



Serviço Público Federal
Universidade Federal do Pará
Campus Universitário de Altamira



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Ester Amaral dos Santos Tossouhoun

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE PEIXES DULCÍCOLAS: PADRÕES, DÉFICITS E
TENDÊNCIAS**

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa

ALTAMIRA – PA
SETEMBRO - 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO

Ester Amaral dos Santos Tossouhoun

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE PEIXES DULCÍCOLAS: PADRÕES, DÉFICITS E
TENDÊNCIAS**

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestra em Biodiversidade e Conservação.

ALTAMIRA - PA
SETEMBRO – 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A485b Amaral dos Santos Tossouhoun, Ester.
Biologia reprodutiva de peixes dulcícolas : padrões, déficits e
tendências / Ester Amaral dos Santos Tossouhoun. — 2024.
47 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2024.

1. Peixes. 2. Reprodução. 3. Água doce. 4. Conservação. 5.
Pesca. I. Título.

CDD 571.8

ESTER AMARAL DOS SANTOS TOSSOUHOUN

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE PEIXES DULCÍCOLAS: PADRÕES, DÉFICITS E TENDÊNCIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Universidade Federal do Pará, como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Biodiversidade e Conservação, avaliada pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

Orientador: Prof. Dr. Leandro Melo de Sousa
Universidade Federal do Pará

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dra. Danielle Regina Gomes Ribeiro Brasil
Examinadora externa - Universidade Federal do Mato Grosso

Prof. Dr. Diego Maia Zacardi
Examinador externo - Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof^ª. Dra. Karina Dias da Silva
Examinadora interna - Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Marcelo Costa Andrade
Examinador externo - Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Márcio Joaquim da Silva
Examinador externo - Universidade Federal do Pará

Aprovada em: _____ / _____ / _____.

Altamira – PA, 13 de setembro de 2024

DEDICATÓRIA

À minha *petite famille*, em especial ao meu esposo Clément Camille Tossouhoun e a minha pequena Eva Íris Yessougnon Amaral Tossouhoun, que recarregaram as minhas energias e seguraram nas minhas mãos durante esse processo.

EPÍGRAFE

*Ouçá conselhos e aceite instruções, e acabará
sendo sábio.*

Provérbios 19:20

AGRADECIMENTOS

À Deus por toda ajuda, coragem e força que me deu para concluir mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais que sempre me amaram e nunca mediram esforços para me ajudar. Eu os amo imensamente!

Ao meu esposo e à minha filha por me concederem um amor leve, puro, grande e aconchegante e por me fornecerem força e inspiração nessa caminhada.

Aos meus irmãos por todo amor, inspiração e convivência. Ao lado de vocês pude viver muitos momentos felizes.

Aos meus amigos por sempre estarem ao meu lado e me apoiarem em cada nova fase da vida. Amo vocês!

Ao meu orientador Dr. Leandro Melo de Sousa pela orientação, confiança e aprendizado. O senhor é uma inspiração para a nova geração de cientistas!

À Dra. Tatiana da Silva Pereira, por todo aprendizado repassado durante esta fase e principalmente por ser um ser humano bom. Obrigada por ter me acolhido em Altamira e por toda preocupação e carinho que teve comigo. Jamais esquecerei!

Ao Dr. Márcio Joaquim da Silva que é o meu “pai científico”, eu não tenho palavras para expressar o quanto sou grata por tudo quanto o senhor me ensinou e mais que isso. Por todo o crédito que depositou em mim. Serei eternamente grata!

À banca examinadora, principalmente nas pessoas da Dra. Karina Dias da Silva e Dr. Marcelo Costa Andrade por acompanharem essa dissertação desde o início e pelas ricas contribuições. Vocês são incríveis!

Por fim, agradeço à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos. Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	8
INTRODUÇÃO GERAL	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
MANUSCRITO.....	12
Resumo.....	13
Introdução	14
Material e métodos.....	16
Seleção de palavras-chave e coleta de dados	16
Análises cienciométricas e estatística descritiva.....	17
Resultados e discussão	18
Qual a tendência temporal das publicações sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas?	18
Quais periódicos publicaram sobre esse tema e quais seus fatores de impacto?	19
Produtividade científica mundial	21
Tipos de pesquisas.....	23
Tipos de ambientes.....	28
Táxons, utilização humana, endemismo e classificação na IUCN.....	29
Tipos de metodologias	32
Conclusões	32
Referências bibliográficas.....	34

RESUMO GERAL

Os estudos de biologia reprodutiva de peixes de água doce são desenvolvidos com diferentes enfoques e são oriundos da grande relevância que os peixes têm como fonte de proteína animal. Entretanto, houve um crescimento oscilatório na produção científica sobre esse tema e isso representa um desafio para os pesquisadores dessa linha de pesquisa, pois o aumento nas investigações gera o risco de ignorar questões de pesquisa essenciais e áreas potenciais de melhoria. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é identificar padrões, déficits e possíveis tendências na produção científica mundial sobre a biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, utilizando a ferramenta da cienciometria. Para tal propósito, as análises cienciométricas foram desenvolvidas na função *Biblioshiny*, do R studio e também adotamos a estatística descritiva para verificar a tendência de dispersão dos dados (média e desvio padrão). Pudemos averiguar que os países que mais se dedicam às pesquisas desse cunho foram: Brasil, Índia e EUA, desenvolvidas principalmente com espécies utilizadas para fins ornamentais e de pesca comercial, onde as análises ocorriam principalmente *ex situ* (fora do ambiente natural), onde é possível controlar/observar uma série de parâmetros/variáveis. Todavia, algumas dessas espécies estavam com *status* de vulneráveis, criticamente ameaçadas, em perigo e afins, o que é preocupante do ponto de vista da perda de biodiversidade e reforça a necessidade do desenvolvimento de pesquisas que abordem os aspectos ecológicos, bem como investiguem as influências antrópicas na reprodução de peixes de água doce. Esses dados poderão gerar informações valiosas que sirvam como base para o desenvolvimento de políticas públicas, direcionamento efetivo de recursos e esforços, medidas de mitigação de impactos ambientais e afins.

PALAVRAS-CHAVE: Ambientes continentais; Biodiversidade; Conservação; Reprodução; Pesca; Aquicultura.

INTRODUÇÃO GERAL

A reprodução é um evento importante na vida dos organismos e tem como resultado a eficiência na produção de descendentes viáveis (Caramaschi e Brito 2021). Diante disso, os peixes possuem alto potencial de adaptabilidade aos diversos tipos de habitats o que os confere flexibilidade fenotípica, sendo assim, as diferentes espécies exibem as características ecomorfológicas e padrões de ciclo de vida mais variados dentre os vertebrados (Vazzoler 1996).

A teoria da história de vida dedica-se à investigação do processo reprodutivo dos peixes e prediz o seguinte: para manutenção de populações viáveis ao longo do tempo, as espécies desenvolvem estratégias e táticas reprodutivas que se adaptem às flutuações ambientais (Wootton 1984). Dessa forma, ela está pautada em duas principais questões: i) quais comportamentos e características são adotados por uma espécie a fim de garantir o seu sucesso reprodutivo? e ii) como os fatores ambientais podem restringir essas características e comportamentos? (Stearns 1992).

Respondendo a estes questionamentos, Winemiller e Rose (1992), propuseram um modelo para explicar as respostas adaptativas das espécies ícticas dulcícolas e marinhas, com relação às flutuações ambientais. Para tanto, este modelo inclui as estratégias: oportunista, equilíbrio e periódica. No que tange às táticas reprodutivas aspectos como: fecundidade, tamanho corporal, relação peso-comprimento, proporção sexual, tamanho de primeira maturação sexual, fator de condição, desenvolvimento gonadal e visceral e afins são estudados para o entendimento da reprodução (Araújo 2009; Lima et al. 2017; Ramírez-Garcia et al. 2021; Freitas e Salvador 2022).

As informações geradas a partir desses estudos servem como base para avaliação, gestão e manejo sustentável das espécies de peixes e possibilita a elaboração de políticas públicas voltadas para a gestão e a conservação, como por exemplo: estabelecimento do período de reprodução (defeso da pesca), tamanho mínimo de captura, protocolos de reprodução *ex situ*, proteção e delimitação das áreas de desova, entre outros (Tsikliras et al. 2013).

Os estudos de biologia reprodutiva de peixes de água doce são desenvolvidos com diferentes enfoques e são oriundos da grande relevância que os peixes têm como fonte de proteína animal, pois são a segunda proteína animal mais consumida do mundo, ficando atrás somente das aves (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO 2020).

Nos últimos anos, houve um aumento crescente na produção científica sobre o tema supracitado. Essa profusão de publicações é um desafio para os pesquisadores e profissionais que buscam uma visão geral sobre este tema, pois a maximização nas investigações pode

aumentar o risco de ignorar questões de pesquisa essenciais e áreas potenciais de melhoria (Parra *et al.* 2019).

A fim de minimizar este desafio, a cienciometria é uma ferramenta que auxilia no desenvolvimento da ciência, uma vez que os dados das publicações podem ser analisados quantitativamente para revelar padrões de pesquisa de autores individuais e conjuntos, Li periódicos, países e instituições. Além disso, pode-se obter informações sobre as tendências mais recentes, direções de pesquisa e preocupações urgentes em um determinado campo (Li e Zhao 2015). Diante disso, o objetivo geral deste trabalho é identificar padrões, déficits e possíveis tendências na produção científica mundial sobre a biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, utilizando a ferramenta da cienciometria.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araújo RB. (2009). Desova e fecundidade em peixes de água doce e marinhos. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 9(2), 24–31.
- Caramashi EP; Brito MFG. (2021). Reprodução de peixes de riacho: estado da arte, métodos e perspectivas. *Oecologia Australis*, 25(2), 323-343.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. *Sustainability in action*. Rome. DOI: 10.4060/ca9231en.
- Freitas TMS; e Salvador GN. (2022). Biological aspects of *Hypostomus affinis* (Siluriformes: Loricariidae) in Brazilian coastal rivers. *Acta Limnologia Brasiliensia*, 34(3): 2175-2179).
- Li W; e Zhao Y. (2015). Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 158-166.
- Lima MCBC; Lira RD; Barros NB; Nascimento W; Chellapa S. (2017). Biologia reprodutiva do peixe traíra *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) Characiformes Erythrinidae no Açude Marechal Dutra, Rio Grande do Norte Brasil. *Biota Amazônia*, 7(2), 21–25.
- Parra MR; Coutinho RX; Pessano EFC. (2019). Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. *Revista Contexto & Educação*, 34(107): 126–141.
- Ramírez-García A; Moncayo-Estrada R; González-Cárdenas JJ; Domínguez-Domínguez O. (2021). Reproductive cycle of native viviparous fish species (Actinopterygii: Cyprinodontiformes: Goodeidae) in a subtropical Mexican lake. *Neotropical Ichthyology*, 19(4): 01-05.
- Stearns SC. (1992). The evolution of life histories. London: *Oxford University Press*.
- Tsikliras AC, Stergiou KI; Froese R. (2013). Editorial note on reproductive biology of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 43(1), 1–5.
- Vazzoler AEAM. (1996). Biologia da reprodução de peixes teos: teoria e prática. São Paulo: *EDUEM*: p. 1–191.
- Winemiller KO; e Rose KA. (1992). Patterns of life-history diversification in North American fishes: implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and aquatic sciences*, 49(10), 2196-2218.
- Wootton RJ. (1984). Introduction: Tactics and Strategies in Fish Reproduction. In: G. W. Potts & M. N. Wootton (Eds), *Fish reproduction: strategies and tactics*. pp. 1–12.

Este capítulo está formatado de acordo com as normas da revista *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, disponível em: <https://www.springer.com/journal/11160/submission-guidelines#Instructions%20for%20Authors>

MANUSCRITO

BIOLOGIA REPRODUTIVA DE PEIXES DULCÍCOLAS: PADRÕES, DÉFICITS E
TENDÊNCIAS

Biologia reprodutiva de peixes dulcícolas: padrões, déficits e tendências

Ester Amaral dos Santos^{1*}

¹ - Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, Laboratório de Ictiologia de Altamira, Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira. Rua Cel. José Porfírio, 2515 - São Sebastião - Altamira - PA; CEP: 68372-040, Altamira - Pará, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3790-5703>

Leandro Melo de Sousa²

² - Laboratório de Ictiologia de Altamira, Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira. Rua Cel. José Porfírio, 2515 - São Sebastião - Altamira - PA; CEP: 68372-040, Altamira - Pará, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0793-9737>

*Autor correspondente: esteramaral45@gmail.com

Resumo

Os estudos relacionados à biologia reprodutiva de peixes dulcícolas no mundo são numerosos, porém, como em todas as áreas do conhecimento, alguns aspectos são favorecidos e outros são deficitários quanto ao levantamento de informações. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi de analisar a produção científica mundial sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, bem como identificar padrões, déficits e possíveis tendências. Para isso, utilizamos a ferramenta da ciencimetria programada na função *Biblioshiny*, no R studio e adicionalmente utilizamos estatística descritiva (média e desvio padrão). Dessa forma, analisamos a produção científica total de 350 artigos de pesquisa experimentais, escritos por 1.272 autores, filiados a 561 instituições envolvidas nas pesquisas de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas durante o período de 1967 - 2022. Pudemos constatar que houve um crescimento oscilatório na produção científica mundial sobre esse tema e países como o Brasil, Índia e EUA foram os que mais se dedicaram em desenvolver pesquisas desse cunho. Além disso, identificamos que pesquisas dos tipos: biologia reprodutiva, ecotoxicologia e biotecnologia reprodutiva, sobre espécies utilizadas para finalidades ornamentais e pesca comercial são as mais estudadas em ambientes *ex situ*, onde os pesquisadores podem controlar/simular/avaliar diferentes parâmetros. Apesar disso, algumas dessas espécies foram classificadas como vulneráveis, em perigo, criticamente ameaçadas e até mesmo com dados insuficientes e isso evidencia as lacunas existentes com relação à compreensão dos seus aspectos biológicos básicos. Portanto, há uma necessidade urgente em aumentar os esforços em pesquisas que tenham abordagens holísticas e conservacionistas.

Palavras-chave: Peixes; Reprodução; Água doce; Conservação; Pesca; Aquicultura.

Introdução

A pesca e a aquicultura desempenharam papéis pioneiros na promoção de pesquisas voltadas à biologia reprodutiva, estabelecendo-se como áreas fundamentais para o avanço do conhecimento nesta disciplina. A necessidade de compreender aspectos críticos como a dinâmica populacional, a época e os locais de reprodução, a fecundidade, o tamanho e a idade dos juvenis ao ingressarem nos cardumes levou a um aprofundamento significativo nos estudos sobre a oscilação e a sustentabilidade dos recursos pesqueiros. Assim, esses campos não apenas geraram demandas essenciais para o desenvolvimento das investigações científicas, mas também contribuíram para uma melhor compreensão dos processos que afetam a estabilidade e a viabilidade dos estoques pesqueiros (Caramaschi e Brito 2021).

Os estudos precursores nas investigações sobre esse tema para peixes de água doce surgiram no final da década de 1960, onde os pesquisadores buscavam o entendimento sobre a história de vida, com ênfase no questionamento sobre quais fatores abióticos influenciam na reprodução de peixes dulcícolas (Welcomme 1979).

Na década de 1970, os estudos de biologia reprodutiva ainda frisavam os aspectos da história de vida dos peixes de água doce, porém com o avanço tecnológico e científico as pesquisas começaram a inserir novos aspectos como influência das mudanças sazonais na reprodução (Sanwal e Khanna 1972), dinâmica populacional e migração (Craig 1974), cuidado parental em ciclídeos (Cichocki 1977); e sobre fecundidade e reprodução (Mann, 1974; 1976; Papageorgiou 1977).

Mais tarde, na década 1980, estudos sobre história natural (Craig e Kipling 1983; Harris 1986; Snyder e Dingle 1989; Winnemiller 1989), dinâmica populacional (Sainsbury 1982; Setzler-Hamilton et al. 1988), idade e crescimento (Jellyman 1980; Fineman-Kalio 1988), etologia (Baylis 1981; Balsano et al. 1985) e ecologia (Copp e Peñáz 1988) eram aspectos pesquisados com frequência, porém ainda nesta década surgiu a necessidade/tendência do desenvolvimento de pesquisas sobre as questões endócrinas relacionadas à reprodução (Gentile et al. 1986; Lal e Singh 1987; Nayak e Singh 1988; Sorensen et al. 1988) e a influência de químicos, principalmente defensivos agroquímicos (Haider e Upadhyaya 1986; Yadav e Singh 1987; Schultz e Schultz 1988) nesse processo. No início dos anos 1990, estudos sobre história de vida (Kjellberg e Hessen 1991; Santiago et al. 1991), ecologia (Coates 1993), idade e crescimento (Bolivar et al. 1993), etologia (Semple 1991), estágios iniciais de vida (Daoulas et al. 1993) e hormônios reprodutivos (Kah et al. 1991) ainda eram desenvolvidos.

As informações geradas a partir desses estudos subsidiaram a elaboração de novas metodologias e técnicas utilizadas na produção de espécies comerciais e conservação da biodiversidade, havendo um aumento de estudos relacionados à produção pesqueira e aquicultura (O'Flynn et al. 1992). Na segunda metade da década de 90, novas tendências surgiram, como o desenvolvimento e melhoramento das técnicas de análises microscópicas/histológicas (Palmer et al. 1995; Lokman e Young 1998). O marco deste período foi a elaboração de pesquisas que tinham intuito de entender a influência dos fatores abióticos na reprodução (Shikano e Fujio 1998; Srivastav e Srivastav 1998; Sumpter 1997) e em questões endócrinas (Dabrowski et al. 1996; Encina e Granado-Lorencio 1997; Tyler et al. 1997; Garlich-Miller e Stewart 1999). Desse modo, a compreensão de aspectos mais específicos da reprodução, como por exemplo, o mecanismo de regulação interna da reprodução, a cadeia hipotálamo-hipófise-gônadas estava sendo estudados de maneira crescente (Rottmann et al. 1991). Mesmo com o desenvolvimento de novas técnicas e abordagens, as linhas de pesquisa sobre ecologia (Ylikarjula et al. 1999), etologia (Gray 1999) e as fases do desenvolvimento ontogenético (Longalong et al. 1999) continuaram a ser desenvolvidas. A partir dos anos 2000, as pesquisas de biologia reprodutiva foram desenvolvidas sob os diferentes aspectos da história natural dos peixes, bem como foram associadas às novas metodologias, como por

exemplo, as análises microscópicas/histológicas que começaram a ser desenvolvidas na década anterior (Lassala e Renesto 2007; Del Favero et al. 2010; Godinho et al. 2010; Zanella et al. 2011; Hernandez-Portocarrero et al. 2014; Cantanhêde et al. 2016; Jimenez-Segura et al. 2016; Lima et al. 2017; Carvalho et al. 2021), espécies de interesse comercial (pesca comercial/aquicultura) (Batlouni et al. 2006; Telechea et al. 2008; Andrade et al. 2015), hormônios associados a reprodução (Triparthi e Verma 2004; Shankar e Kulkarni 2007) e aspectos ecológicos (Kitamura 2007; Sloat et al. 2014) realizadas principalmente em rios, lagos e reservatórios.

O fornecimento de informações sobre os aspectos biológicos básicos e da história de vida de muitas espécies de peixes viabilizou a elaboração de novas tecnologias e pesquisas mais intrínsecas sobre os aspectos reprodutivos. Portanto, investigações sobre os efeitos da temperatura sobre o desenvolvimento larval de peixes (Michie et al. 2020); transplantes de células germinativas e reprodução *in vitro* para a conservação das espécies (Rivers et al. 2020) e criopreservação de sêmen para fins comerciais e ornamentais (Torres et al. 2022) foram possibilitadas.

Apesar do conhecimento sobre a biologia reprodutiva de peixes dulcícolas ter progredido em seu estado da arte, ainda há muitas questões que precisam ser investigadas e respondidas, questões essas que na maioria das vezes são básicas. Por exemplo: Freitas e Salvador (2022), alegam que os pesquisadores precisam investigar o efeito da ação antrópica sobre o ciclo de vida dos peixes. Godinho et al. (2010) questionaram a falta de estudos sobre a influência da restrição filogenética na reprodução de peixes. Rivers et al. (2020) declaram que existe um grande desafio na aplicação dos métodos reprodutivos *ex situ*, principalmente quando se trata de uma espécie ameaçada de extinção, porque a sua biologia reprodutiva muitas vezes é mal compreendida. Outra questão a ser estudada é a influência das mudanças climáticas na reprodução dos peixes (Valini et al. 2020), bem como o influxo dos fatores ambientais nas táticas reprodutivas de peixes de água doce de pequeno porte (Castro e Polaz 2020). Caramaschi e Brito (2021), fazem algumas recomendações para o desenvolvimento de pesquisas que envolvam embriogênese, desenvolvimento larval, morfologia dos tecidos gonadais e ultraestrutura dos gametas. Ademais, esses autores também indicam estudos naturalísticos sobre localização dos sítios de desova e área de vida.

Os estudos sobre a biologia reprodutiva de peixes de água doce são extensos e variados globalmente; no entanto, a cobertura informativa apresenta desigualdades, com algumas áreas recebendo mais atenção do que outras. Em particular, a cienciometria se revela uma ferramenta valiosa para identificar essas lacunas e orientar os pesquisadores para áreas de maior necessidade, ao tornar a informação mais acessível à comunidade acadêmica e ao público geral. Esse método analítico permite uma melhor orientação na formulação de políticas científicas, na alocação de recursos para novas pesquisas e na criação de políticas públicas eficazes (Ribeiro et al. 2007). Considerando isso, o objetivo deste trabalho foi de analisar o estado de conhecimento da produção científica mundial sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, bem como identificar padrões, déficits e possíveis tendências, perscrutando responder às seguintes questões: i) qual a tendência temporal das publicações sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas?; ii) quais periódicos publicaram sobre esse tema e qual o fator de impacto destes?; iii) quantas instituições publicaram sobre o tema?; iv) As pesquisas sobre esse tema foram desenvolvidas em quais países?; v) Que tipos de pesquisas foram publicadas com esse tema?; vi) Em quais ambientes (*in situ* e *ex situ*) essas pesquisas foram desenvolvidas?; vii) Quais táxons (ordem, família e espécie) foram estudados? viii) Eles são endêmicos (sim ou não) e qual suas classificações na IUCN?; ix) Qual a finalidade de utilização humana (ornamental/aquicultura/pesca esportiva/pesca comercial e afins) destes táxons? e x) Quais metodologias foram utilizadas nas pesquisas sobre esse tema?

Material e métodos

Utilizamos análises cienciométricas e estatística descritiva a fim de revisar e categorizar a produção científica global passada e presente sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas. As bases de dados escolhidas foram: *Web of Science* (Clarivate Analytics) e *Scopus* (Elsevier). Essas escolhas foram tomadas com base no fato da *Web of Science* ter grande abrangência e disponibilizar registros bibliográficos padronizados que podem ser exportados para diversos *softwares*, gerando dados qualitativos e quantitativos que são utilizados em análises exploratórias (Souza 2013). Da mesma forma ocorreu com a escolha da *Scopus*, onde a interface é dinâmica e de fácil manuseio, facilitando a busca e visualização dos resultados das pesquisas, permitindo a adequação aos critérios estabelecidos pelo usuário/pesquisador (Mesquita et al. 2006).

Seleção de palavras-chave e coleta de dados

No dia 21 de junho de 2023, foi realizada uma busca por tópicos (título, resumo, palavras-chave do autor e palavras-chave plus) em ambas as bases de dados, via Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, utilizando uma combinação de palavras-chave e indexadores booleanos: Fish* AND Freshwater* AND Reproduction*, de 1967 (período em que o primeiro artigo sobre o tema foi disponibilizado pelas bases de dados) - 2022 e isso consistiu no processo de identificação. Por conseguinte, no processo de triagem foram selecionados somente artigos de pesquisas experimentais em inglês (exclusão de capítulos de livro, resumo expandido, comunicação breve, revisões bibliográficas e/ou semelhantes). O critério de seleção de artigos científicos em inglês deu-se com base no fato desta língua ser considerada a “língua franca da ciência”, dessa forma os pesquisadores de todos os países podem se comunicar e trocar informações por intermédio de um único idioma (Cintra et al. 2020). Ainda no mesmo processo, os dados foram exportados das bases de dados no formato bibtex (.bib), com exclusão de duplicatas e a partir deles uma planilha eletrônica (banco de dados) foi criada (Carvalho et al. 2021). Em seguida, cada um dos artigos foi baixado, lido e analisado quanto ao título, resumo, palavras-chave, material e métodos e resultados (Ribeiro-Brasil et al. 2022).

Na etapa seguinte (inclusão), além dos critérios citados nas etapas anteriores, outros preceitos foram adicionados, neste caso os artigos científicos sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas deveriam ser realizados exclusivamente com peixes dulcícolas (exclusão de peixes marinhos, mamíferos marinhos, macroinvertebrados, insetos aquáticos, anfíbios entre outros), em ecossistemas aquáticos continentais (rios, riachos, lagos e afins) – *in situ* e/ou laboratórios, piscicultura, aquários e afins – *ex situ*, em qualquer lugar (país) do mundo, logo os artigos que atendessem todos os critérios estabelecidos eram mantidos no banco de dados, caso contrário, eram excluídos.

Para tanto, 12 indicadores cienciométricos foram coletados dos artigos incluídos nas análises (exceto iii, viii, ix, xi e xii), sendo eles: i) ano de publicação do artigo; ii) periódico de publicação; iii) fator de impacto dos periódicos; iv) instituição dos autores; v) país anfitrião da pesquisa; vi) tipo de estudo; vii) ambiente onde a pesquisa foi realizada (ambiente natural – *in situ* ou ambiente controlado – *ex situ*); viii) táxons (ordem, família e espécie) estudados; ix) utilização humana (ornamental/aquicultura/pesca esportiva e afins); x) metodologia utilizada para o estudo da biologia reprodutiva de peixes de água doce; xi) classificação da Internacional Union for Conservation of Nature - IUCN e xii) endemismo (país) (Ribeiro et al. 2007; Cruz et al. 2016).

Análises cienciométricas e estatística descritiva

A avaliação da tendência temporal das publicações se deu através de um modelo exponencial no qual associamos o número de documentos publicados (eixo Y ou eixo das ordenadas) em função da escala temporal (eixo X ou eixo das abscissas) (Carvalho et al. 2021). Para identificar qual periódico foi mais produtivo, avaliamos a relação de todos os periódicos que publicaram sobre o tema e suas respectivas contagens anuais (número de artigos), porém, como critério de corte, elegemos os três mais produtivos. Além disso, pesquisamos o valor do Fator de Impacto (FI) do ano de 2022 dos periódicos no site *Academic Accelerator* e contabilizamos a média e desvio padrão destes (Carvalho et al. 2021; Academic Accelerator 2023). As instituições dos autores correspondentes foram quantificadas em relação à temática abordada neste trabalho e apresentadas em números absolutos (Segaran et al. 2023). Os países contribuintes na elaboração de pesquisas relacionadas ao tema, foram avaliados quanto ao país anfitrião da pesquisa (não o país do primeiro autor/autores da pesquisa), bem como a quantidade de artigos produzidos em cada país, destarte um mapa global foi confeccionado no site *Datawrapper*, a fim de visualizar a dispersão geográfica das pesquisas (Datawrapper 2023). E o intervalo de classes de número de artigos foi calculado com base na fórmula da regra de Sturges, que de acordo com Sugiyono (2003), é definida como: $K = 1 + 3.32 \times \log n$, onde: K = é o intervalo de classes de número de artigos e n = é o número total de observações do conjunto de dados.

Os campos de estudos da biologia reprodutiva de peixes dulcícolas foram classificados e quantificados em uma tabela, de acordo com o cunho da abordagem, sendo eles: biologia molecular, biologia reprodutiva, biotecnologia reprodutiva, comportamento reprodutivo, conteúdo energético e dieta, ecologia, ecotoxicologia, endocrinologia, etnoconhecimento, fatores ambientais, fatores físicos, fisiologia, genética, ontogenia e pesca.

Para identificar em quais tipos de ambientes as pesquisas foram desenvolvidas, estabelecemos duas classificações, nesse caso *in situ* para pesquisas desenvolvidas no ambiente natural continental - sem interferência (estrutura) antrópica (rios, riachos, lagos, poças temporárias, várzea e afins) e *ex situ* para pesquisas realizadas em ambientes controlados - com interferência (estrutura) antrópica (laboratórios, pisciculturas, reservatórios, tanques-rede e afins). Sendo assim, a quantidade de pesquisas desenvolvidas em cada ambiente foi contabilizada. Para classificar os táxons de peixes de água doce estudados, incluindo suas ordens, famílias e espécies, assim como suas respectivas utilidades humanas e status de conservação segundo a IUCN (2023), são consideradas as seguintes categorias: Segura ou Pouco Preocupante (*Least Concern* - LC), Quase Ameaçada (*Near Threatened* - NT), Vulnerável (*Vulnerable* - VU), Em Perigo (*Endangered* - EN), Criticamente Em Perigo (*Critically Endangered* - CR), Extinta na Natureza (*Extinct in the Wild* - EW), Extinta (*Extinct* - EX), Dados Insuficientes (*Data Deficient* - DD), Não Avaliada (*Not Evaluated* - NE) e endemismo, os dados foram coletados através do site *FishBase*, onde a nomenclatura taxonômica (espécie) era pesquisada e o site retornava uma série de informações sobre a biologia, a ecologia, a classificação na IUCN, a distribuição geográfica e a utilização humana do táxon pesquisado (Froese e Pauly 2022). Com relação à utilização humana, foram eleitas as três mais abundantes para compor um gráfico de barras. As variáveis de nomenclatura taxonômica, endemismo e classificação na IUCN foram quantificadas e categorizadas em uma tabela, onde as dez espécies mais estudadas e as dez menos estudadas nas pesquisas foram listadas.

Por fim, para investigar as metodologias utilizadas nos estudos de biologia reprodutiva, todos os tipos de metodologias foram listados com suas respectivas quantidades. Seguindo o mesmo padrão de corte das anteriores, apresentamos as três mais utilizadas nas pesquisas sobre o tema supracitado.

Para a realização das análises cientimétricas, os indicadores acima descritos foram importados e analisados no pacote Bibliometrix, com a função Biblioshiny, no *software* R, versão 4.3.2 (Aria e Cuccurullo 2017; R Core Team, 2021). Alternativamente, analisamos os indicadores cientimétricos que a função não possuía a capacidade de analisar, como as variáveis iii, viii, ix, xi e xii através da leitura dos artigos e pesquisa no *FishBase*.

Resultados e discussão

Analisamos a produção científica total de 350 artigos de pesquisa experimentais, escritos por 1.272 autores, filiados a 561 instituições envolvidas nas pesquisas de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas durante o período de 1967 - 2022. A busca na *WOS* resultou em 1.174 e na *Scopus* 1.480, totalizando 2.654 artigos científicos, 440 duplicatas foram removidas, 1.874 artigos foram excluídos por não fazerem parte do escopo da pesquisa (*i.e.*: peixes marinhos, mamíferos marinhos, insetos aquáticos, anfíbios e afins), portanto apenas 350 foram se encaixam no escopo e foram incluídos nesta pesquisa, o protocolo Prisma resumido da estratégia de busca nas bases de dados (identificação), triagem e inclusão é mostrado na (Fig. 1).

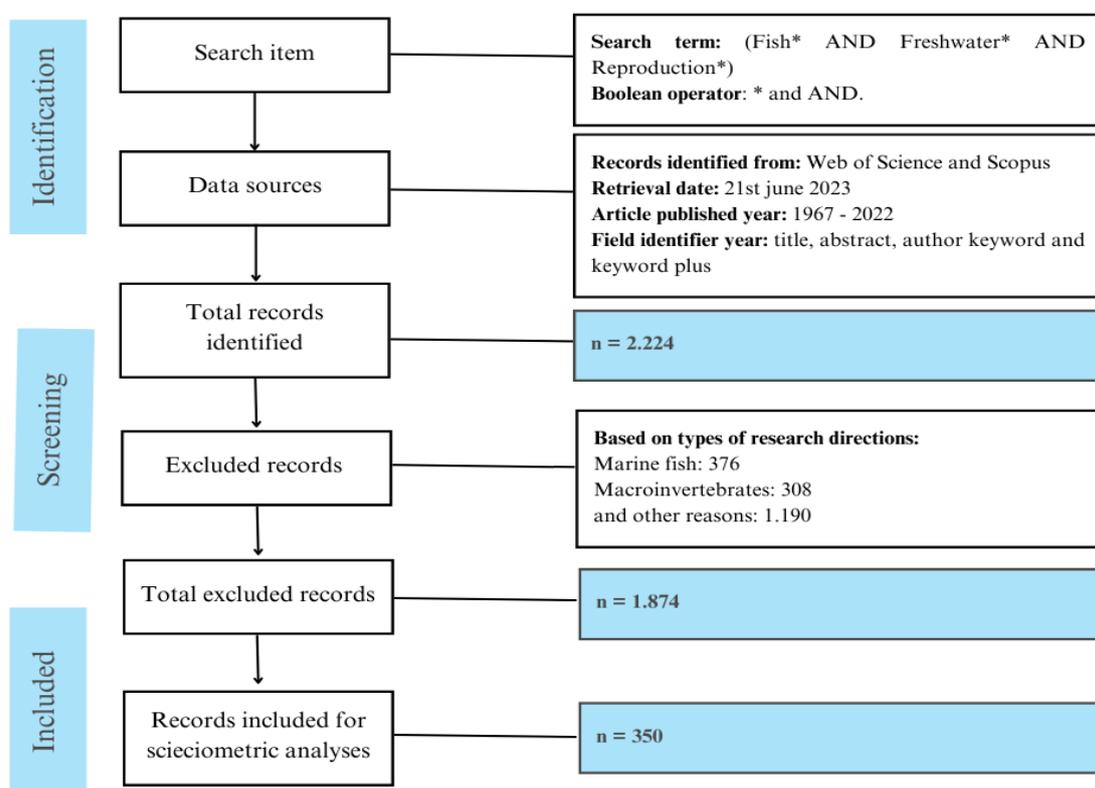


Fig 1. Fluxograma dos parâmetros de busca e detalhamento das etapas da análise cientimétrica.

Qual a tendência temporal das publicações sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas?

A tendência temporal das publicações sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas manteve-se incipiente, com variação de 0 a 3 artigos produzidos por ano. A partir do ano 1992, ocorreu um ligeiro crescimento oscilatório no número de publicações que se estendeu até o ano de 2004 onde o número de pesquisas variava de 2 a 8 artigos produzidos. A partir do ano de 2005 o número de pesquisas aumentou consideravelmente (12) com posterior diminuição no ano subsequente (4), a partir de então o crescimento passou a oscilar entre 15 e 29 artigos produzidos até o ano de 2022. Dos artigos científicos analisados, 56,28% ou 197 pertencem ao período da última

década (2012–2022), representando uma parte significativa do conjunto total de dados. Dentre esses, uma parcela considerável ou 31,14% foi publicada nos últimos cinco anos (2018–2022), evidenciando um aumento notável no interesse da comunidade acadêmica pelas pesquisas relacionadas ao tema em questão (Fig. 2).

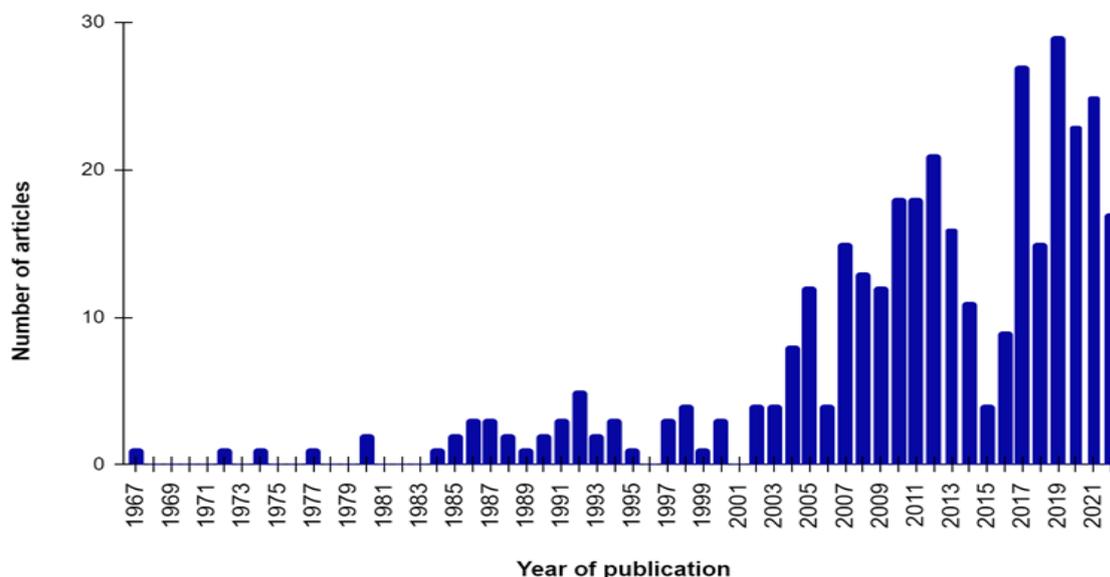


Fig. 2. Produção científica sobre as pesquisas de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas publicados anualmente de 1967 - 2022.

O primeiro artigo encontrado foi o de Lake (1967), onde o autor buscava entender sobre os aspectos desencadeadores da desova de cinco espécies de peixes endêmicos da Austrália (*Tandanus tandanus* (Mitchell 1838), *Plectroplites ambiguus* (Richardson 1845), *Maccullochella macquariensis* (Cuvier 1829), *Bidyanus bidyanus* (Mitchell 1838) e *Hypseleotris klunzingeri* (Ogilby 1898). Para isso, ele desenvolveu um experimento em uma estação de piscicultura, onde foi possível constatar que o fato da água entrar em contato com o solo era o mecanismo que desencadeia a desova dessas espécies de peixes dulcícolas.

A partir do ano 2004, houve uma notável profusão no número de pesquisas relacionadas à biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, com destaque para a última década (2012 -2022). Esse fato se relaciona com a aceleração das mudanças transformadoras no que tange aos aspectos políticos, inovadores e tecnológicos da pesca e aquicultura, visto que ambas foram reconhecidas como funções essenciais que contribuem para a segurança alimentar e nutricional global no século XXI, estando ligadas ao Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 - fome zero (Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO 2022). Ainda de acordo com a FAO (2022), a produção global de animais aquáticos foi estimada em 178 milhões de toneladas em 2020, onde a contribuição da pesca continental foi de 11,5 milhões de toneladas e a aquicultura continental foi de 54,4 milhões de toneladas. Dessa forma, a pesca e a aquicultura ainda continuam sendo as principais geradoras de demandas nas pesquisas de biologia reprodutiva de peixes marinhos e dulcícolas.

Quais periódicos publicaram sobre esse tema e quais seus fatores de impacto?

Constatamos que 168 periódicos de publicações científicas internacionais publicaram artigos sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, entre todos estes, os três mais produtivos foram: o *Aquaculture* com 20

artigos, seguido do *Ecology and Environmental Safety* com 15 artigos e o *Environmental Biology of Fishes* com 14 artigos (Fig. 3).

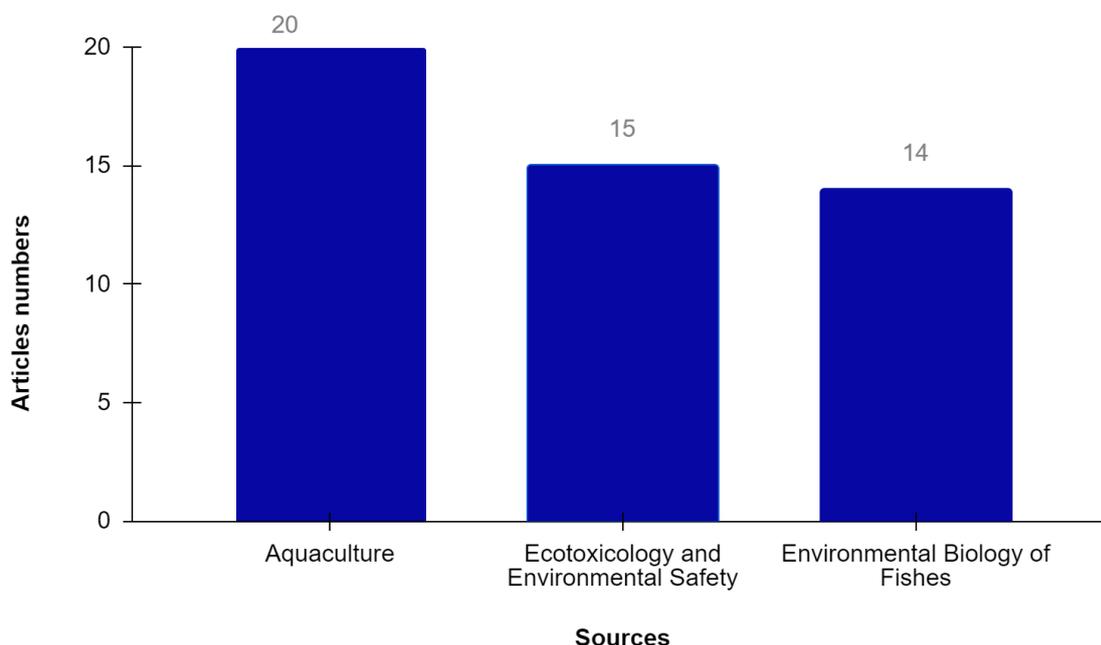


Fig. 3. Periódicos mais produtivos sobre a biologia reprodutiva de peixes dulcícolas (eixo X) e número de artigos produzidos durante o período de 1967 - 2022 (eixo Y)

O periódico *Aquaculture* (Fator de Impacto - FI: 4,5) continha o maior número de artigos publicados, sobre o tema em questão durante o período de 1967 - 2022. Ele é um periódico internacional, disciplinar, interdisciplinar e transdisciplinar em assuntos relacionados à ciência da aquicultura, sustentabilidade e sistemas sócio-ecológicos, de acesso aberto.

O periódico multidisciplinar *Ecotoxicology and Environmental Safety* (FI: 6.8) ficou em segundo lugar no número de publicações para o período estudado. Esta é uma revista internacional de acesso aberto (gratuito para leitura, download e compartilhamento), que se concentra na compreensão da exposição e dos efeitos da contaminação ambiental nos organismos, incluindo a saúde humana, portanto, assuntos como ecotoxicologia aquática, química ambiental e segurança ambiental, são os principais temas abordados.

O *Environmental Biology of Fishes* (FI: 1,4) ocupou o terceiro lugar de maior número de publicações. Trata-se de um periódico de publicação internacional de acesso híbrido, ou seja, que publica tanto na modalidade tradicional (por subscrição: isto significa que o utilizador final tem que pagar para ter acesso à informação), quanto na modalidade de acesso aberto (os artigos são disponibilizados livremente e sem custos para os utilizadores). Essa revista concentra-se nos estudos de peixes marinhos e de água doce, bem como as suas relações ecológicas, de história de vida, epigenética, comportamento, fisiologia, morfologia e evolução.

O fator de impacto de todos os periódicos foi de $2,97 \pm 2,25$. De acordo com Almeida e Grácio (2019), essa métrica avalia o impacto dos periódicos de publicação e ele é a razão entre o total de citações recebidas em um dado ano, pelos artigos publicados nos dois últimos anos. Em consonância, Moed (2017) explica que os indicadores da produção nas áreas de ciência, tecnologia e inovação são divididos em quatro grupos: insumos, produtos, impacto e processos, em que o terceiro integrante do grupo se refere à análise dos impactos

(principalmente os impactos científico-acadêmico e social), reconhecimento e uso do conhecimento gerado pela comunidade científica.

Dessa forma, os principais indicadores de avaliação para este grupo são: citações de artigos e livros, Índice H, edição e revisão, fatores de impacto do periódico, participação em comitê científico e afins (Moed 2017). Dessa forma, a análise do FI de uma revista gera subsídios importantes nas tomadas de decisões e alocações de recursos por instituições, agências de fomento e na avaliação da produção científica de pesquisadores e instituições (Waltman 2017). Nabout et al. (2021), destacam que países com maiores investimentos e financiamentos em ciência, tecnologia e inovação são afetados direta e positivamente em relação ao número de colaborações e citações. Em contrapartida, em países onde os investimentos e financiamentos em ciência, tecnologia e informação são menores, apenas o número de citações é impactado de forma positiva direta e este efeito não é conspícuo em pesquisas ecológicas. Sendo assim, é perceptível a sinergia entre os indicadores, logo, maiores investimentos e financiamentos podem resultar em publicações em periódicos com maior fator de impacto, assim como também pode aumentar a rede de colaboração, elevando a visibilidade dos artigos, maior número de citações, mais número de páginas entre outros (Nabout et al. 2021).

Produtividade científica mundial

Dos 195 países reconhecidos pela Organização das Nações Unidas - ONU, apenas 56 dedicaram-se à publicação de estudos sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas. Os três mais produtivos foram: Brasil (59), Índia (44) e EUA (23), que juntos representam um pouco menos que a metade (44,10%) do número total de publicações. Estes países foram seguidos pela Austrália (20), Canadá (17), Japão (16), China (15), República Tcheca (13) e outros, que juntos representaram cerca de 55,90% das pesquisas científicas.

Esse resultado pode ser um reflexo da concentração de esforços no levantamento da biodiversidade de peixes de água doce para elaboração de estratégias de conservação que países como o Brasil, a Índia e os EUA têm feito nas últimas três décadas, visto que os sistemas de água doce abarcam mais de 13.000 espécies descritas, o que em termos fracionais compreendem $\frac{1}{4}$ da diversidade de vertebrados (Brosse et al. 2013; Tedesco et al. 2017). Porém, também é possível notar uma disparidade na distribuição geográfica da produção científica sobre esse tema, embora os estudos sobre ele sejam numerosos em continentes como as Américas do Norte e Sul, Ásia e Europa, são escassos nos 54 países do Continente Africano, muito embora ele abarque grandes frações da biodiversidade de peixes dulcícolas (Fig. 4).

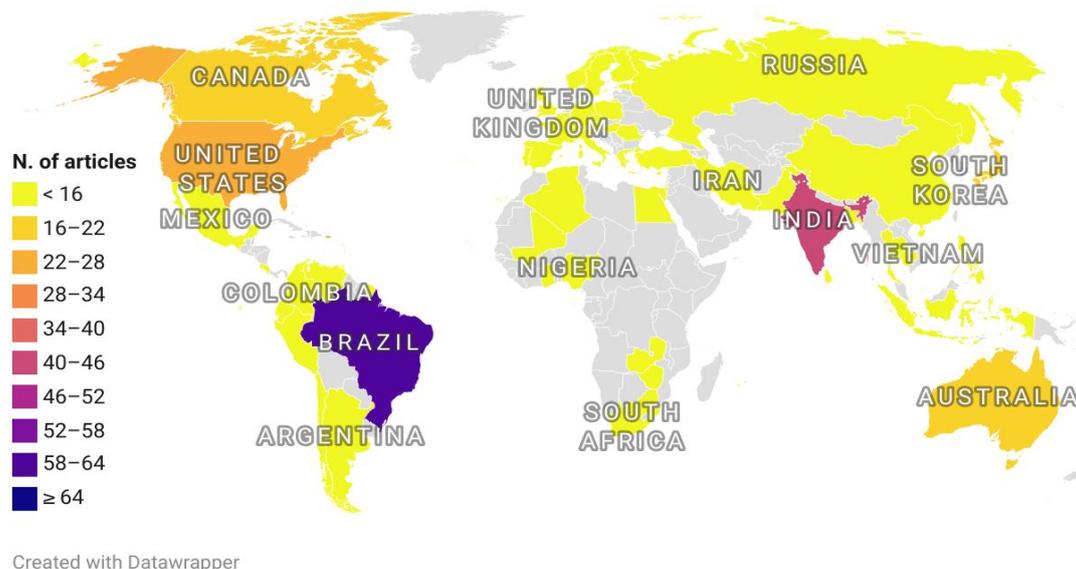


Fig. 4. Distribuição geográfica da produção científica sobre a biologia reprodutiva de peixes dulcícolas ao longo do período 1967 - 2022, com os tons de violeta mais fortes nos países produtivos, tons mais fracos de amarelo para os países menos produtivos e tons de cinza para países que não publicaram sobre o tema.

O Brasil, a Índia e os Estados Unidos lideram o *ranking* dos estudos de biologia reprodutiva de peixes de água doce devido a uma combinação de fatores relacionados às suas características naturais, recursos institucionais e investimentos em pesquisa. Com relação às características naturais, principalmente no que concerne à diversidade de espécies e ecossistemas, o Brasil é o país que abriga a maior bacia hidrográfica do mundo, a Bacia Amazônica, e possui uma imensa biodiversidade de peixes de água doce (Buckup et al. 2007). A grande variedade de habitats aquáticos e a diversidade de espécies fornecem um campo fértil para estudos detalhados sobre a biologia reprodutiva. Por sua vez, a Índia com seus numerosos sistemas fluviais e lagos, como o Ganges e o Brahmaputra, e uma rica biodiversidade aquática, oferece um ambiente ideal para o estudo das espécies de água doce e suas dinâmicas reprodutivas (Sarkar et al. 2008; Sarkar et al. 2013). E os EUA com a sua vasta rede de rios e lagos, incluindo o Mississippi e os Grandes Lagos, juntamente com uma longa tradição de pesquisa em ecologia e biologia, contribuem para o resultado aqui exposto (Brosse et al. 2013).

Outro fator preponderante na liderança do *ranking* de pesquisas sobre esse tema diz respeito ao investimento em pesquisa e infraestrutura, no caso do Brasil, esse fato é devido aos investimentos governamentais feitos a partir das agências de fomento, avanço nas tecnologias da informação, intensificação do sistema de pós-graduação, crescimento de grupos de pesquisa, estabelecimento de redes colaborativas e consolidação dos núcleos formadores de recursos humanos (Buckup et al. 2007). Já o governo indiano e várias instituições de pesquisa, como o Conselho de Pesquisa Científica e Industrial (CSIR) e universidades, apoiam significativamente a pesquisa em biologia aquática e recursos hídricos (Jeysankar e Nachiappan 2018). Os EUA têm uma infraestrutura de pesquisa altamente desenvolvida e financiamento robusto para estudos em biologia e ecologia, incluindo a biologia reprodutiva de peixes, instituições como o National Science Foundation (NSF) e várias universidades líderes em pesquisa contribuem para a excelência nesse campo (Weller e Ewing 2019).

O Brasil, Índia e Estados Unidos demonstram interesse e necessidade de uma gestão eficaz dos recursos naturais, impulsionada pela urgência no gerenciamento da pesca e pela proteção da biodiversidade aquática. A relevância econômica e ecológica dos recursos hídricos estimula pesquisas no campo da biologia reprodutiva, com destaque para o Brasil, onde a conservação desses recursos e a gestão sustentável da pesca são fundamentais devido à riqueza e à pressão exercida sobre os ecossistemas aquáticos da Amazônia (Kalikoski et al. 2009). Os ecossistemas da Amazônia, conhecidos por sua grande biodiversidade, são lar de muitas espécies de peixes e outros organismos aquáticos que ajudam a manter o equilíbrio ecológico, essas espécies servem de recursos essenciais para as comunidades ribeirinhas e indígenas, que dependem da pesca para sua sobrevivência e para preservar suas culturas e tradições (Begossi et al. 2018). Entretanto, esses ecossistemas enfrentam diversas pressões, como a sobrepesca, a degradação dos habitats resultante de atividades humanas, como mineração, desmatamento e construção de barragens, e os efeitos das mudanças climáticas, que comprometem a disponibilidade e qualidade da água (Buckup et al. 2007). Semelhante ao Brasil, a Índia possui uma das maiores zonas costeiras do mundo e abriga uma rica diversidade de espécies de peixes de água doce, essenciais para a alimentação e a renda de milhões, especialmente em comunidades costeiras e ribeirinhas (Kumar e Singh 2020). A pesca é um setor vital para o PIB da Índia, gera empregos e é uma importante fonte de exportação, portanto, proteger a biodiversidade aquática é crucial para a segurança alimentar e econômica do país (Sankaranarayanan e Rhao 2019). Nos EUA, compreender os aspectos reprodutivos das espécies é essencial para aprimorar a reprodução de peixes em ambientes controlados e naturais, especialmente em um país com uma significativa indústria pesqueira e de aquicultura (Hutchings e Reynolds 2004). A pesquisa contribui para a sustentabilidade das populações ícticas, previne a sobrepesca e melhora os métodos de cultivo em cativeiro, além disso, auxilia no desenvolvimento de estratégias de conservação, como programas de reprodução e repovoamento e fornece dados importantes para a restauração de habitats e proteção de espécies de peixes de água doce ameaçadas por poluição, perda de habitat e mudanças climáticas (Pew e Cech 2018). Esses fatores combinados resultam em uma forte presença e liderança desses países na pesquisa sobre a biologia reprodutiva de peixes de água doce, refletindo suas capacidades e necessidades únicas em relação aos seus ecossistemas aquáticos.

Tipos de pesquisas

As pesquisas sobre biologia reprodutiva de peixes dulcícolas foram quantificadas e classificadas em 15 categorias: biologia molecular (2), biologia reprodutiva (74), biotecnologia reprodutiva (44), comportamento reprodutivo (28), conteúdo energético e dieta (12), ecologia (28), ecotoxicologia (68), endocrinologia (38), etnoconhecimento (1), fatores ambientais (32), fatores físicos (2), fisiologia (4), genética (8), ontogenia (8) e pesca (1). Dessa forma, os mais abundantes foram: biologia reprodutiva, ecotoxicologia e biotecnologia reprodutiva (Tab. 1).

No primeiro tipo mais abundante de pesquisas, os autores preocuparam-se em entender sobre a dinâmica populacional e os traços da história de vida através da utilização das metodologias clássicas amplamente descritas e utilizadas na literatura. Portanto, em algumas pesquisas desse cunho, variáveis como: proporção sexual, local e época de desova, interações ecológicas, faixa etária, fecundidade, mortalidade e sobrevivência eram frequentes (Craig 1974; Bur 1984; Alkins-Koo 2000; Prianto et al. 2021; Fujimoto et al. 2022). Os estudos sobre os parâmetros reprodutivos que englobam as variáveis anteriormente mencionadas são importantes, principalmente à nível de conservação da biodiversidade, uma vez que através do levantamento dessas informações é possível identificar a época e local de desova, declínio ou aumento populacional, idade e tamanho de maturação gonadal para definir medidas protetivas e mitigadoras de impacto ambiental. Como foi o caso do trabalho de Muchlisin et

al. 2010, onde os autores investigaram as atividades de desova de *Rasbora tawarensis* Weber e de Beaufort 1916, um peixe endêmico do Lago Laut Tawar, na Indonésia, que estava sofrendo declínio populacional, chegando até mesmo a ser considerado em perigo de extinção e até o momento de execução do estudo não havia informações disponíveis da literatura para subsidiar medidas conservacionistas para esta espécie.

As pesquisas com segundo tipo mais abundante de artigos, começaram a surgir a partir de 1980, na Índia e buscavam investigar sobre os efeitos da exposição a diferentes concentrações de defensivos agroquímicos no ciclo reprodutivo das fêmeas da espécie *Heteropneustes fossilis*. Para isso eram feitos experimentos de curto e longo prazo (Singh e Singh 1980). Nos anos subsequentes, os pesquisadores indianos investigavam os efeitos dos defensivos agroquímicos nas ultraestruturas dos ovários Mani e Saxena (1985); Haider e Upadhyaya (1986); e metabolismo lipídico durante a fase vitelogênica do ciclo reprodutivo de peixes de água doce Lal e Singh (1987). Elementos químicos como selênio (Hermanutz et al. 1992), nitrato de chumbo (Tulasi 1992), ácido fosfórico (Deegan e Peterson, 1992), lixiviados tóxicos (Noaksson et al. 2005), medicamentos (atenolol) Winter et al. (2008) e extratos vegetais Orlu e Gabriel (2011) também foram investigados e na última década a investigação de Poluentes Orgânicos Persistentes - POP's Curtean-Bănăduc et al. (2020), partículas plásticas de diferentes tamanhos (nanoplásticos, microplásticos, mesoplásticos e macropelásticos) Assas et al. (2020); Qiang e Cheng (2021); Cormier et al. (2022) e antidepressivos (fluoxetina) Weinberger e Klaper (2014); Dorelle et al. (2017); Martin et al. (2019), passaram a ser uma tendência de investigação nos estudos ecotoxicológicos.

O último tipo mais abundante de artigos começou a surgir a partir dos anos 2000 e em seus escopos abordavam aspectos ligados com a fertilização e uso de novas tecnologias (Jobling et al. 2002). A partir disso, análises e técnicas mais específicas foram possibilitadas como: indução hormonal (hipófise de carpa, ovopel, GnRH entre outros) Cruz-Casallas (2005), criopreservação de gametas, métodos de congelamento e descongelamento, análise espermática, análise de motilidade, análise da cinética dos espermatozoides Oliveira-Araújo et al. (2020), análise de fluido ovariano e fertilização artificial Siddique et al. (2016), diferentes técnicas de sexagem (biópsia, canulação e afins) Legendre et al. (2012), análises morfológicas e ultraestruturais com adoção de microscopia eletrônica de varredura e de transmissão Batlouni (2006), ovulação *in vitro*, isolamento de diferentes regiões dos ovários e testículos entre outras técnicas amplamente utilizadas para elaboração de protocolos de reprodução *ex situ*, reprodução comercial (aquicultura), formação de banco de gametas e entendimento refinado de aspectos peculiares das espécies.

Apesar da variedade de tipos de pesquisa sobre o tema, não houve pesquisas que investigassem os impactos das mudanças climáticas na reprodução de peixes dulcícolas, porém, alguns efeitos estão em processo de investigação principalmente em ambientes marinhos, e podem ser hipotetizados para os ambientes continentais. Servili et al. (2020), afirmam que as mudanças de temperatura, salinidade e hipóxia afetam o comportamento reprodutivo, a diferenciação sexual, a qualidade dos gametas, a desova e a fenologia, uma vez que afetam diretamente o eixo neuroendócrino (cérebro-hipófise-gônadas). Seguindo a mesma linha de raciocínio, Pankhurst e Munday (2011) constataram que as mudanças de temperatura não naturais afetam criticamente mais os ovos e larvas de peixes do que os indivíduos adultos, surtindo efeito direto no tamanho de eclosão, taxa de desenvolvimento e sobrevivência desses indivíduos. Portanto, essa lacuna existente dentro da linha de pesquisa de biologia reprodutiva de peixes pode ser investigada e comparada sob diferentes espectros ao longo do desenvolvimento ontogenético, ambientes aquáticos continentais, fenologia, fatores ambientais e afins.

Tipos de pesquisa	N. artigos	Caracterização geral	Autor
Biologia molecular	2	Análises qualitativa e quantitativas do tRNA e análises de parentesco (DNA) de base molecular em diferentes fases do período reprodutivo	Sarkar et al. 1994; Osborne <i>et al.</i> 2005
Biologia reprodutiva	74	Investigação de aspectos gerais da história de vida dos peixes. Variáveis como: período reprodutivo, época de desova, índice hepatossomático, índice gonadossomático, tamanho de primeira maturação gonadal, proporção sexual, relação peso-comprimento, fecundidade, histologia das gônadas e bem-estar são frequentes nesse tipo de pesquisa	Lake 1967; Khan <i>et al.</i> 1990; Alkins-Koo 2000; Patimar et al. 2010; Arifin et al. 2020; Mawa et al. 2022
Biotecnologia reprodutiva	44	Indução hormonal, extrusão, coleta, análise do sêmen e fluido ovariano, fertilização e acompanhamento do desenvolvimento embrionário e larval foram as principais variáveis abordadas nas pesquisas, a fim do desenvolvimento de protocolos de reprodução <i>ex situ</i> e <i>in vitro</i>	Jobling et al. 2002; Orfao et al. 2010; Viveiros et al. 2012; Oliveira-Araújo et al. 2020; Zardo et al. 2022
Comportamento reprodutivo	28	Observação (aquário e/ou <i>in situ</i> - SCUBA/Câmera) de construção de ninhos, comportamentos de coorte, social e agonísticos, cuidado parental, vocalização e utilização de hospedeiros	Cichocki, 1977; Reynolds e Gross, 1992; Reycharde et al. 2004; Almeida et al. 2012; Mena-Valenzuela et al. 2022
Conteúdo energético e dieta	12	Avaliação das demandas nutricionais e proteicas, biossíntese de ácidos graxos e transformação de matéria em energia. Taxa de crescimento específico, índice somático e índice viscerossomático são as variáveis mais ocorrentes nesses estudos	Encina et al. 1997; Ling et al. 2006; Nowosad et al. 2017; Karadal et al. 2021
Ecologia	28	Observação e descrição de aspectos dietéticos e ambientais (<i>i.e.</i> : áreas de desova), bem como interações reprodutivas inter e intraespecíficas. Fator de condição, implantação de Passive Integrated Transponder - PIT TAG e agregações de desova são aspectos frequentemente ocorrentes nesses artigos	Kerle et al. 2000; Beatty et al. 2010; Souza et al. 2015; Allen et al. 2020; Valeria et al. 2021
Ecotoxicologia	68	Avaliação dos efeitos de substâncias químicas (<i>i.e.</i> : pesticidas, inseticidas, partículas plásticas de diferentes tamanhos, extratos herbáceos, selênio, chumbo, nitrato, mercúrio e afins) no ciclo reprodutivo, morfologia das gônadas, transferência transgeracional e órgãos associados à reprodução (<i>i.e.</i> : cérebro, fígado e outras glândulas)	Singh e Singh, 1980; Tulasi et al. 1992; Cardinali et al. 2004; Parrott et al., 2010; Donald 2016; Sumi e Cintra 2020; Yaripour et al., 2022
Endocrinologia	38	Análises quantitativas (gônadas, sangue, rins, glândulas e diferentes regiões cerebrais) e exposição a hormônios esteroides, catecolaminas e GnRH, LH e FSH durante o ciclo reprodutivo	Gentile et al. 1986; Sinha et al. 1992; Filby et al. 2010; Robinson et al., 2017; Singh et al. 2021; Agues-Barbosa et al. 2022
Etnoconhecimento	1	Aplicação de questionários e entrevistas com uma comunidade tradicional da Ásia, acerca do levantamento do estado de conhecimento dos aspectos reprodutivos de um peixe ameaçado de extinção	Rowley et al. 2008
Fatores ambientais	32	Influência de fatores ambientais como: temperatura, salinidade, fotoperíodo, Oxigênio Dissolvido, dureza da água, turbidez e tipo de substrato na reprodução de peixes	Fineman-Kalio 1988; Cambray 1991; Oltra e Odolí 2000; Yan e Wang 2010; Martins et al. 2015; Massey et al. 2022
Fatores Físicos	2	Influência de fatores ambientais como o barramento do fluxo dos rios nos aspectos reprodutivos	Gurbuz, 2017; De F, 2019
Fisiologia	4	Análise do funcionamento homeostático, imunocompetência, alterações bioquímicas e enzimáticas durante o ciclo reprodutivo	Korket <i>et al.</i> , 2003; Triparthi & Verma; 2004; Lamkova <i>et al.</i> , 2007; Dzyuba <i>et al.</i> , 2020

Genética	8	Análise, extração e sequenciamento de DNA, quantificação de proteínas da zona <i>radiata</i> , amplificação de microssatélite, clonagem de cDNA e análises de parentesco	Moles <i>et al.</i> , 2011; Saha <i>et al.</i> , 2016; Pradhan <i>et al.</i> , 2018; Linhart <i>et al.</i> , 2020; Lutz <i>et al.</i> , 2021
Ontogenia	8	Caracterização do desenvolvimento ontogenético e descrição das fases da história de vida. Comumente aspectos como fertilização, incubação, eclosão, morfometria de ovos e larvas, taxas de crescimento, sobrevivência e mortalidade são abordadas em pesquisas desse tipo	Humprey <i>et al.</i> , 2003; Gil <i>et al.</i> , 2010; Aya <i>et al.</i> , 2017; Celik, 2021; Kucharczik <i>et al.</i> , 2022
Pesca	1	Investigação dos efeitos subletais da pesca no tamanho e reprodução de uma espécie de peixe	Hall <i>et al.</i> , 2017

Tab. 1. Doze (12) categorias dos estudos de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, respectivas quantidades, breves caracterizações e autores.

Tipos de ambientes

As pesquisas foram desenvolvidas *in situ* - ambientes naturais continentais sem interferência (estrutura) antrópica (rios, lagos, lagoas, poças temporárias, áreas de várzea e afins) e *ex situ* - ambientes controlados e com interferência antrópica (estrutura) (laboratórios, pisciculturas, aquários, reservatórios, mesocosmo e afins). Dessa forma, os estudos em condições controladas ou *ex situ* foram mais frequentes (63,43%) do que os realizados em ambientes naturais ou *in situ* (36,57%), conforme a Fig. 5.

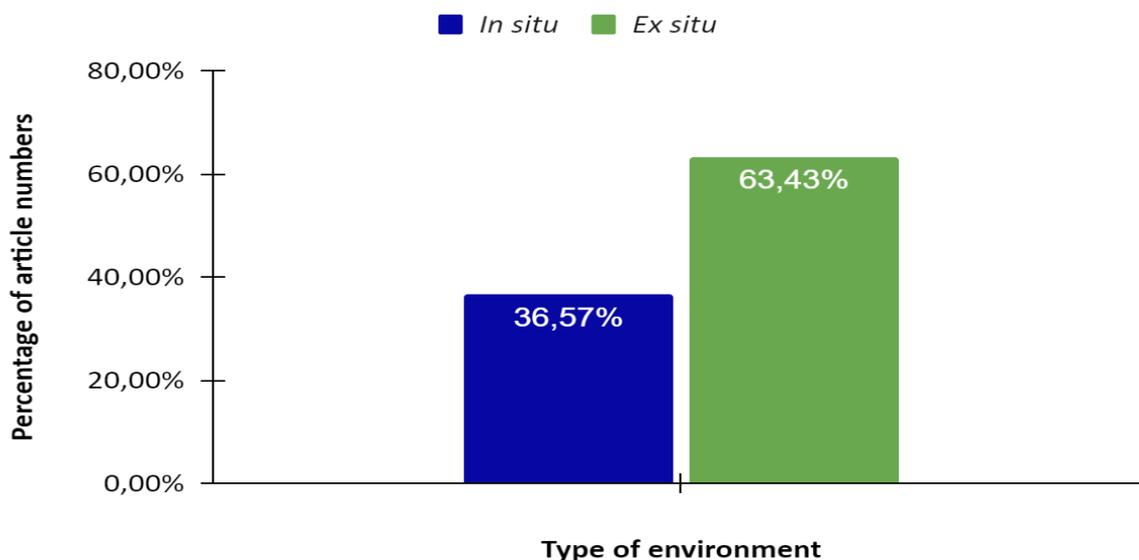


Fig. 5. Tipos de ambientes (eixo X) *in situ* (rios, lagos, lagoas, poças temporárias, áreas de várzea e afins) e *ex situ* (laboratórios, pisciculturas, aquários, reservatórios e afins) onde as pesquisas de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas foram desenvolvidas e a porcentagem de número de artigos (eixo Y).

O desenvolvimento de pesquisas em ambientes controlados (*i.e.*: laboratórios, pisciculturas, mesocosmo e afins) permite a replicabilidade, a experimentação, controle e simulação de uma série de fatores e fenômenos que não poderiam ser isolados na natureza, como exemplo, podemos citar a pesquisa de Flint et al. (2020) que expôs os peixes de água doce a diferentes flutuações de Oxigênio Dissolvido (OD) para investigar a viabilidade de embriões, o que na natureza seria inviável a testagem de diferentes gradientes de OD. Além disso, os laboratórios são compostos por equipes que auxiliam no desenvolvimento das pesquisas, sendo eles: pesquisadores, técnicos, auxiliares técnicos, equipamentos e diferentes materiais que possibilitam uma ação conjunta (Teixeira *et al.*, 1998). Outro fator preponderante e influenciador desse resultado é o caso dos estudos de biologia reprodutiva de peixes requererem uma série de técnicas, análises, acondicionamento, equipamentos, reagentes e materiais que necessitam de um protocolo de execução e infraestrutura adequada para o desenvolvimento das pesquisas, o que na maioria das vezes seria inviável de ocorrer *in situ*. Ademais, a viabilidade de pesquisas em ambientes naturais tem um alto custo de tempo, dinheiro, logística e esforço conjunto. Muitos pesquisadores no mundo inteiro lutam por editais de financiamento que concedam recursos para que essas pesquisas sejam desenvolvidas e somente alguns conseguem, pois há uma quantidade limitada de recursos, talvez o resultado aqui encontrado também seja reflexo disso (Houghton e Goodwall 2017).

Táxons, utilização humana, endemismo e classificação na IUCN

As pesquisas de biologia reprodutiva foram desenvolvidas com 22 ordens, 65 famílias e 235 espécies de peixes dulcícolas de diferentes regiões geográficas. Entre as mais frequentes nos estudos estão: *Pimephales promelas* (13), *Danio rerio* (9) e *Oreochromis niloticus* (9) Tab. 2.

Táxon	N. artigos	Uso humano	Endemismo	Classificação IUCN
Acipenseriformes				
Acipenseridae				
<i>Acipenser fulvescens</i>	1	Pesca comercial	Não endêmico	EN
Anabantiformes				
Channidae				
<i>Channa punctata</i>	8	Ornamental	Não endêmico	LC
Beloniformes				
Adrianichthyidae				
<i>Oryzias latipes</i>	8	Ornamental	Não endêmico	LC
Cichliformes				
Cichlidae				
<i>Amatitlania nigrofasciata</i>	1	Ornamental	Não endêmico	DD
<i>Amphilophus labiatus</i>	1			
<i>Oreochromis niloticus</i>	9	Aquicultura	Não endêmico	LC
Cypriniformes				
Acheilognathidae				
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	1	Não avaliado	Não endêmico	Não avaliado
<i>Tanakia lanceolata</i>	1	Não avaliado	Não endêmico	Não avaliado
<i>Tanakia limbata</i>	1	Não avaliado	Não endêmico	LC
Cyprinidae				
<i>Carassius auratus</i>	6	Ornamental	Não endêmico	LC
<i>Cyprinus carpio</i>	6	Pesca comercial	Não endêmico	VU
<i>Danio rerio</i>	9	Ornamental	Não endêmico	LC
Danionidae				
<i>Amblypharyngodon mola</i>	1	Não avaliado	Não endêmico	LC
Leuciscidae				
<i>Pimephales promelas</i>	13	Ornamental	Não endêmico	LC
<i>Achondrostoma occidentale</i>	1	Não avaliado	Não endêmico	EN
Cyprinodontiformes				
Aphiniidae				
<i>Anatolichthys transgrediens</i>	1	Ornamental	Endêmico da Turquia	CR
<i>Apricaphanius iberus</i>	1	Ornamental	Não endêmico	EN
Poeciliidae				
<i>Poecilia reticulata</i>	8	Ornamental	Não endêmico	LC
Siluriformes				
Clariidae				
<i>Clarias batrachus</i>	8	Ornamental	Não endêmico	LC
Heteropneustidae				
<i>Heteropneustes fossilis</i>	9	Pesca comercial	Não endêmico	LC

Tab. 2. Descrição dos táxons (ordem, família e espécie) com as 20 espécies mais (10) e menos (10) estudadas nos estudos de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, quantidades de artigos em que eles foram estudados, utilização humana, endemismo (países) e classificação na IUCN.

Pimephales promelas é um peixe de água doce comumente utilizado por aquaristas, com distribuição geográfica nas Américas do Norte e Central, conhecido popularmente como Peixinho-gordo e/ou Peixinho-cabeça-branca e nas últimas três décadas vem sendo utilizado como uma espécie modelo para estudos ecotoxicológicos e endocrinológicos (Lanno e Dixon 1994; Winter et al. 2008; Dionne et al. 2021). Ademais, eles exibem dimorfismo sexual pronunciado durante a época de reprodução que ocorre em águas relativamente frias e possuem um ciclo de reprodução sazonal (Sabo et al. 2015). Os machos apresentam cuidado parental que inclui a construção e defesa dos ninhos em substratos rasos, onde as fêmeas depositam seus ovos aderentes e logo após a desova, para que eles possam fertilizar os ovos e continuar a proteger o ninho e os alevinos, que eclodem em aproximadamente 5 a 7 dias (Wagner et al. 2021).

Danio rerio é um ciprinídeo de pequeno porte, conhecido como Peixe-zebra e também é muito utilizado no mercado ornamental, com sua distribuição geográfica natural na Ásia, porém já é facilmente reproduzido/introduzido em diversas regiões do globo e é um modelo para estudos ecotoxicológicos, endocrinológicos, genéticos e de reprodução (Nourizadeh-Lillabadi et al. 2009; Techer et al. 2017; Qiang e Cheng 2021). Essa espécie apresenta reprodução ovípara, com desova que ocorre frequentemente em ambientes de água doce aquecida, onde ela é estimulada por condições ambientais específicas, como aumento da temperatura e mudanças no fotoperíodo (Knapik et al. 2001). Os peixes-zebra são conhecidos por seu comportamento de desova em grupos, onde as fêmeas liberam ovos que são fertilizados externamente pelos machos, onde os ovos se aderem ao substrato ou flutuam livremente na água e eclodem em aproximadamente 2 a 3 dias (Northrup et al. 2018).

Oreochromis niloticus é uma espécie de ciclídeo africano de água doce, popularmente conhecida como Tilápia e/ou Tilápia do Nilo, diferentemente das espécies anteriores, essa é bastante utilizada na aquicultura e pesca comercial, pois possui um valor econômico e social com relação ao seu potencial proteico e de consumo pelos humanos (Fineman-Kalio 1988; Medeiros et al. 2007). Sua reprodução é caracterizada por ser ovovivípara, alta fecundidade, capacidade de adaptação a diversas condições ambientais, o que contribui para seu sucesso reprodutivo e por possuir uma abordagem parental distinta, a incubação oral (Mair et al., 1997). Esse comportamento de incubação oral é crítico para a proteção dos ovos e dos alevinos, que permanecem na cavidade bucal da mãe até estarem suficientemente desenvolvidos para nadar livremente (Raanan et al. 2017). Nesse sentido, os estudos sobre essa espécie buscam investigar os traços da história de vida, biotecnologia reprodutiva, conteúdo energético e dieta e fatores ambientais que influenciam a reprodução dela (Piamsomboon et al. 2019).

Com relação à utilização humana das espécies objetos das pesquisas em biologia reprodutiva de peixes, podemos constatar que a maior parte dos estudos foram realizados com espécies utilizadas para fins ornamentais (135), seguidos de pesca comercial (114) e não avaliadas (116) Fig. 6.

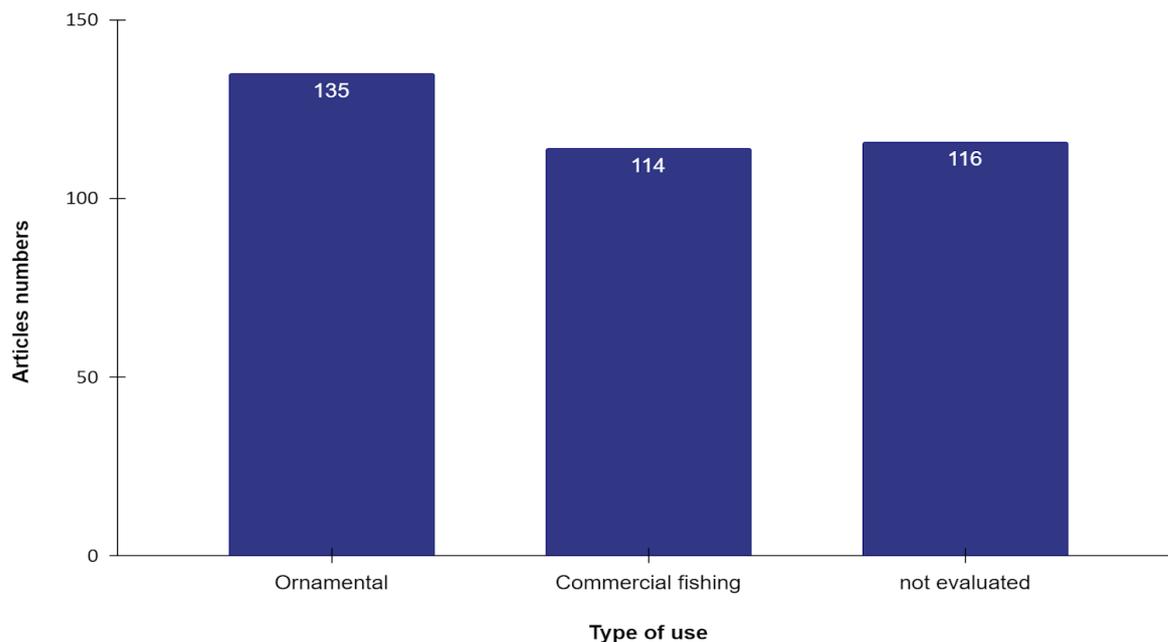


Fig. 6. Tipos de uso humano (eixo X) e número de artigos de pesquisa de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas (eixo Y).

Esse resultado correlaciona-se com o fato de o maior número de pesquisas serem realizadas em ambientes controlados ou *ex situ*. Para tanto, as espécies de fácil reprodução/aquisição/acondicionamento são utilizadas, o que coincide com as espécies modelos nas pesquisas ecotoxicológicas, endocrinológicas e de reprodução serem ornamentais. Com relação ao uso de espécies utilizadas na pesca comercial, esses dados são reflexo da demanda de produção/consumo de peixes de água doce com fins alimentícios, dada a importância da pesca e aquicultura para o uso humano, o conhecimento é produzido com a finalidade de criação de um bem/produto que nesse caso será a produção de peixes de água doce para o consumo humano/industrial (FAO, 2020).

Das 20 espécies mais (10) e menos abundantes (10) nos estudos de biologia reprodutiva, apenas uma era endêmica da Turquia e estava Criticamente em Perigo - CR (*Anatolichthys transgrediens*), duas estavam Em Perigo - EN (*Achondrostoma occidentale* e *Apricaphanius iberus*) e uma Vulnerável - VU (*Cyprinus carpio*). O que é preocupante pois a perda de espécies gera déficits sem precedentes na biodiversidade, pois não é somente a perda de um espécime, de uma espécie, ou de uma população, e sim é a perda de informações genéticas, de prestação de serviços ecossistêmicos, de interações ecológicas e de desempenho de funções.

A importância do levantamento de dados sobre a biologia básica das espécies, incluindo os parâmetros reprodutivos, é fulcral e isso só reforça o grande papel que esses estudos têm para a conservação da biodiversidade. Um exemplo disso é o artigo de Allen *et al.* (2020), onde o objetivo dos autores foi a descrição dos aspectos biológicos e ecológicos e mapeamento da área de distribuição da espécie *Nannoperca pygmaea* Morgan, Beatty e Adams 2013 que está ameaçada de extinção. Esse trabalho foi a somatória de esforços que resultou em informações básicas valiosas sobre a biologia básica, até mesmo sobre a reprodução dessa espécie que até então não havia sido descrita e já estava ameaçada na natureza, o que poderia gerar uma lacuna de conhecimento da biodiversidade.

Tipos de metodologias

Foram utilizadas 83 tipos de metodologias para elaboração dos estudos de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, no entanto, as três mais frequentes foram: Índice Gonadosomático – IGS (121), análises macroscópicas das gônadas (98) e análises microscópicas/histológicas das gônadas (81), conforme está ilustrado na Fig. 7.

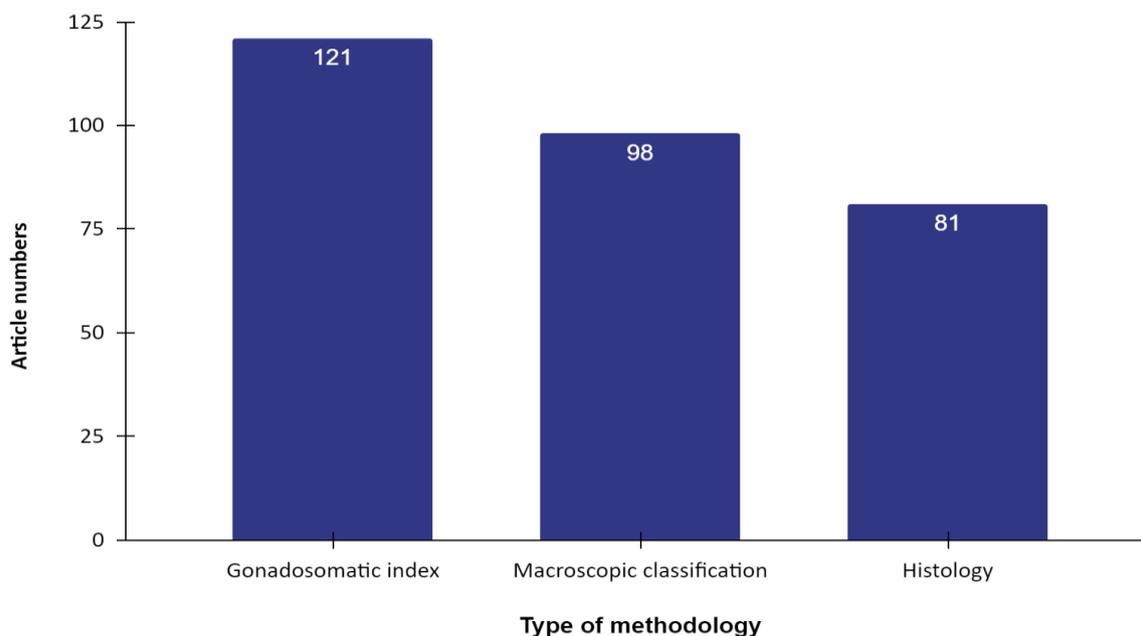


Fig. 7. Três metodologias (Índice Gonadosomático, classificação macroscópica das gônadas e histologia) mais utilizadas nos estudos de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas.

O IGS é uma ferramenta simplificada e eficaz que é frequentemente utilizada nos estudos de biologia reprodutiva. Ela é a razão entre o Peso da Gônada (PG) e o Peso Total do peixe (PT), onde a interpretação dos seus valores máximos reflete o investimento energético de ambos os sexos na reprodução e os seus valores médios indicam o período reprodutivo das espécies (Caramaschi e Brito 2021) e por se tratar de equação, a obtenção/interpretação dos valores permanece a mesma em todos os artigos que necessitam de utilização dessa metodologia. Em contrapartida, as análises macroscópicas são mais simples, acessíveis e padronizadas de acordo com diferentes aspectos morfológicos e variam de autor para autor, por estes motivos são amplamente difundidas e utilizadas pelos pesquisadores, principalmente em campo, porém têm menor acurácia do que as análises microscópicas/histológicas (Amaral et al. 1998; Gurdak et al. 2018; Treasurer 2021). Segundo Fontoura et al. (2018), as análises microscópicas das gônadas fornecem uma compreensão mais precisa do ciclo reprodutivo dos peixes, através das diferentes estruturas dos tecidos gonadais e órgãos associados à reprodução durante as fases reprodutivas, no entanto, é reiteradamente desenvolvida em ambientes controlados/laboratórios, uma vez que demandam de microscópio de luz, lâmina, lamínula, diferentes técnicas de cortes histológicos e de coloração e consoante às análises macroscópicas, as classificações também variam de autor para autor (Treasurer 2021).

Conclusões

A presente análise cienciométrica detectou um crescimento oscilatório para o período de tempo delimitado na pesquisa, porém nas últimas duas décadas, as pesquisas em biologia reprodutiva de peixes de água

doce apresentaram um aumento notável na quantidade de publicações e essa tendência é corroborada pelo crescente volume de publicações encontradas nas bases de dados *Web of Science* e *Scopus*, principalmente nos últimos cinco anos.

Países como o Brasil e a Índia (em desenvolvimento) e os EUA (desenvolvido) foram responsáveis por um número elevado de publicações sobre o tema, quando comparados aos demais. Isso denota os esforços e investimentos que estão sendo feitos para ampliação do conhecimento e geração de produtos oriundos da ciência e tecnologia, em contrapartida, também avulta a realidade dessemelhante a qual muitos países, especialmente os do continente africano ainda vivenciam.

Uma tríade de ligação (padrão) entre os tipos de estudos de biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, espécies estudadas e utilização humana foi revelada. Dessa forma, os campos da biologia reprodutiva, ecotoxicologia e biotecnologia reprodutiva foram os mais estudados, oriundos das demandas da pesca comercial e aquicultura. E as espécies utilizadas nos mercados ornamentais e na pesca comercial também foram as mais estudadas nos artigos de pesquisas experimentais, desenvolvidos principalmente em ambientes *ex situ*, onde é possível controlar/isolar/testar diferentes variáveis, utilizando diversas técnicas e ferramentas que seriam inviáveis na natureza.

É importante ressaltar que algumas dessas espécies objetos de estudos nesses campos foram classificadas como vulneráveis, em perigo, criticamente ameaçadas e até mesmo com dados insuficientes e isso evidencia as lacunas existentes com relação à compreensão dos aspectos biológicos básicos delas, portanto há uma necessidade urgente em aumentar os esforços em pesquisas que tenham abordagens holísticas e conservacionistas principalmente para surja a tendência de investigações ecológicas que examinem os efeitos das atividades antrópicas, que avaliem os impactos das mudanças climáticas nas populações de peixes nos ecossistemas aquáticos continentais e que desenvolvam protocolos de conservação *ex situ*, a fim de colaborar com o desenvolvimento de estratégias de mitigação de impactos ambientais, gestão focada políticas públicas de preservação e conservação.

Com relação aos dados não avaliados para a utilização humana e dados deficientes e não avaliados na classificação da IUCN é evidente lacuna de informações biológicas básicas sobre algumas espécies estudadas nos artigos de pesquisa experimentais e da nossa compreensão, portanto há uma necessidade em aumentar os esforços de pesquisas com relação ao fato exposto.

Acreditamos que o aumento de publicações nessa área de pesquisa, deve vir acompanhado de uma ampla visão, com indicações de aspectos padronizados e/ou deficitários, que despertem *insights*/possíveis tendências científicas para impulsionar os pesquisadores da área. E com base nos achados desta cienciometria é possível prever campos de pesquisas emergentes com abordagens inovadoras para identificação e avaliação dos efeitos das ações antrópicas sobre os peixes de água doce, principalmente por causa do surgimento de investigações (últimos cinco anos) que aprofundam aspectos ecotoxicológicos, endocrinológicos e ontogenéticos.

Esta análise cienciométrica reconhece as possíveis limitações e números reduzidos de artigos, devido à natureza peculiar das bases de dados onde foram pesquisados os artigos, nem todos os artigos sobre o tema são/estão indexados nelas. Isso poderia potencialmente configurar em algumas restrições com relação à uma compreensão mais abrangente dos padrões, tendências e déficits nesse campo de pesquisa. Porém, mesmo diante dessas limitações, acreditamos que os resultados aqui obtidos podem fornecer informações valiosas para o direcionamento de futuras pesquisas em biologia reprodutiva de peixes dulcícolas, assim como para o direcionamento de iniciativas conservacionistas da biodiversidade.

Referências bibliográficas

Academic Accelerator. (2023). Journal Metrics Search Engine. Disponível em: <<https://academic-accelerator.com/journal-metrics>>. Acesso em: 13 jul. 2023.

Alkins-Koo M. (2000). Reproductive Timing of Fishes in a Tropical Intermittent Stream. *Environmental Biology of Fishes* 57, 49–66. <https://doi.org/10.1023/A:1007566609881>

Allen MG; Morgan DL; Close PG; Beatty SJ. (2020). Too little but not too late, biology of a recently discovered and imperilled freshwater fish in a drying temperate region and comparison with sympatric fishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(7), 1412 – 1423. <https://doi.org/10.1002/aqc.3346>

Almeida CC; e Grácio MCC. (2019). Produção científica brasileira sobre o indicador “Fator de Impacto”: um estudo nas bases SciELO, Scopus e Web of Science. *Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação*, 24(54), 62-77. <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2019v24n54p62>

Amaral MF; Aranha JMR; Menezes MS de. (1998). Reproduction of the Freshwater Catfish *Pimelodella pappenheimi* in Southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33(2): 106 – 110. <https://doi.org/10.1076/snfe.33.2.106.2164>

Aria M; e Cuccurullo C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

Assas M; Qiu X; Chen K; Ogawa H; Xu H; Shimasaki Y; Oshima, Y. (2020). Bioaccumulation and reproductive effects of fluorescent microplastics in medaka fish. *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111446. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111446>

Balsano JS; Randle EJ; Rasch EM; e Monaco PJ. (1985). Reproductive behavior and the maintenance of all-female *Poecilia*. *Environmental biology of fishes*, 12, 251-263. <https://doi.org/10.1007/BF00005456>

Batlouni SR; Romagosa E; Borella MI. (2006). The reproductive cycle of male catfish *Pseudoplatystoma fasciatum* (Teleostei, Pimelodidae) revealed by changes of the germinal epithelium - An approach addressed to aquaculture. *Animal Reproduction Science*, 96 (1-2): 116-132). <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2005.11.012>

Baylis JR. (1981). The evolution of parental care in fishes, with reference to Darwin's rule of male sexual selection. *Environmental Biology of Fishes*, 6: 223 – 251. <https://doi.org/10.1007/BF00002788>

Begossi, A; Salivonchyk, SV; Hallwass, G; Hanazaki, N; Lopes, PFM; Silvano, RAM; e Pittock, J. (2018). Consumo de Peixes na Amazônia: uma revisão sobre biodiversidade, hidrelétricas e segurança alimentar. *Brazilian Journal of Biology*, 79, 345-357. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.186572>

Bolivar RB; Ekneth AE; Bolivar HL; Abella TA. (1993). Growth and reproduction of individually tagged Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) of different strains. *Genetics in Aquaculture*. 159 – 169. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-81527-9.50020-8>

- Brosse S; Beauchard O; Blanchet S. *et al.* (2013). Fish-SPRICH: a database of freshwater fish species richness throughout the World. *Hydrobiologia* 700, 343–349. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1242-6>
- Buckup, P. A; Menezes, N. A; Ghazzi, M. S. A. (2007). Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil (Vol. 23). Rio de Janeiro: Museu Nacional. ISBN978-88-7427-018-0
- Bur M. T. (1984). Growth, reproduction, mortality, distribution, and biomass of freshwater drum in Lake Erie. *Journal of Great Lakes Research*, 10(1), 48-58. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(84\)71806-5](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(84)71806-5)
- Cantanhêde LG; Carvalho IFS; Santos NB; de Almeida ZS. (2016). Biologia reprodutiva do *Hassar affinis* (Pisces: Siluriformes, Doradidae), Lago de Viana, Baixada Maranhense, Maranhão, Brasil. *Acta Amazonica*, 46(2), 219–226. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201503844>
- Caramashi EP; Brito MFG. (2021). Reprodução de peixes de riacho: estado da arte, métodos e perspectivas. *Oecologia Australis*, 25(2), 323-343. <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2502.07>
- Carvalho IFD; Cantanhede LG; Diniz ALC; Carvalho-Neta RNF; de Almeida, ZD. (2021). Reproductive biology of seven fish species of commercial interest at the Ramsar site in the Baixada Maranhense, Legal Amazon, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 19(2): 1-18. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2020-0067>
- Castro RMC; e Polaz CNM. (2020). Small-sized fish: the largest and most threatened portion of the megadiverse neotropical freshwater fish fauna. *Biota Neotropica*, 20(1): e20180683. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0683>
- Cichocki F. (1977). Tidal cycling and parental behavior of the cichlid fish, *Biotodoma cupido*. *Environmental Biology of Fishes*, 1, 159-169. <https://doi.org/10.1007/BF00000407>
- Cintra PR; da Silva MDP; Furnival AC. (2020). Uso do inglês como estratégia de internacionalização da produção científica em Ciências Sociais Aplicadas: estudo de caso na SciELO Brasil. *Em Questão*, 17-41. <https://doi.org/10.19132/1808-5245261.17-41>
- Coates D. (1993). Fish ecology and management of the Sepik-Ramu, New Guinea, a large contemporary tropical river basin. *Environmental Biology of Fishes*, 3: 345 – 368. <https://doi.org/10.1007/BF00007528>
- Copp GH; e Peñáz M. (1988). Ecology of fish spawning and nursery zones in the floodplain, using a new sampling approach. *Hydrobiologia*, 169, 209-224. <https://doi.org/10.1007/BF00007312>
- Cormier B; Cachot J; Blanc M; Cabar M; Clérandeau C; Dubocq F; Cousin X. (2022). Environmental microplastics disrupt swimming activity in acute exposure in *Danio rerio* larvae and reduce growth and reproduction success in chronic exposure in *D. rerio* and *Oryzias melastigma*. *Environmental Pollution*, 308, 119721. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119721>
- Craig JF. (1974). Population dynamics of perch, *Perca fluviatilis* L. in Slapton Ley, Devon: I. Trapping behaviour, reproduction, migration, population estimates, mortality and food. *Freshwater Biology*, 4(5), 417-431. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1974.tb00106.x>

- Craig JF; e Kipling C. (1983). Reproduction effort versus the environment; case histories of Windermere perch, *Perca fluviatilis* L., and pike, *Esox lucius* L. *Journal of Fish Biology*, 22(6), 713-727. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1983.tb04231.x>
- Cruz RP; Affonso IP; Gomes LC. (2016). Ecologia do ictioplâncton: uma abordagem cienciométrica. *Oecologia australis*, 20(4): 436-450. <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2004.04>
- Cruz-Casallas PE; Lombo-Rodríguez DA; Velasco-Santamaría YM. (2005). Milt quality and spermatozoa morphology of captive *Brycon siebenthalae* (Eigenmann) broodstock. *Aquaculture Research*, 36(7), 682-686. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2005.01273.x>
- Curtean-Bănăduc A; Burcea A; Mihuț C. M; Berg V; Lyche JL; Bănăduc D. (2020). Bioaccumulation of persistent organic pollutants in the gonads of *Barbus barbus* (Linnaeus, 1758). *Ecotoxicology and environmental safety*, 201, 110852. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110852>
- Dabrowski, KR; Ciereszko, R; Ciereszko, A; Toth, G. (1996). Reproductive physiology of yellow perch (*Perca flavescens*): Environmental and endocrinological cues. *Journal of Applied Ichthyology*, 12(3-4): 139 – 148. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1996.tb00079.x>
- Datawrapper. (2023). Choropleth map. Disponível em: < <https://www.datawrapper.de/maps/choropleth-map>>. Acesso em: 03 ago. 2023.
- Daoulas CH; Economou AN; Psarras RB. (1993). Reproductive strategies and early development of three freshwater gobies. *Journal of Fish Biology*, 42(5): 749 – 776. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb00382.x>
- Deegan LA; e Peterson BJ. (1992). Whole-river fertilization stimulates fish production in an arctic tundra river. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49(9), 1890-1901. <https://doi.org/10.1139/f92-209>
- Del Favero JM; Pompeu PS; Prado-Valladares CA. (2010). Biologia reprodutiva de *Heros efasciatus* Heckel, 1840 (Pisces, Cichlidae) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Amanã-AM, visando seu manejo sustentável. *Acta Amazonica*, 40(2): 373–380. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000200015>
- Dionne E; Hanson ML; Anderson JC; Brain RA. (2021). Chronic toxicity of technical atrazine to the fathead minnow (*Pimephales promelas*) during a full life-cycle exposure and an evaluation of the consistency of responses. *Science of the Total Environment*, 755, 142589. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142589>
- Dorelle LS; Da Cuña RH; Vázquez GR; Höcht C; Shimizu A; Genovese G; Nostro FLL. (2017). The SSRI fluoxetine exhibits mild effects on the reproductive axis in the cichlid fish *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Cichliformes). *Chemosphere*, 171, 370-378. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.11.141>
- Embrapa. (2020). Painel de importação de peixes ornamentais. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/cim-centro-de-inteligencia-e-mercado-em-aquicultura/comercio-exterior/peixes-ornamentais>>. Acesso em: 02 fev. 2023
- Encina L; e Granado-Lorencio C. (1997). Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation and energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river. *Environmental Biology of Fishes*, 50: 75 - 84. <https://doi.org/10.1023/A:1007381414397>

FAPESP. (2018). A China na cola dos Estados Unidos. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/a-china-na-cola-dos-estados-unidos/>>. Acesso em: 01 fev. 2023.

Fineman-Kalio AS. (1988). Preliminary observations on the effect of salinity on the reproduction and growth of freshwater Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), cultured in brackishwater ponds. *Aquaculture Research*, 19(3), 313-320. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1988.tb00435.x>

Flint N; Pearson RG; Crossland MR. (2018). Reproduction and embryo viability of a range-limited tropical freshwater fish exposed to fluctuating hypoxia. *Marine and Freshwater Research*, 69(2): 267 – 276. <https://doi.org/10.1071/MF16388>

Fontoura NF; Ceni G; Braun AS; Marques CS. (2018). Defining the reproductive period of freshwater fish species using the Gonadosomatic Index: a proposed protocol applied to ten species of the Patos Lagoon basin. *Neotropical Ichthyology*, 16(2): e170006. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170006>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

Freitas TMS; e Salvador GN. (2022). Biological aspects of *Hypostomus affinis* (Siluriformes: Loricariidae) in Brazilian coastal rivers. *Acta Limnologia Brasiliensia*, 34(3): 2175-2179). <https://doi.org/10.1590/S2179-975X1121>

Froese, R; Pauly, D. (2022). FishBase. Disponível em: <www.fishbase.org>. Acesso em: 15 jan. 2023.

Fujimoto Y; Chiba H; Shindo K; Kitazima J; Iwata M. (2022). Reproductive ecology and adaptive host choice correlated with body size in an autumn-spawning bitterling *Acheilognathus typus*. *Journal of Fish Biology*, 100(5), 1195-1204. <https://doi.org/10.1111/jfb.15017>

G20. (2024). O que significa G20?. Disponível em: <<https://www.g20.org/pt-br?activeAccordion=d1a95c08-9225-45ee-a8f0-9b08e37d097b>>. Acesso em: 23 jan. 2024.

Garlich-Miller JL; e Stewart REA. (1999). Female reproductive patterns and fetal growth of Atlantic walrus (*Odobenus rosmarus rosmarus*) in Foxe Basin, Northwest Territories, Canada. *Marine Mammal Science*, 15(1), 179-191. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.1999.tb00788.x>

Gentile F; Lira O; Marcano-de Cotte D. (1986). Relationship between brain gonadotrophin-releasing hormone (GnRH) and seasonal reproductive cycle of “Caribe Colorado,” *Pygocentrus notatus*. *General and comparative endocrinology*, 64(2), 239-245. [https://doi.org/10.1016/0016-6480\(86\)90008-0](https://doi.org/10.1016/0016-6480(86)90008-0)

Godinho AL; Lamas IR; Godinho HP. (2010). Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 87(2), 143–162. <https://doi.org/10.1007/s10641-009-9574-4>

Gray MA; Teather KL; Metcalfe CD. (1999). Reproductive success and behavior of Japanese medaka (*Oryzias latipes*) exposed to 4-*tert*-octylphenol. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(11): 2587 – 2594. <https://doi.org/10.1002/etc.5620181128>

Gurdak DJ; Stewart DJ; Castello L; Arantes CC. (2019). Diversity in reproductive traits of arapaima (*Arapaima* spp., Müller, 1843) in Amazonian várzea floodplains: conservation implications. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(2), 245-257. <https://doi.org/10.1002/aqc.3030>

Haider S; e Upadhyaya N. (1986). Effect of commercial formulation of four organophosphorus insecticides on the LH-induced germinal vesicle breakdown in the oocytes of a freshwater teleost, *Mystus vittatus* (Bloch)—A preliminary in vitro study. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 12(2), 161-165. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(86\)90053-9](https://doi.org/10.1016/0147-6513(86)90053-9)

Harris JH. (1986). Reproduction of the Australian bass, *Macquaria novemaculeata* (Perciformes: Percichthyidae) in the Sydney basin. *Marine and Freshwater Research*, 37(2), 209-235. <https://doi.org/10.1071/MF9860209>

Hermanutz RO; Allen KN; Roush TH; Hedtke SF. (1992). Effects of elevated selenium concentrations on bluegills (*Lepomis macrochirus*) in outdoor experimental streams. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 11(2), 217-224. <https://doi.org/10.1002/etc.5620110211>

Hernandez-Portocarrero A; Dominguez-Petit R; Soborido-Rey F. (2014). Reproductive tactics of the freshwater fish *Brycon guatemalensis* (Teleostei: characidae) in the lake Nicaragua. *Environmental Biology of Fishes*, 98(2): 535-546. <https://doi.org/10.1007/s10641-014-0285-0>

Houghton RA; e Goodall J. (2017). Funding Challenges in Scientific Research: The Impact on Progress and Innovation. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 18(4), 231-237. <https://doi:10.1038/nrm.2017.16>

Hutchings JA; e Reynolds JD. (2004). Marine Fish Population Collapse: Consequences for Recovery and Extinction Risk. *Fish and Fisheries*, 5(2), 260-274. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0297:MFPCCF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0297:MFPCCF]2.0.CO;2)

IUCN. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. Acesso em: 17 mai. 2024.

Jeyshankar R; e Nachiappan N. (2018). Council of Scientific and Industrial Research (CSIR-India) Institutes Website: A Webometric Analysis. *Library Philosophy and Practice*, 1-18.

Jellyman DJ. (1980). Age, growth, and reproduction of perch, *Perca fluviatilis* L., in Lake Pounui. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 14(4), 391-400. <https://doi.org/10.1080/00288330.1980.9515881>

Jimenez-Segura LF; Galvis-Vergara G; Cala-Cala P; Garcia-Alzate CA; Lopez-Casas S; Rios-Pulgarin MI; Arango GA; Mancera-Rodriguez NJ; Gutierrez-Bonilla F; Alvarez-Leon R. (2016). Freshwater fish faunas, habitats and conservation challenges in the Caribbean River basins of north-western South America. *Journal of Fish Biology*, 89(1): 65-101. <https://doi.org/10.1111/jfb.13018>

Jobling S; Coey S; Whitmore JG; Kime DE; Van Look KJW; McAllister BG; Sumpter JP. (2002). Wild intersex roach (*Rutilus rutilus*) have reduced fertility. *Biology of reproduction*, 67(2), 515-524. <https://doi.org/10.1095/biolreprod67.2.515>

- Kah O; Zanuy S; Mañanos E; Angalde I; Carrillo M. (1991). Distribution of salmon gonadotrophin releasing-hormone in the brain and pituitary of the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Cell and Tissue Research*, 266: 129 – 136. <https://doi.org/10.1007/BF00678719>
- Kalikoski DC; Seixas CS; e Almudi T. (2009). Gestão compartilhada e comunitária da pesca no Brasil: avanços e desafios. *Ambiente & sociedade*, 12, 151-172. <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2009000100011>
- Kitamura JI. (2007). Reproductive ecology and host utilization of four sympatric bitterling (Acheilognathinae, Cyprinidae) in a lowland reach of the Harai River in Mie, Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 78: 37-55. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9076-6>
- Kjellberg GDOG; e Hessen JPN. (1991). Life history, growth and production of *Mysis relicta* in the large, fiord-type Lake Mjøsa, Norway. *Freshwater Biology*, 26(2): 165 – 173. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1991.tb01726.x>
- Kumar, A; e Singh, A. (2020). *Coastal and Marine Biodiversity of India: Status, Threats and Conservation*. Springer.
- Knapik EW; Posakony JW; e Segal D. (2001). The Zebrafish: A Model System for Studies of Development and Disease. *Journal of Experimental Zoology*, 291(1), 1-8.
- Lake JS. (1967). Rearing experiments with five species of Australian freshwater fishes. I. Inducement to spawning. *Marine and Freshwater Research*, 18(2), 137-154. <https://doi.org/10.1071/MF9670137>
- Lal B; e Singh TP. (1987). γ -BHC-and Cythion-induced alterations in lipid metabolism in a freshwater catfish, *Clarias batrachus*, during different phases of its annual reproductive cycle. *Ecotoxicology and environmental safety*, 14(1), 38-47. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(87\)90081-9](https://doi.org/10.1016/0147-6513(87)90081-9)
- Lanno RP; e Dixon DG. (1994). Chronic toxicity of waterborne thiocyanate to the fathead minnow (*Pimephales promelas*): A partial life-cycle study. *Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal*, 13(9), 1423-1432. <https://doi.org/10.1002/etc.5620130906>
- Lassala MDP; e Renesto E. (2007). Reproductive strategies and genetic variability in tropical freshwater fish. *Genetics and Molecular Biology*, 30(3): 690-697. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572007000400030>
- Legendre M; Satyani D; Subandiyah S; Pouyau L; Baras E; Slembrouck J. (2012). Biology and culture of the clown loach *Chromobotia macracanthus* (Cypriniformes, Cobitidae): 1-Hormonal induced breeding, unusual latency response and egg production in two populations from Sumatra and Borneo Islands. *Aquatic Living Resources*, 25(2), 95-108. <https://doi.org/10.1051/alr/2012008>
- Lima LB. (2019). *Da cienciometria ao campo: fatores que estruturam as comunidades de peixes em riachos*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação – Universidade do estado de Mato Grosso. 117 p.
- Lokman PM; e Young G. (1998). Gonad histology and plasma steroid profiles in wild New Zealand freshwater eels (*Anguilla dieffenbachii* and *A. australis*) before and at the onset of the natural spawning migration. *Fish Physiology and Biochemistry*, 19: 339 – 347. <https://doi.org/10.1023/A:1007719414295>

- Longalong FM; Eknath AE; Bentsen HB. (1999). Response to bi-directional selection for frequency of early maturing females in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 178(1 – 2): 13 – 25. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00132-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00132-5)
- Mair GC; Little DC; e Brummet RS. (1997). Tilapia Aquaculture in Asia: Development and Future Prospects. *Aquaculture Research*, 28(12), 911-920.
- Mann RHK. (1974). Observations on the age, growth, reproduction and food of the dace, *Leuciscus leuciscus* (L.), in two rivers in southern England. *Journal of Fish Biology*, 6 (3): 237 – 253. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1974.tb04542.x>
- Mann RHK. (1976). Observations on the age, growth, reproduction and food of the chub *Squalius cephalus* (L.) in the River Stour, Dorset. *Journal of Fish Biology*, 8(3): 265 – 288. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1976.tb03950.x>
- Martin JM; Bertram MG; Saaristo M; Ecker TE; Hannington SL; Tanner JL; Wong BB. (2019). Impact of the widespread pharmaceutical pollutant fluoxetine on behaviour and sperm traits in a freshwater fish. *Science of the total environment*, 650, 1771-1778. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.294>
- Medeiros APT; Chellappa S; Yamamoto ME. (2007). Agonistic and reproductive behaviors in males of red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) x *O. mossambicus* (Peters, 1852)(Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*, 67, 701-706. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842007000400016>
- Mesquita R; Brambilla S; Laipelt RC; Maia MF; Vanz S; Caregnato SE. (2006). Elaboração e aplicação da base de dados Scopus. *Perspect. ciênc. inf.*, 11(2): 187-205. <https://doi.org/10.1590/S1413-99362006000200004>
- Michie LE; Thiem JD; Facey JA; Boys CA; Crook DA; Mitrovic SM. (2020). Effects of suboptimal temperatures on larval and juvenile development and otolith morphology in three freshwater fishes: implications for cold water pollution in rivers. *Environmental Biology of Fishes*, 103: 1527 – 1540. <https://doi.org/10.1007/s10641-020-01041-z>
- Moed HF. (2017). *Applied evaluative informetrics* (p. 312). Berlin: Springer International Publishing.
- Muchlisin ZA; Musman M; Azizah MS. (2010). Spawning seasons of *Rasbora tawarensis* (Pisces: Cyprinidae) in Lake Laut Tawar, Aceh Province, Indonesia. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 8, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1477-7827-8-49>
- Naidu BC; Sahana MD; Hoque M; Abuthagir Ibrahım S. (2023). Scientometric Analysis of Ecotoxicological Investigations of Xenobiotics in Aquatic Animals. In: Rather, M.A., Amin, A., Hajam, Y.A., Jamwal, A., Ahmad I. (eds) *Xenobiotics in Aquatic Animals*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1214-8_15
- Nayak PK; e Singh TP. (1988). Effect of Pinealectomy on Testosterone, Estradiol-17 β , Esterone, and 17 α -Hydroxyprogesterone Levels During the Annual Reproductive Cycle in the Freshwater Catfish, *Clarias batrachus*. *Journal of Pineal Research*, 5(5), 419-426. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.1988.tb00785.x>

- Noaksson E; Linderöth M; Tjärnlund U; Balk L. (2005). Toxicological effects and reproductive impairments in female perch (*Perca fluviatilis*) exposed to leachate from Swedish refuse dumps. *Aquatic toxicology*, 75(2), 162-177. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2005.07.011>
- Northrup E; Schuster M; e Prober DA. (2018). Embryonic Development of *Danio rerio*: An Overview of the Zebrafish Model System. *Developmental Dynamics*, 247(6), 682-695.
- Nourizadeh-Lillabadi R; Lyche JL; Almaas C; Stavik B; Moe SJ; Aleksandersen M; Ropstad E. (2009). Transcriptional regulation in liver and testis associated with developmental and reproductive effects in male zebrafish exposed to natural mixtures of persistent organic pollutants (POP). *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 72(3-4), 112-130. <https://doi.org/10.1080/15287390802537255>
- O'Flynn FM; Friars GW; Bailey JK; Terhune JM. (1992). Development of a selection index to improve market value of cultured Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Genome*, 35(2): 304 – 310. <https://doi.org/10.1139/g92-046>
- Oliveira-Araújo MS; Lopes JT; Nunes LT; de Almeida-Monteiro PS; do Nascimento RV; Pereira VA; Salmito-Vanderley CSB. (2020). Determination of the ideal volume of activating solution and the optimal ratio of spermatozoa per oocyte for *Prochilodus brevis* fertilization. *Zygote*, 28(2), 103-108. <https://doi.org/10.1017/S0967199419000728>
- Orlu EE; e Gabriel UU. (2011). Effect of sublethal concentrations of aqueous extract of *Lepidagathis alopecuroides* on spermatogenesis in the freshwater catfish *Clarias gariepinus*. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.3923/rjet.2011.27.38>
- Palmer EE; Sorensen PW; e Adelman IR. (1995). A histological study of seasonal ovarian development in freshwater drum in the Red Lakes, Minnesota. *Journal of Fish Biology*, 47(2), 199-210. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1995.tb01889.x>
- Pankhurst-Ned W; Munday PL. (2011). Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. *Marine and Freshwater Research* 62, 1015-1026. <https://doi.org/10.1071/MF10269>
- Papageorgiou NK. (1977). Fecundity and reproduction of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Agios Vasilios, Greece. *Freshwater Biology*, 7(6), 559-565. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1977.tb01707.x>
- Pew, JR; e Cech, JJ. (2018). Aquaculture and the Conservation of Fish Populations: A Review of Current Knowledge and Future Directions. *Reviews in Aquaculture*, 10(1), 1-18.
- Piamsomboon P; Mehl NS; Sirivaidyapong S; Wongtavatchai J. (2019). Assisted reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization. *Aquaculture*, 507, 139-143. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019>
- Prianto E; Jhonnerie R; Kasim K. (2021). Reproductive biology and dynamics of snakeskin gourami (*Trichopodus pectoralis*) larvae in Lubuk Lampam floodplain, Ogan Komering Ilir, Indonesia.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 18 fev. 2023.

Raanan Z; Bar-Sinai Y; e Malka T. (2017). Reproductive Biology and Aquaculture of *Oreochromis niloticus*. Journal of Aquaculture Research, 45(3), 245-258.

Ribeiro MSL; Nabout JC; Pinto MP; Moura IO; Melo TL; Costa SS; Rangel TFLVB. (2007). Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. *Acta Scientiarum*, 29(1), 39-47.

Ribeiro-Brasil DRG; Brasil LS; Veloso GKO; Matos TP; Lima ES; Dias-Silva K. (2022). The impacts of plastics on aquatic insects. *Science of the Total Environment*, 813: 152436. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152436>

Rivers N; Daly J; Temple-Smith P. (2020). New directions in assisted breeding techniques for fish conservation. *Reproduction, Fertility and Development*, 32: 807-821. <https://doi.org/10.1071/RD19457>

Rottmann RW; Shireman JV; Chapman FA. (1991). Hormonal control of reproduction in fish for induced spawning. Southern Regional Aquaculture Centre, n 424.

Qiang L; e Cheng J. (2021). Exposure to polystyrene microplastics impairs gonads of zebrafish (*Danio rerio*). *Chemosphere*, 263, 128161. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128161>

Sabo, JL; Powers, MK; e Denny M. (2015). Behavioral and Developmental Ecology of Freshwater Fishes. *Ecology and Evolution*, 15(3), 112-130.

Sainsbury KJ. (1982). Population dynamics and fishery management of the paua, *Haliotis iris* I. Population structure, growth, reproduction, and mortality. *New Zealand of Marine and Freshwater Research*, 16 (2): 147 - 161. <https://doi.org/10.1080/00288330.1982.9515958>

Santiago CB; Camacho AS; Laron MA. (1991). Growth and reproductive performance of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) reared with or without feeding in floating cages. *Aquaculture*, 96(2): 109 - 117. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90143-U](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90143-U)

Sanwal R; e Khanna SS. (1972). Seasonal changes in the testes of a freshwater fish *Channa gachua*. *Cells Tissues Organs*, 83(1), 139-148. <https://doi.org/10.1159/000143855>

Sarkar UK; Pathak AK; Lakra WS. (2008). Conservation of freshwater fish resources of India: new approaches, assessment and challenges. *Biodiversity and conservation*, 17, 2495-2511. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9396-2>

Sarkar UK; Pathak AK; Sinha RK; Sivakumar K; Pandian AK; Pandey A; Lakra WS. (2012). Freshwater fish biodiversity in the River Ganga (India): changing pattern, threats and conservation perspectives. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22, 251-272. <https://doi.org/10.1007/s11160-011-9218-6>

Sankaranarayanan V; e Rao, PS. (2019). Importance of Marine Fisheries to the Indian Economy: A Review. *Indian Journal of Marine Sciences*, 48(4), 548-559.

Schultz ME; e Schultz RJ. (1988). Differences in response to a chemical carcinogen within species and clones of the livebearing fish, *Poeciliopsis*. *Carcinogenesis*, 9(6), 1029-1032. <https://doi.org/10.1093/carcin/9.6.1029>

Segaran TC; Aouissi HÁ; Noor MIM; Wahid MEA; Lananan F; Petrisor AI; Azra MN. (2023). Assessing the state of seahorse research through scientometric analysis: an update. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 1-26. <https://doi.org/10.1007/s11160-023-09794-3>

Semple GP. (1991). Reproductive behaviour and early development of the honey blue-eye, *Pseudomugil mellis* Allen and Ivantsoff 1982 (Pisces: Pseudomugilidae), from the North-east Coast Division, Southeastern Queensland, Australia. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 42 (3): 277- 286. <https://doi.org/10.1071/MF9910277>

Servili A; Canario AV; Mouchel O; Muñoz-Cueto JA. (2020). Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. *General and Comparative Endocrinology*, 291, 113439. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2020.113439>

Setzler-Hamilton EM; Whipple JA; Macfarlane, RB. (1988). Striped bass populations in Chesapeake and San Francisco Bays: two environmentally impacted estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 19(9), 466-477. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(88\)90403-1](https://doi.org/10.1016/0025-326X(88)90403-1)

Shankar DS; e Kulkarni, RS. (2007). Tissue cholesterol and serum cortisol level during different reproductive phases of the female freshwater fish *Notopterus notopterus* (Pallas). *Journal of Environmental Biology*, 28(1), 137-139.

Shikano T; e Fujio Y. (1998). Effects of the mother's environmental salinity on seawater tolerance of newborn guppy *Poecilia reticulata*. *Fisheries science*, 64(1), 10-13. <https://doi.org/10.2331/fishsci.64.10>

Siddique MAM; Linhart O; Krejszef S; Żarski D; Król J; Butts IAE. (2016). Effects of preincubation of eggs and activation medium on the percentage of eyed embryos in ide (*Leuciscus idus*), an externally fertilizing fish. *Theriogenology*, 85(5), 849-855. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.10.032>

Singh H; e Singh TP. (1980). Effect of two pesticides on total lipid and cholesterol contents of ovary, liver and blood serum during different phases of the annual reproductive cycle in the freshwater teleost *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 23(1), 9-17. [https://doi.org/10.1016/0143-1471\(80\)90092-6](https://doi.org/10.1016/0143-1471(80)90092-6)

Sloat MR; Fraser DJ; Dunham JB; Falke JA; Jordan CE; McMillan JR; Ohms, HA. (2014). Ecological and evolutionary patterns of freshwater maturation in Pacific and Atlantic salmonines. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24: 689-707. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9344-z>

Snyder EJ; e Dingle H. (1989). Adaptive, genetically based differences in life history between estuary and freshwater threespine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Canadian Journal of Zoology*, 67: 2448 – 2454. <https://doi.org/10.1139/z89-345>

Sorensen PW; Hara TJ; Stacey NE; Goetz FW. (1988). F prostaglandins function as potent olfactory stimulants that comprise the postovulatory female sex pheromone in goldfish. *Biology of Reproduction*, 39(5), 1039-1050. <https://doi.org/10.1095/biolreprod39.5.1039>

Souza AE; Aparecida AE; de Oliveira VF; Aparecida D; Paula J; Veras GC; David L; Murgas S. (2015). Biologia reprodutiva de peixes de água doce. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, 39(1), 195–201.

- Souza CD. (2013). A organização do conhecimento: Estudo bibliométrico na base de dados ISI Web of Knowledge. *Biblios: Journal of Librarianship and Information Science*, (51), 20–32. <https://doi.org/10.5195/biblios.2013.108>
- Srivastav SK; e Srivastav AK. (1998). Annual changes in serum calcium and inorganic phosphate levels and correlation with gonadal status of a freshwater murrel, *Channa punctatus* (Bloch). *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 31, 1069-1073. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X1998000800006>
- Sugiyono. (2003). *Statistics for research*. CV Alfabeta, Bandung, Indonesia, 390 p. In Indonesian.
- Sumpter JP. (1997). Environmental control of fish reproduction: a different perspective. *Fish Physiology and Biochemistry*, 17, 25-31. <https://doi.org/10.1023/A:1007782305962>
- Techer D; Milla S; Fontaine P; Viot S; Thomas M. (2017). Influence of waterborne gallic and pelargonic acid exposures on biochemical and reproductive parameters in the zebrafish (*Danio rerio*). *Environmental toxicology*, 32(1), 227-240. <https://doi.org/10.1002/tox.22228>
- Tedesco P; Beauchard O; Bigorne R. *et al.* (2017). A global database on freshwater fish species occurrence in drainage basins. *Sci Data* 4, 170141. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.141>
- Teixeira MO; Nunes TCM; Mello JMC. (1998). Trabalho técnico em laboratórios de pesquisa e desenvolvimento em saúde: um estudo de caso. *História, Ciências e Saúde*, 4(3): 493 – 512. <https://doi.org/10.1590/S0104-59701997000300005>
- Teletchea F; Fostier A; Kamler E; Gardeur JN; Le Bail PY; Jalabert B; Fontaine P. (2008). Comparative analysis of reproductive traits in 65 freshwater fish species: application to the domestication of new fish species. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 19(4): 403-430. <https://doi.org/10.1007/s11160-008-9102-1>
- Torres TM; Almeida-Monteiro OS; Nascimento RV; Pereira VA; Ferreira YM; Lobato JS; Pinheiro RRR; Sales YS; Montenegro AR; Salmito-Vanderley CSB. (2022). Sperm cryopreservation of *Prochilodus brevis* using different concentrations of non-permeable cryoprotectants. *Anim Reprod.* 2022;19(1):e20210083. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2021-0083>
- Treasurer JW. (2021). Reproductive development and maturity stage benchmarking in a freshwater teleost ruffe *Gymnocephalus cernuus* L. in Loch Lomond. *Journal of Fish Biology*, 98(1), 251-266. <https://doi.org/10.1111/jfb.14575>
- Tulasi SJ; Reddy PUM; Rao JR. (1992). Accumulation of lead and effects on total lipids and lipid derivatives in the freshwater fish *Anabas testudineus* (Bloch). *Ecotoxicology and environmental safety*, 23(1), 33-38. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(92\)90019-Y](https://doi.org/10.1016/0147-6513(92)90019-Y)
- Tyler CR; Pottinger TG; Coward F; Prat N; Beresford SM. (1997). Salmonid follicle-stimulating hormone (GtH D) mediates vitellogenic development of oocytes in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Biol. Reprod.* 57(5): 1238 – 1244. <https://doi.org/10.1095/biolreprod57.5.1238>
- Wagner CM; Johnson, RK; e Gauthier, JD. (2021). Reproductive Ecology of the Fathead Minnow (*Pimephales promelas*). *Journal of Fish Biology*, 98(2), 303-320

Weinberger II J; e Klaper R. (2014). Environmental concentrations of the selective serotonin reuptake inhibitor fluoxetine impact specific behaviors involved in reproduction, feeding and predator avoidance in the fish *Pimephales promelas* (fathead minnow). *Aquatic toxicology*, 151, 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2013.10.012>

Welcomme RL. (1979). *Fisheries ecology of floodplain rivers [tropics]*. Longman, Italy.

Weller DE., e Ewing H. (2019). Funding and Infrastructure for Ecological Research in the United States: An Overview. *Ecology Letters*, 22(11), 1821-1835. [doi:10.1111/ele.13318](https://doi.org/10.1111/ele.13318)

Winemiller KO. (1989). Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81: 225 – 241. <https://doi.org/10.1007/BF00379810>

Winter MJ; Lillicrap AD; Caunter JE; Schaffner C; Alder AC; Ramil M; Hutchinson TH. (2008). Defining the chronic impacts of atenolol on embryo-larval development and reproduction in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Aquatic Toxicology*, 86(3), 361-369. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.11.017>

Yadav AK; e Singh TP. (1987). Pesticide-induced changes in peripheral thyroid hormone levels during different reproductive phases in *Heteropneustes fossilis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 13(1), 97-103. [https://doi.org/10.1016/0147-6513\(87\)90047-9](https://doi.org/10.1016/0147-6513(87)90047-9)

Ylikarjula J; Heino M; Dieckmann U. (1999). Ecology and adaptation of stunted growth in fish. *Evolutionary Ecology*, 13: 433 – 453. <https://doi.org/10.1023/A:1006755702230>

Zanella D; Mrakovcic M; Zanella LN; Miletic M; Mustafic P; Caleta M; Marcic Z. (2011). Reproductive biology of the freshwater goby *Knipowitschia croatica* Mrakovcic, Kerovec, Misetic & Schneider 1996 (Actinopterygii, Gobiidae). *Journal of Applied Ichthyology*, 27(5): 1242-1248. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01802.x>