M., Santos, J. A., Oliveira, L. S. de, Cajado, R. A., & Pompeu, P. S. (2020). Ichthyoplankton studies as referential for the management and monitoring of fishery resources in the Brazilian Amazon basin. *Acta Limnologica Brasiliensia*, *32*, 1–9.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis*, 5th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Zuur, A. F., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. A., & Smith, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Statistics for Biology and Health. New York: Springer.

7. APÊNDICES

Material Suplementar 1. Localização geográficas dos pontos amostrais de coleta de ovos e larvas nas sub-bacias do médio e alto rio Araguaia. Distância (km) = Distância dos pontos amostrais em relação a planície de inundação do rio Araguaia.

Ponto amostral	Estado	Código	Sub-bacia	Latitude	Longitude	Descrição
Rio Araguaia a montante do Rio Araguainha	MT/GO	A1	Alto	16°51'55.19"S	53°0'49.82"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 70 metros de largura. O leito do rio é majoritariamente rochoso com presença de seixos. A região é conhecida pelos Cânions do Rio Araguaia. Existe uma barreira geográfica natural *ca.* 67 km rio acima (cachoeira Couto Magalhães).
Rio Araguainha	MT	T1	Alto	16°51'47.90"S	53°0'59.92"W	Presença da mata ciliar com *ca.* 30 metros na margem esquerda e com mais 70 metros na margem direita. O leito do rio é formado por bancos de areia. Há presença de barreira antrópica (*i.e.*, pequena central hidrelétrica) *ca.* 66 km rio acima.
Rio Diamantino-GO	GO	T2	Alto	16°46'30.61"S	52°49'58.72"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 70 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia e formações rochosas.
Rio Araguaia a montante do Rio do Peixe	GO/MT	A3	Alto	16°31'55.75"S	52°37'33.11"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 50 metros de largura. O leito do rio é maioritariamente constituído por seixos e formações rochosas.
Rio do Peixe	GO	T3	Alto	16°31'2.52"S	52°37'30.45"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 80 metros de largura. O leito do rio é majoritariamente rochoso com presença de seixos. Há presença da barreira natural *ca.* 10 km rio acima (moradores relatam a ocorrência do peixe Jaú

Ponto amostral	Estado	Código	Sub-bacia	Latitude	Longitude	Descrição
						rio acima da cachoeira).
Rio Araguaia a montante do Ribeirão das Perdizes	GO/MT	A4	Alto	16°15'47.42"S	52°32'58.07"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 90 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia e formações rochosas.
Ribeirão das Perdizes	GO	T4	Alto	16°15'56.16"S	52°32'29.41"W	Presença da mata ciliar com *ca.* 70 metros na margem esquerda e com mais 1000 metros na margem direita. O leito do rio é formado por bancos de areia e formações rochosas. Existe uma barreira geográfica natural *ca.* 42 km rio acima (cachoeira Salto Paraguassu).
Rio Araguaia a montante do Rio Diamantino-MT	MT/GO	A5	Alto	16°7'36.15"S	52°28'38.80"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 300 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia e formações rochosas.
Rio Diamantino-MT	MT	T5	Alto	16°7'9.73"S	52°28'22.08"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 160 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia.
Rio Araguaia a montante do Rio das Garças	MT/GO	A6	Alto	15°54'24.04"S	52°15'7.60"W	As margens do rio têm mata ciliar de *ca.* 15 metros de largura, rodeado por uma área urbana. O leito do rio é formado por bancos de areia com presença de formações rochosas.

Ponto amostral	Estado	Código	Sub-bacia	Latitude	Longitude	Descrição
Rio das Garças	MT	T6	Alto	15°53'58.81"S	52°15'34.12"W	As margens do rio têm mata ciliar de *ca.* 30 metros de largura, rodeado por uma área urbana. O leito do rio é formado por bancos de areia e presença de rochas.
Rio Araguaia a montante do Rio Caiapó	MT/GO	A7	Alto	15°49'54.86"S	51°53'17.17"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 160 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia com presença de formações rochosas.
Rio Caiapó	GO	T7	Alto	15°49'41.87"S	51°52'32.87"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 165 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia com presença de formações rochosas. Existe uma barreira antrópica (*i.e.*, pequena Central Hidrelétrica) a ca. 119 km rio acima.
Rio Araguaia a montante do Rio Claro	MT/GO	A8	Médio	15°29'37.77"S	51°42'10.17"W	Presença de mata ciliar nas margens com variações de 12 metros a 5 km de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia. Há presença das lagoas marginais. O local está inserido no início da várzea do Bananal.
Rio Claro	GO	T8	Médio	15°29'16.63"S	51°41'43.75"W	Presença de mata ciliar nas margens com mais de 60 metros de largura. O leito do rio é formado por bancos de areia. Há presença das lagoas marginais. O local está inserido no início da planície de inundação do Bananal.

Material Suplementar 2. Densidade média de ovos e larvas ($10m^3$) e desvio padrão entre cada ponto amostral para os respectivos regimes hidrológicos (cheia, vazante e seca) na bacia do rio Araguaia. Os pontos amostrais (PA) estão representados por Tributários (T) e rio Araguaia (A), a numeração indica a amostragem no tributário e no respectivo ponto amostral no rio Araguaia. T1: rio Araguainha, T2: rio Diamantino-GO, T3: rio do Peixe, T4: Ribeirão das Perdizes, T5: rio Diamantino-MT, T6: rio das Garças, T7: rio Caiapó e T8: rio Claro. Em negrito os pontos amostrais com as maiores densidades médias de ovos e larvas.

PA	Cheia (densidade/10m³)		Vazante (densidade/10m³)		Seca (densidade/10m³)	
	Ovos (±DP)	Larvas (±DP)	Ovos (±DP)	Larvas (±DP)	Ovos (±DP)	Larvas (±DP)
T1	457,71 ± 611,43	1,7 ± 0,36	15,41 ± 6,2	0,49 ± 0,18	164,54 ± 206,88	1,88 ± 2,65
A1	34,21 ± 40,86	2,72 ± 3,37	1,09 ± 0,22	0,08 ± 0	16,2 ± 21,93	0,78 ± 1,11
T2	316,02 ± 414,61	191,91 ± 172,8	1,4 ± 1,16	0 ± 0	1,03 ± 1,46	0,3 ± 0,24
T3	2,97 ± 2,55	59,83 ± 82,96	2,04 ± 1,01	0,23 ± 0,07	0,54 ± 0,65	0,25 ± 0,12
A3	9,13 ± 6,87	24,89 ± 32,18	1,2 ± 0,49	0,46 ± 0,1	1,3 ± 1,84	0,48 ± 0,68
T4	29,61 ± 34,13	3,37 ± 2,83	1,85 ± 1,15	0,29 ± 0,4	1,01 ± 1,43	0,08 ± 0,12
A4	22,21 ± 7,15	7,37 ± 9,73	1,2 ± 0,5	0,57 ± 0,39	3,67 ± 2,79	0,14 ± 0,2
T5	**2963,64 ± 4122,46**	**639,24 ± 903,66**	**10,94 ± 7,81**	**1,74 ± 0,67**	**6,3 ± 2,96**	**0 ± 0**
A5	**842,89 ± 819,34**	**4,27 ± 4,66**	**2,23 ± 0,93**	**1,14 ± 1,17**	**5,99 ± 6,03**	**0,23 ± 0,32**
T6	**87,09 ± 45,77**	**471,85 ± 354,62**	**4,38 ± 1,51**	**4,69 ± 3,44**	**4,91 ± 1,26**	**0,64 ± 0,74**
A6	155,92 ± 31,56	62,99 ± 38,12	5,42 ± 3,8	1,67 ± 0,06	7,37 ± 0,92	1,61 ± 2,04
T7	**643,7 ± 366,08**	**140,46 ± 14,02**	**9,81 ± 1,13**	**0,65 ± 0,76**	**10,17 ± 5,86**	**0 ± 0**
A7	188,2 ± 5	326,43 ± 293,03	5,52 ± 2,05	4,12 ± 1,56	5,91 ± 4,77	0,98 ± 0,78
T8	**234,18 ± 157,44**	**416,31 ± 208,36**	**6,52 ± 8,88**	**5,44 ± 6,31**	**3,53 ± 0,29**	**0,63 ± 0,71**
A8	80,64 ± 60,67	138,02 ± 61,57	18,12 ± 20,88	10,43 ± 11,14	16,68 ± 7,8	5,18 ± 7,32