ISSN:2594-6153

Diversidade funcional responde diferente da diversidade taxonômica? Uma revisão sobre ictiofauna e impactos de empreendimentos hidrelétricos

Marina Granai[1,2], Alexandre Sorókin Marçal[2], Fabio Cop[3]; Ursulla Pereira Souza[1]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil
[2]Bionômica – Pesquisa, Consultoria e Assessoria Ambiental Ltda. Porto Velho-RO, Brasil
[3]Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Santos-SP

E-mail: marina.granai@bionomica.com.br

Resumo: Este estudo investigou, por meio de revisão bibliográfica (2015-2025), se a diversidade funcional da ictiofauna responde de forma distinta da diversidade taxonômica frente aos impactos de hidrelétricas. Sete estudos atenderam aos critérios propostos. A diversidade funcional respondeu mais rápido às alterações, enquanto a taxonômica manteve-se estável ou aumentou. Dessa forma, sugere-se que avaliações da ictiofauna integrem índices taxonômicos, funcionais e filogenéticos para captar mudanças na composição, função e diversidade evolutiva da assembleia.

Palavras-chave: Atributos funcionais, Peixes, Barragem, Impactos de usinas hidrelétricas, Ecologia de reservatório.

Does functional diversity respond differently than taxonomic diversity? A review on ichthyofauna and the impacts of hydropower plants

Abstract: This study reviewed literature published between 2015-2025 to determine whether functional diversity in fish assemblages responds differently than taxonomic diversity to hydropower impacts. Seven studies fulfilled the inclusion criteria. Functional diversity showed faster responses to environmental changes, whereas taxonomic diversity remained stable or increased. Comprehensive assessments should combine taxonomic, functional, and phylogenetic indices to capture shifts in assemblage composition, ecological roles, and evolutionary diversity.

Keywords: Functional traits, Fishes, Dam, Hydropower impacts, Reservoir ecology.

Introdução

Empreendimentos hidrelétricos alteram fluxo do rio, conectividade e estrutura de habitats, resultando em mudanças nas assembleias de peixes (1–6). A avaliação dessas alterações frequentemente utiliza índices taxonômicos, que são influenciados unicamente pelo padrão de riqueza e de abundância relativa das assembleias (7,8). Por outro lado, índices de diversidade funcional, são baseados em atributos morfológicos, fisiológicos ou comportamentais, e capazes detectar padrões de alteração mais complexos no uso do espaço funcional que esteja associado às mudanças decorrentes dos impactos ambientais (9–12).

Objetivos

Investigar, por meio de revisão bibliográfica, se a diversidade funcional da ictiofauna responde de maneira distinta da diversidade taxonômica às alterações ambientais decorrentes de empreendimentos hidrelétricos.

Material e Métodos

Foi realizado levantamento bibliográfico em periódicos científicos (Scopus, Scielo e Web of Science), no período entre 2015 e 2025, utilizando como palavras-chave: diversidade funcional, diversidade taxonômica, ictiofauna, hidrelétrica, barragem, reservatório, functional diversity, taxonomic diversity, fish assemblage, hydropower plant, dam e reservoir.

Foram estabelecidos os seguintes critérios para seleção dos artigos: (i) avaliação da ictiofauna em ambientes afetados por hidrelétricas; (ii) uso de dados primários; (iii) aplicação simultânea de índices de diversidade taxonômica e funcional; e (iv) comparação explícita ou implícita entre as abordagens.

Dos artigos que atenderam integralmente a estes critérios definidos, foram analisados quanto ao contexto, tipo de ambiente e empreendimento, índices de diversidade empregados e conclusões. As informações foram organizadas em planilhas e avaliadas de forma quali-quantitativa quanto aos padrões de sensibilidade, complementaridade e divergência entre índices taxonômicos e funcionais diante de alterações ambientais.

Resultados

Sete artigos atenderam totalmente os critérios propostos. Esses estudos foram publicados entre 2016 e 2023, sendo 57,1% na China, 28,6% no Brasil e 14,3% na França (**Tabela 1**).

A riqueza taxonômica (S) e a riqueza funcional (FRic) foram os índices mais usados para avaliar assembleias de peixes em ambientes com barragens. A distribuição dos índices taxonômicos e funcionais empregados nos artigos analisados são apresentados na **Figura 1** e **Figura 2**, respectivamente. Em seis estudos (10–15), a diversidade funcional respondeu às mudanças decorrentes das hidrelétricas, enquanto a taxonômica manteve-se estável ou aumentou em alguns casos. Em um estudo (9), riqueza taxonômica e riqueza funcional responderam significativamente.

Tabela 1. Título dos artigos selecionados, autores, ano de publicação/ área de estudo e conclusão geral das pesquisas que avaliaram a diversidade taxonômica (TD) e funcional (FD) de peixes em ambientes impactados por hidrelétricas (2015-2025).

Título	Autor/ Local do estudo	Conclusão Geral
Taxonomic versus functional diversity metrics: how do they complement or diverge from each other in response to human disturbance in freshwater fish communities?	Sagouis et al., 2016/ França (incluindo ilha de Córsega)	FD foi mais sensível que TD a estressores antrópicos; métricas funcionais detectaram impactos de espécies não nativas não revelados por TD.
Species richness and functional structure of fish assemblages in natural and impacted streams of the Amazon	Queiroz-Sousa et al., 2019/ Rio Paranapanema, Brasil	TD não respondeu às condições ambientais; grupos tróficos foram afetados por espécies não nativas, sugerindo FD (nível trófico) como ferramenta prática de monitoramento.
Changes in taxonomic and functional diversity of fish communities after catastrophic flooding	Zhang et al., 2020/ Rio Yangtze, China	TD variou entre as fases da usina, mas FD declinou continuamente, indicando perda funcional apesar do aumento em riqueza.
Fish taxonomic, functional, and phylogenetic diversity and their vulnerabilities in the largest river in southeastern China	Lin et al., 2021/ Rio Min, China	FD foi mais sensível que TD em reservatórios. Altos valores de TD não garantem manutenção de FD no longo prazo.
Effects of small hydropower plants on fish assemblages in subtropical streams	Jia et al., 2021/ rio Yellow e tributários, China	FD foi mais sensíveis que TD a distúrbios antrópicos. Diferentes abordagens fornecem informações complementares sobre a assembleia.
Temporal Changes in Taxonomic and Functional Diversity	Zhang et al., 2022/ Rio Yangtze, China	TD aumentou e FD diminuiu. Tanto a riqueza taxonômica quanto a funcional aumentaram, acompanhadas de maior redundância funcional, indicando predominância de processos neutros na reestruturação da assembleia.
Community reassembly after river regulation: rapid loss of fish functional diversity	Perônico et al., 2023/ Rio Tocantins, Brasil	Riqueza taxonômica e funcional diminuíram após o represamento.

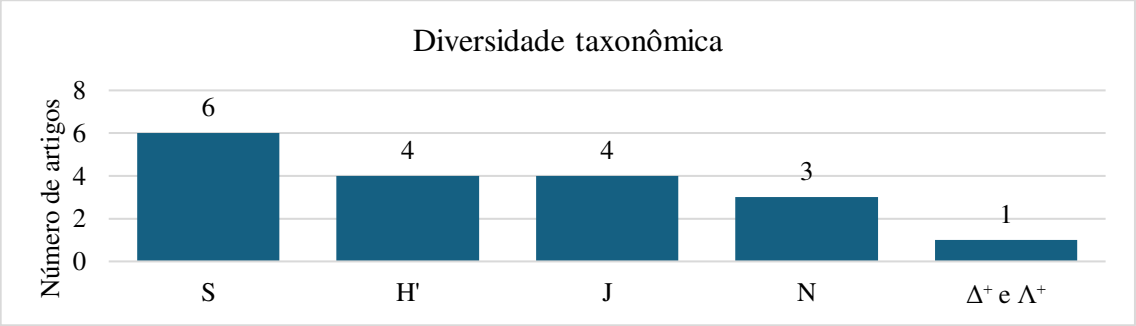


Figura 1. Número de estudos em que cada índice taxonômico foi empregado: S (riqueza de espécies), H' (diversidade de Shannon), J (equitabilidade de Pielou), N (abundância de indivíduos), Δ^+ (distinção taxonômica média) e Λ^+ (variação da distinção taxonômica média).

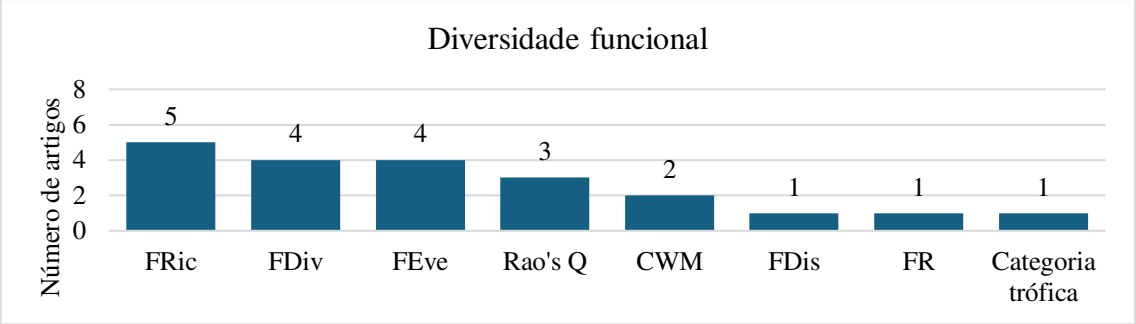


Figura 2. Número de estudos em que cada índice funcional foi empregado: FRic (riqueza funcional), FDiv (divergência funcional), FEve (equitabilidade funcional), Rao's Q (diversidade de Rao) e CWM (valores médios ponderados por comunidade), FDis (dispersão funcional) e FR (redundância funcional) e categoria trófica.

Discussão

A predominância de estudos na China e no Brasil é esperada, uma vez que esses países abrigam as maiores usinas hidrelétricas do mundo (UHE Três Gargantas e Itaipu, respectivamente), além de inúmeros outros empreendimentos ao longo de seus principais rios. A alta produção científica sobre impactos na ictiofauna reflete a expansão do setor nesses países e a consolidação de grupos de pesquisa especializados nesse tema.

Alterações ambientais decorrentes da instalação e operação de hidrelétricas reestruturam a ictiofauna (1–6), através da substituição ou perda de espécies (16,17). Nos estudos analisados, a diversidade funcional foi mais sensível em detectar tais mudanças, enquanto a taxonômica manteve-se estável ou aumentou (10,13–15). Isso decorre do aumento de espécies generalistas e exóticas, que elevam a riqueza, mas promovem homogeneização funcional e taxonômica (1,6,12,13,15).

Conclusões

A diversidade funcional foi mais sensível às modificações causadas por hidrelétricas, embora a taxonômica também tenha sido afetada. Avaliações de impactos hidrelétricos na ictiofauna devem incluir índices taxonômicos e funcionais para verificar as alterações na composição e no papel ecológico das espécies das assembleias.

Referências

1. Agostinho AA, Gomes LC, Santos NCL, Ortega JCG, Pelicice FM. Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. Fisheries Research. janeiro de 2016;173:26–36.
2. Agostinho AA, Gomes LC. Flood regime, dam regulation and fish in the Upper Parana´ River: effects on assemblage attributes, reproduction and recruitment. Fish Biology and Fisheries. 2004;(14):11–9.

3. Agostinho AA, Pelicice Fm, Gomes Lc. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. Braz J Biol. novembro de 2008;68(4 suppl):1119–32.
4. Loures RC, Pompeu PS. Long-term study of reservoir cascade in south-eastern Brazil reveals spatio-temporal gradient in fish assemblages. Mar Freshwater Res. 2018;69(12):1983.
5. Olden JD. Challenges and opportunities for fish conservation in dam-impacted waters. Em: Conservation of Freshwater Fishes [Internet]. Closs GP, Krkosek M, Olden JD, eds.; 2015. p. 107–48. Disponível em: https://doi.org/10.1017/CBO9781139627085
6. Pelicice FM, Azevedo-Santos VM, Esguícero ALH, Agostinho AA, Arcifa MS. Fish diversity in the cascade of reservoirs along the Paranapanema River, southeast Brazil. Neotrop ichthyol [Internet]. 16 de julho de 2018 [citado 4 de setembro de 2024];16(2). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-62252018000200213&lng=en&tlng=en
7. Melo AS. O que ganhamos "confundindo" riqueza de espécies e equabilidade em um índice de diversidade? Biota Neotrop. setembro de 2008;8(3):21–7.
8. Cianciaruso MV, Silva IA, Batalha MA. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. Biota Neotrop. setembro de 2009;9(3):93–103.
9. Perônico PB, Agostinho CS, Fernandes R, Pelicice FM. Community reassembly after river regulation: rapid loss of fish diversity and the emergence of a new state. Hydrobiologia. janeiro de 2020;847(2):519–33.
10. Queiroz-Sousa J, Keith SA, David GS, Brandão H, Nobile AB, Paes JVK, et al. Species richness and functional structure of fish assemblages in three freshwater habitats: effects of environmental factors and management. Journal of Fish Biology. outubro de 2019;95(4):1125–36.
11. Zhang C, Fujiwara M, Pawluk M, Liu H, Cao W, Gao X. Changes in taxonomic and functional diversity of fish communities after catastrophic habitat alteration caused by construction of Three Gorges Dam. Ecology and Evolution. junho de 2020;10(12):5829–39.
12. Zhang C, Liu F, Liu H, Wang C, Lin P, Gao X. Temporal Changes in Taxonomic and Functional Diversity of Fish Assemblages in the Upper Yangtze River After Impoundment of the Three Gorges Reservoir, China. Front Environ Sci. 16 de maio de 2022;10:875789.
13. Sagouis A, Jabot F, Argillier C. Taxonomic versus functional diversity metrics: how do fish communities respond to anthropogenic stressors in reservoirs? Ecology of Freshwater Fish. 2016;26(4):621–35.
14. Lin L, Deng W, Huang X, Kang B. Fish taxonomic, functional, and phylogenetic diversity and their vulnerabilities in the largest river in southeastern China. Ecology and Evolution. agosto de 2021;11(16):11533–48.
15. Jia Y, Kennard MJ, Liu Y, Sui X, Li K, Wang G, et al. Human disturbance and long-term changes in fish taxonomic, functional and phylogenetic diversity in the Yellow River, China. Hydrobiologia. outubro de 2020;847(18):3711–25.
16. Fráguas PS, Pompeu PS. Hydropower affects fish trophic structure both downstream of the dam and upstream of the reservoir. Neotrop ichthyol. 2021;19(1):e200071.
17. Oliveira AG, Baumgartner MT, Gomes LC, Dias RM, Agostinho AA. Long-term effects of flow regulation by dams simplify fish functional diversity. Freshwater Biology. março de 2018;63(3):293–305.