



Avaliação da relevância de *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 como bioindicador utilizando cienciometria

Mário Junior Saviato^{1*}  José Carlos Guimarães Júnior²  Wagner dos Santos Mariano³  & Jucivaldo Dias Lima⁴ 

¹ Departamento de Biotecnologia, Universidade Federal do Amapá, Macapá-AP, Brasil.

² Departamento de Biotecnologia, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-AM, Brasil.

³ Departamento de Biologia, Universidade Federal do Norte do Tocantins, Araguaína-TO, Brasil.

⁴ Departamento de Ecologia, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Macapá-AP, Brasil.

Recebido 6 janeiros 2025 / Aceito 15 janeiro 2025

Resumo

A utilização de bases de dados indexadas configurou-se como uma ferramenta robusta e relevante na avaliação da importância de *Salminus hilarii* para estudos em histopatologia e hematologia. Este estudo buscou desvelar o potencial desta espécie como bioindicadora no contexto da bacia do Rio dos Bois, no noroeste de Goiás, Brasil. A cienciometria, auxiliou na mensuração da produção e disseminação do conhecimento científico, sendo aplicada para mapear o volume de publicações e a relevância de *S. hilarii* em pesquisas científicas. Esta análise contempla a revisão de literatura, citando autores-chave e suas contribuições significativas, além da análise crítica sobre as possíveis lacunas no conhecimento sobre este organismo. Assim foi possível consolidar a importância de *S. hilarii* como potencial espécies bioindicadora, além de abrir novas perspectivas de pesquisa baseadas em dados indexados.

Palavras-chave: cienciometria, *salminus hilarii*, bioindicadores, qualidade ambiental.

Abstract - Assessment of the relevance of *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 as a bioindicator using scientometrics

The use of indexed databases has proven to be a robust and relevant tool in assessing the importance of *Salminus hilarii* for histopathology and hematology studies. This study sought to reveal the potential of this species as a bioindicator in the context of the Rio dos Bois basin, in northwestern Goiás, Brazil. Scientometrics helped to measure the production and dissemination of scientific knowledge, being applied to map the volume of publications and the relevance of *S. hilarii* in scientific research. This analysis includes a literature review, citing key authors and their significant contributions, in addition to a critical analysis of possible gaps in knowledge about this organism. Thus, it was possible to consolidate the importance of *S. hilarii* as a potential bioindicator species, in addition to opening new research perspectives based on indexed data.

keywords: scientometrics, *salminus hilarii*, bioindicators, environmental quality.

Resumen - Evaluación de la relevancia de *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 como bioindicador mediante cienciometría

El uso de bases de datos indexadas ha demostrado ser una herramienta sólida y relevante para evaluar la importancia de *Salminus hilarii* para estudios de histopatología y hematología. Este estudio buscó revelar el potencial de esta especie como bioindicador en el contexto de la cuenca del Río dos Bois, en el noroeste de Goiás, Brasil. La cienciometría ayudó a medir la producción y difusión del conocimiento científico, aplicándose para mapear el volumen de publicaciones y la relevancia de *S. hilarii* en la investigación científica. Este análisis incluye una revisión de la literatura, citando autores clave y sus contribuciones significativas, además de un análisis crítico de posibles lagunas en el conocimiento sobre este organismo. De esta forma, fue posible consolidar la importancia de *S. hilarii* como una potencial especie bioindicadora, además de abrir nuevas perspectivas de investigación basadas en datos indexados.

Palabras clave: cienciometría, *salminus hilarii*, bioindicadores, calidad ambiental.

Introdução

Salminus hilarii é um peixe de águas continentais encontrado em uma vasta gama de ambientes brasileiros, desde florestas tropicais até o Cerrado (Araújo et al., 2020). Sendo um peixe carnívoro, muitas vezes apresenta-se como predador de topo incontestável, em alguns ambientes dulcícolas (Lima, 2022). No entanto, estudos detalhados sobre sua histopatologia e ainda são escassos (Saviato et al., 2023), especialmente em comparação com outras espécies como *S. brasiliensis*, que recebe maior atenção científica, porém sua distribuição é mais restrita, presente naturalmente na região que desagua na bacia do Prata (Rosso et al., 2017; Nunes et al., 2024).

Neste sentido, esta maior contribuição de *S. brasiliensis*, está diretamente relacionado com sua utilização na piscicultura (Hattori et al., 2021). Assim como, é o principal motor econômico da pesca esportiva para o sul da América do sul, ultrapassando outros peixes, como as espécies exóticas, trutas (*Oncorhynchus mykiss*, *Salmo trutta* e *Salvelinus fontinalis*) e salmões (*O. tshawytscha* e *S. salar*) (Veiga et al., 2019; Baigún et al., 2022), mesmo as nativas como surubins (*Pseudoplatystoma spp.*) e piaparas (*Megaleporinus spp.*) (Dantas & Júnior, 2021). Sendo muito difundido em vários estados brasileiros, introduzidos primeiramente e principalmente para a produção em piscicultura, e acidentalmente ou intencionalmente disseminado em outras bacias que não as de ocorrência natural (Picapedra et al., 2023).

Por outro lado, *S. hilarii* está presente, nas cabeceiras do Paraná-Paraguai, Araguaia-Tocantins e São Francisco, ainda sendo registrado em outras regiões da bacia Amazônica e do Prata, indicando ampla distribuição da espécie, contemplando quase todos os ecossistemas brasileiros e suas composições (Portella et al., 2021).

Deste modo, a pesquisa científica voltada para a compreensão da saúde e das respostas ambientais de *S. hilarii*, tem ganhado crescente relevância (Paschoalini et al., 2021). Do ponto de vista da crescente pressão ambiental e mudanças climáticas, compreender como uma espécie responde às alterações em seus habitats, torna-se essencial não apenas para a conservação da biodiversidade, mas também para a gestão sustentável dos recursos hídricos (Saviato et al., 2022a).

No entanto, embora *S. brasiliensis* possua grande relevância no panorama das descobertas científicas para o grupo (Coimbra et al., 2020), é um consenso entre os pesquisadores que, peixes de águas continentais com distribuição natural em diversas bacias no território brasileiro, possuem maior relevância (Saviato et al., 2023). Isto porque, muitas vezes a geologia e a configuração do relevo, assim, como os ambientes estuarinos e marinhos, são limites contundentes na distribuição natural de muitas espécies dulcícolas (Moreira et al., 2023).

Desta forma, torna-se então importante compreender a estrutura e organização da produção científica sobre as possíveis espécies ou grupo de espécies potencialmente indicadoras de qualidade ambiental, para gerar informações sobre o estado da arte e auxiliar na detecção de oportunidades de pesquisa e tomada de decisão em pesquisa e financiamento (Marzuoli et al., 2023).

Deste modo, estudos sobre histopatologia e hematologia que são áreas fundamentais na pesquisa possibilitam relacionar à saúde de peixes e seus reflexos sobre a qualidade ambiental e dos ecossistemas aquáticos (Saviato et al., 2023). Pois, permitem a detecção de distúrbios, muitas vezes associados a fatores ambientais adversos, como poluentes químicos, metais pesados e variações na qualidade da água (Llamazares Vegh et al., 2023; Batista et al., 2024).

E assim, *S. hilarii*, devido à sua posição na cadeia alimentar e à sua ampla distribuição geográfica, possui características que o candidatam para estudos como potencial espécie bioindicadora (Saviato et al., 2023). E desta forma, a identificação das características esperadas para uma espécie com potencial para ser um bioindicador considera a sua capacidade de integrar os reflexos biológicos e ambientais, oferecendo uma visão abrangente das condições dos ecossistemas onde habita (Saviato et al., 2022b).

Portanto, a análise cienciométrica da produção científica relacionada ao grupo (*Salminus*), permite avaliar o panorama atual de pesquisa, identificando lacunas de conhecimento e delineando áreas prioritárias potenciais para futuros estudos (Llamazares Vegh et al., 2022). Neste interim, a ciencimetria desempenha um papel fundamental na avaliação da relevância e impacto dos estudos científicos, especialmente no campo da ecologia e conservação ambiental, onde o uso de bioindicadores tem ganho destaque significativo (Gomes et al., 2023).

Assim, este estudo visa não apenas revisar criticamente a literatura atual sobre *S. hilarii*, e as demais espécies do gênero, mas também utilizar métodos cienciométricos para quantificar a produção científica relacionada ao uso deste peixe como possíveis bioindicadores. Com isso, realizou-se uma análise de mapeamento científico para investigar os padrões e tendências na pesquisa sobre o gênero *Salminus*, identificando as convergências históricas e temporais das publicações científicas que objetivou explorar analiticamente o progresso da pesquisa científica sobre gênero *Salminus*, com foco nas conexões entre hematologia e histopatologia, além de discutir as implicações para a conservação e gestão de recursos hídricos.

Material e Métodos

Na presente pesquisa foi utilizada análise cientiométrica sobre os estudos sobre *Salminus hilarii*. Foram usadas diversas bases de dados bibliográficos para coletar artigos. Onde as palavras-chave foram combinadas usando operadores booleanos, refinados utilizando o Mendeley e os resultados foram analisados no Bibliometrix e VOSviewer para identificar padrões na literatura científica. A preferência por palavras-chave em inglês destacou-se pela sua eficácia global.

Descrição dos indexadores

Para buscar os dados pertinentes ao estudo, pesquisou-se as bibliografias utilizando as bases de dados Web of Science (<https://www.clarivate.com/>), Scopus (www.elsevier.com), PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>), SciELO (www.scielo.br) e Scholar Google (<https://scholar.google.com.br/>). Nestas plataformas, utilizou-se diversas palavras-chave, tais como "*Salminus*", "*hematology*", "*histopathology*" e "*bioindicator*", e assim, os termos foram utilizados em inglês para maximizar a abrangência da pesquisa, pois são predominantemente neste idioma. Já para aprimorar os resultados, a pesquisa utilizou-se operadores booleanos como “and” e “or”, para eliminar termos e estudos desnecessários.

Todos os dados foram coletados a partir do acesso disponibilizado e hospedado na plataforma CAFe da Capes. Utilizando-se da oportunidade de acesso disponibilizada pela comutação entre a Capes e a Unifap (Universidade Federal do Amapá).

Refinamento dos dados

Deste modo, a metodologia empregada para realizar esta análise cientiométrica foi um processo minucioso desde a coleta de dados até a análise estatística e visualização dos resultados. Inicialmente, efetuadas as buscas nas bases de dados Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO e Scholar Google. Onde, respectivamente foram exportados os conjuntos de dados de pesquisa em formatos compatíveis aos processadores e programas utilizados para o refinamento destes resultados. Sendo assim, a partir destas buscas foram criados arquivos CSV, XLSX, TXT e BIB, correlativos a cada programa aos quais seriam submetidos.

Deste modo, foi utilizado o software Mendeley *Reference Manager*, para o refinamento e otimização das bibliografias extraídas das respectivas plataformas. Assim como, usou-se o R Studio (2024.04.2 Build 764 - Posit Software, PBC) para a consolidação de dados das diversas plataformas, também utilizou-se o pacote de dados do Bibliometrix [`bibliometrix::biblioshiny()`] vinculado ao R Studio, apurando e gerando algumas das análises.

Análise de dados

De posse dos dados refinados e categorizados a partir dos programas citados, estes foram submetidos às análises disponíveis no processador Bibliometrix e no software VOSviewer (*Visualizing Scientific Landscape* - version 1.6.20 - CWTS e Universiteit Leiden).

E assim, realizou-se análises detalhadas das inter-relações entre os termos pesquisados, examinando tanto as conexões quanto as divergências entre eles. Adicionalmente, investigou-se as citações e as origens dos autores de cada estudo, com o objetivo de compreender a influência e o contexto das contribuições científicas. Em paralelo, identificou-se a proveniência do material biológico utilizado, assim como as instituições responsáveis pela condução dos estudos, o que proporcionou uma visão abrangente da base de dados analisada e da temporalidade dos mesmos.

Resultados e Discussão

Esta pesquisa sistemática sobre o gênero *Salminus* revelou forte concentração de estudos no Brasil, seguido por contribuições significativas de outros países como Argentina, EUA e Canadá. Sendo que, estes estudos abrangem temas variados como ecologia aquática, bioacumulação de metais pesados e monitoramento ambiental, refletindo um interesse crescente destes últimos temas nas últimas décadas.

Dados coletados

Deste modo, após uma análise simples, estes dados revelam a interações dos termos associados ao gênero *Salminus*, tais como diversidade, histologia, magnificação trófica e metais pesados. Que por rastreamento

algorítmico o Bibliometrix apresentou a imagem em forma de nuvem destacando os termos mais frequentes nas bibliografias analisadas.

Assim, retirando os termos "*salminus*" e "*salminus hilarii*", as buscas mais proeminentes foram, "*brazil*", "*fish*", "*animals*" e "*characidae*", indicando um foco em estudos específicos para este grupo, contudo, e com relevância para o Brasil aponta que muitos são os estudos e as vertentes que incluem este organismo em suas análises.

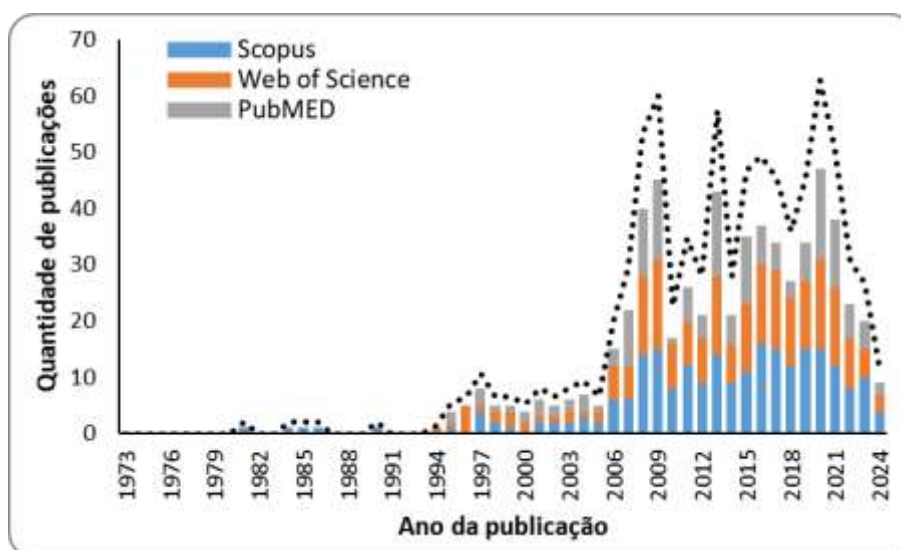
Sugerindo um interesse em aspectos biológicos, ecológicos, monitoramento ambiental e bioacumulação, pois além destes, os termos como "*rivers*", "*Environmental monitoring*" e "*bioaccumulation*", indica que outros estudos além de ecologia e taxonomia possam permear este grupamento taxonômico sul-americano, mas com menor frequência, do mesmo modo que estudos voltados ao biomonitoramento vem ocorrendo (Figura 1).

Figura 1. Nuvem de palavras apresentando os Trending Topics para as produções científicas analisadas. (Fonte: Bibliometrix).



Sendo assim, ao longo do período estudado, literatura científica obteve um número cumulativo de 456 bibliografias relevantes. A diversidade de peixes dulcícolas, foi um tema central, relativo à ecologia aquática, apresentando 119 citações. Contudo preocupação com metais pesados elencou 27 citações recentes, e para os estudos específicos tratados neste estudo apenas 8 contribuições, reflexo da atenção aos impactos nos ecossistemas aquáticos. Outro ponto importante é que ocorreu uma ampliação considerável no interesse sobre este grupo de organismos nas últimas décadas, apresentando recentemente um declínio (Figura 2).

Figura 2. Valores acumulados do número de produções bibliográficas por ano, para as plataformas de base de dados exploradas.



Quanto à produção científica por país, o Brasil aparece com 80,11% destas, destacando-se como um centro de pesquisa significativo sobre o gênero *Salminus* e questões relacionadas à saúde dos ecossistemas aquáticos. Argentina, EUA, Espanha, Canadá e outros países também contribuíram substancialmente, de onde se

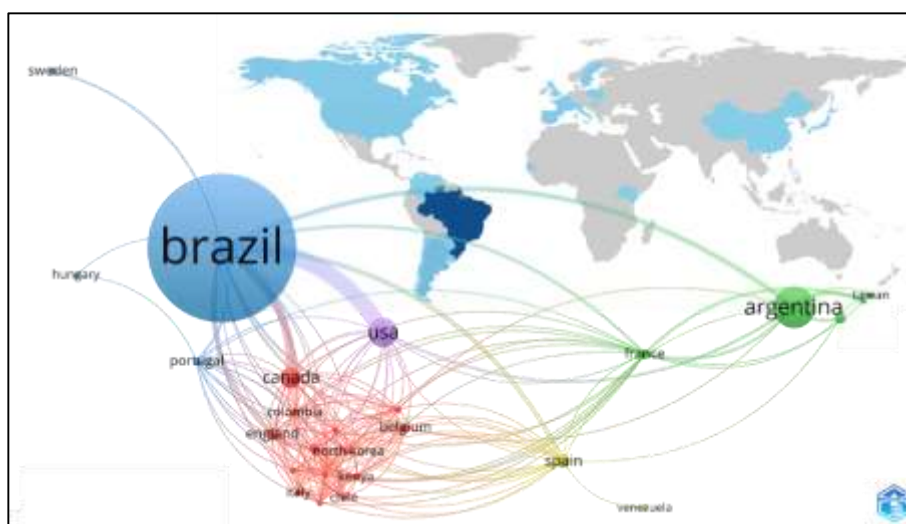
originam muitos pesquisadores com interesse na área, refletindo a colaboração internacional no estudo desses temas (Tabela 1).

Tabela 1. Índices relacionados e analisados para os países que aparecem nas pesquisas e como origem dos pesquisadores envolvidos nesta temática. (Fonte: VOSviewer e Bibliometrix).

| Local | Frequência | Citações totais | Média de citações | Produção |
|-----------|------------|-----------------|-------------------|----------|
| Brasil | 877 | 525 | 12,80 | 141 |
| Argentina | 123 | 18 | 9,00 | 13 |
| EUA | 35 | 11 | 5,50 | 6 |
| Espanha | 25 | | | 1 |
| Canadá | 16 | 27 | 27,00 | 3 |
| Colômbia | 10 | 3 | 1,50 | 6 |
| França | 10 | | | |
| Bélgica | 7 | | | |
| Equador | 7 | | | |
| Japão | 7 | | | |
| Hungria | | 37 | 37,00 | 2 |
| Venezuela | | 11 | 11,00 | 3 |
| Portugal | | | | 1 |

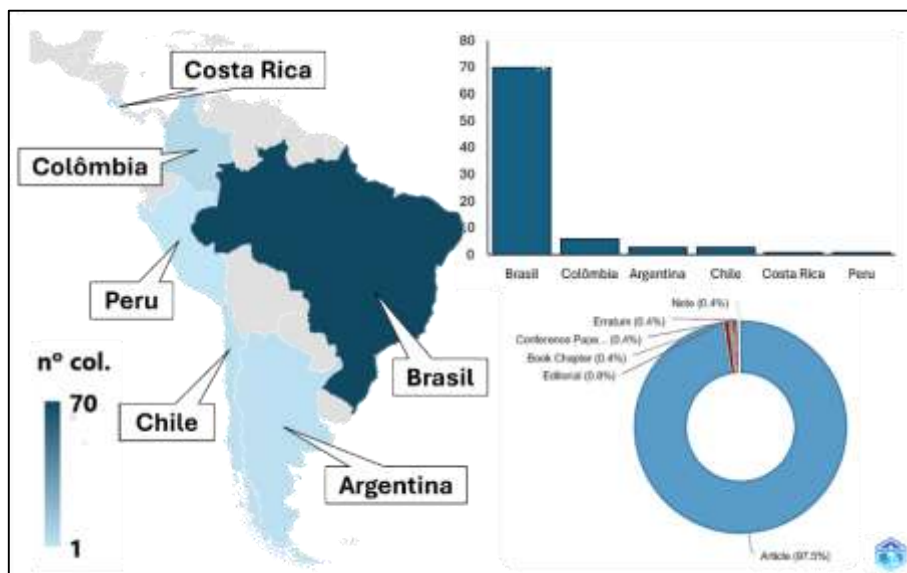
E assim, estas análises apontaram tendências importantes sobre a distribuição e o enfoque da pesquisa científica relacionada ao gênero *Salminus* e temas correlatos. A frequência elevada de citações evidencia seu status como organismos de interesse científico, provavelmente devido à sua importância como espécie predadora em ambientes aquáticos sul-americanos, estando suscetível às pressões magnificadoras das interferências negativas no ecossistema. Assim como também é uma espécie amplamente cultivada na piscicultura regional e nacional. E por conta destas demandas da sociedade para a produção proteica e do investimento em novas tecnologias para o monitoramento ambiental, o aumento de parcerias entre pesquisadores do Brasil e estrangeiros com os brasileiros tem se acentuado nos últimos anos (Figura 3).

Figura 3. Relação dos países que aparecem com maior correlação entre os pesquisadores envolvidos nesta temática. Acima, a intensidade por países e abaixo sua interconexão. (Fonte: Bibliometrix e VOSviewer)



Comparativamente, a distribuição global dos estudos reflete uma colaboração internacional robusta na faixa tropical e um interesse compartilhado na compreensão dos fatores que afetam a saúde dos ecossistemas aquáticos. Desde modo, os resultados sublinham a importância do Brasil, contemplando cerca de 70% das coleções de dados sobre esta temática. Fato implícito na abrangência de sua malha hidrográfica que contempla o maior número de entidades taxonômicas do gênero *Salminus*, assim como a maior população destes animais. Frente a relevância da maior parte das organizações e centros de pesquisa na área de biologia e agropecuária. Por outro ponto de vista, neste levantamento das produções amostradas para este estudo, 97,5% são artigos publicados em periódicos e indexados pelas bases de dados visitadas (Figura 4).

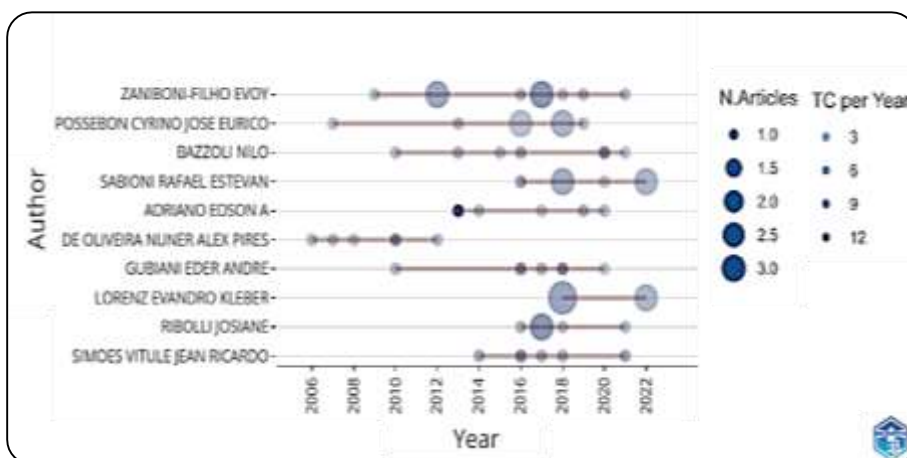
Figura 4. Países e sua relação com as coleções de dados sobre esta temática. (Fonte: Bibliometrix).



Análise prévia

Durante a análise, identificou-se os 10 principais autores que publicam sobre o grupo de peixes em questão. Através da bibliometria, examinou-se a produção científica e o impacto dos artigos desses autores ao longo dos anos. Observou-se que os autores mais proeminentes têm suas maiores produções correlacionadas com o período citado acima de crescimento e decréscimo na pesquisa sobre *Salminus*. Deste modo, o autor mais prolífico até o momento é Evoy Zaniboni-Filho, cuja produção se estende ao quadriênio 20-24. Contudo, alguns autores, embora não tenham uma extensa linha temporal de publicações, apresentam um alto índice de produção científica em um curto período de tempo (Figura 5)

Figura 5. Principais citações bibliográficas para o gênero *Salminus* ao longo do período amostra (1994-2024). (Fonte: Bibliometrix)



Interpretação dos dados

Desta maneira, os dados formaram um padrão conciso que possibilitou a verificação efetiva das principais linhas de pesquisa, pesquisadores proeminentes e periódicos nos quais os estudos foram publicados. Sendo assim, a partir do diagrama de Sankey, implementado no pacote Bibliometrix foi, possível identificar as principais linhas e as conexões por onde ocorre o tráfego conjunto entre as palavras-chave (termos), autores e periódicos. Os termos como "*freshwater fish*", "*dourado*", e "*bioaccumulation*" apresentaram associação com os principais autores. Ao passo que estes produziram e publicaram em periódicos como *Aquaculture*, *Neotropical Ichthyology*, e *Hydrobiologia*, principalmente, periódicos de maior circulação sobre o assunto e bastante criteriosos para o recebimento e aceitação dos mesmos (Figura 6).

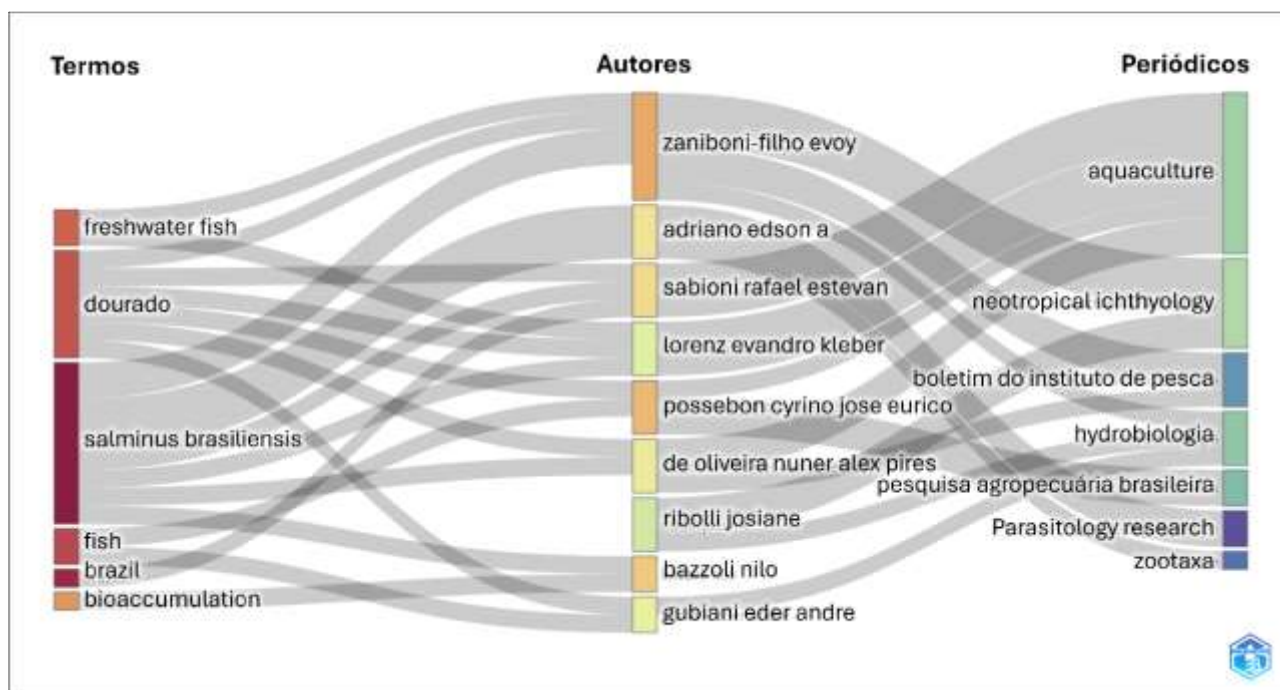


Figura 6. Diagrama de Sankey enfatizando a associação entre os principais termos, principais autores as os principais meios de divulgação encontrados neste estudo.

Deste modo, é importante salientar que os periódicos que mais divulgaram este tema, são revistas com elevado fator de impacto (*Impact Factor - JCR*) estando descritos entre 0.791 e 3.385, valores de importância para revistas que abordam a mesma temáticas. Ainda assim, a qualificação identificada para estes mesmos periódicos, mas pela ótica da Qualis Capes (Plataforma Sucupira, quadriênio 2017-2020), estão assim indicadas como de A4 a A1, onde a maioria está entre A2 e A3, designações bastante relevantes em virtude do crivo para aceitação de manuscritos nestas revistas (Tabela 2).

Tabela 2. Relação dos periódicos destacados neste estudo, seu Fator de Impacto (JCR) e sua Qualis (2017-2020).

| Periódico | ISSN | Fator de Impacto | Qualis |
|----------------------------------|-----------|------------------|--------|
| Aquaculture | 2352-5134 | 3.385 | A2 |
| Boletim do Instituto de Pesca | 0046-9939 | 0.608 | A4 |
| Neotropical Ichthyology | 1982-0224 | 2.091 | A3 |
| Hydrobiologia | 1573-5117 | 2.447 | A2 |
| Pesquisa Agropecuária Brasileira | 0100-204X | 0.791 | A4 |
| Parasitology Research | 0932-0113 | 1.005 | A1 |
| Zootaxa | 1175-5334 | 1.091 | A4 |

Portanto, após a coleta de dados nas bases citadas, segue com o tratamento dos dados via Mendely (filragem) e R-Studio (consolidação), e assim, utilizando-se o VOSviewer, promoveu-se a construção de uma imagem gráfica que destaca a ligação entre os coautores que colaboram entre si para o estudo desta temática, assim como a formação de agrupamentos sistemáticos entre estes pesquisadores.

Desta forma, pode-se observar as configurações em 9 centros de convergência distintos, porém, todos interligados entre si, sempre com um ou mais pesquisadores proeminentes como centro de convergência ou de produção científica. Onde podemos destacar os pesquisadores Jean Ricardo Simões Vitule (PPGZOO-UFPR), Éder André Gubiani (Unioeste) e Ricardo Pereira Ribeiro (UEM), todos do estado do Paraná, sul do Brasil, enfatizando uma certa concentração geográfica nas pesquisas subsequentes, pelas demandas da agroindústria e ecológicas, pelas confluências das bacias hidrográficas mais importantes para este grupo de peixes (Figura 7).

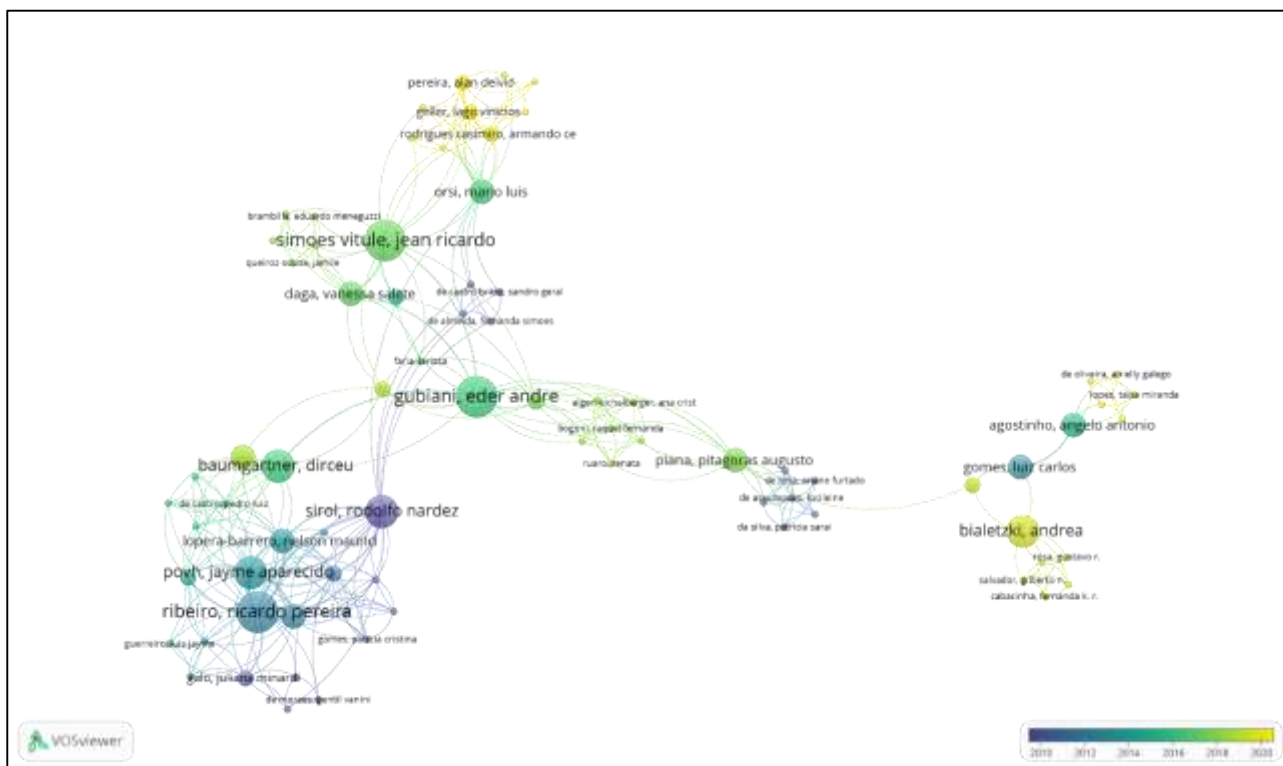


Figura 7. Distribuição e correlação entre as coautorias das bibliografias pesquisadas, para o gênero *Salminus*. (Fonte: VOSviewer).

Discussão

Em observação às tendências temporais e a estrutura científica das publicações sobre o gênero *Salminus*, ao longo de 53 anos, identificou-se um crescimento expressivo nas últimas décadas. E deste modo, abordou-se os dados pela luz da cienciometria analisando as características mais relevantes sobre a temática, e as possíveis tendências e desdobramentos futuros.

Portanto, estes resultados apontaram um aumento significativo com o passar dos anos, explorando diversos desdobramentos temáticos até os dias de hoje (Nunes et al., 2024). indicando que muitos assuntos, como genética de populações e bioacumulação apareceram recentemente, dando uma guinada nos objetivos de pesquisas e grupos de pesquisadores (Souza et al., 2022).

Deste modo, apontando um crescente aumento na produção bibliográfica, porém uma diminuição na quantidade de contribuição em número de autores (Lopes et al., 2020; Silva et al., 2021). Onde muitos autores com uma longa carreira como pesquisadores possuem poucas publicações, ao passo que poucos autores concentra um maior número de artigos em menor espaço e tempo (Faria et al., 2021; Daga et al., 2020). Tal como o esperado, onde temas muito restritivos são sustentados por um pequeno grupo atuante (Reynalte-Tataje et al., 2020; Ruaro et al., 2021).

Sendo assim, este aumento na produção científica esteve diretamente ligado à utilização de espécies nativas na produção proteica da agroindústria (Júnior & Neto, 2021; Barzotto et al., 2023; Souza Medina et al., 2023). Pois, especialmente peixes dulcícolas de médio e grande porte, que são tradicionalmente consumidos por populações ribeirinhas (Lima, 2022; Nunes et al., 2024). Sendo que, o Brasil, com sua vasta diversidade de espécies, lidera nesse aspecto (Saviato et al., 2022c). E assim, a utilização dessas espécies na piscicultura remonta aos anos 80, enquanto a preocupação com o bem-estar animal e saúde animal é um foco mais recente, impulsionado pelo avanço das técnicas analíticas nesta área (Jones et al., 2021).

Deste modo, os desdobramentos temáticos como hematologia e histopatologia em peixes, aparecem em publicações muito recentemente (Ribeiro & Portela, 2020; Saviato et al., 2022b; Oliveira et al., 2024), evidenciando uma tendência dentro do estudo destes animais. Assim como, as lacunas sobre estes aspectos relacionadas às espécies de maior distribuição geográfica com o caso de *S. hilarii*, também são um fato implícito quando refinamos os dados do presente estudo (Saviato et al., 2023).

Sobre o interesse neste grupo de organismo, é possível corroborar que tenha ocorrido uma corrida sobre a pesquisa no tema, pois 93,88% das publicações ocorreram na última década, sendo que apenas uma fração

deste montante está diretamente relacionado à espécie *S. hilarii* (10,14%). Enfatizando a necessidade de maior aprofundamento neste táxon (Moreira et al., 2023), haja visto que, é uma espécie de ampla distribuição geográfica, possibilitando sua utilização como indicador biológico (Baetscher et al., 2023; Ramírez-Gil et al., 2023).

Ao passo que, protocolos de análises podem ser similares à espécie *S. brasiliensis*, restrita geograficamente, mas com uma vasta gama de publicações na área de saúde e bem-estar animal, assim como tantas outras já elencadas (Gomes et al., 2023).

Por este viés, os estudos anteriores sobre *S. brasiliensis* como bioindicador, derrocaram no quesito distribuição geográfica (Anaisce et al., 2023; Abd Malek & Frontalini, 2024), pois apesar da introdução acidental ou intencional em diversas bacias hidrográficas, está restrito, naturalmente ao complexo das bacias do Prata (Machado et al., 2016). E ao contrário deste, os organismos naturalmente de grande abrangência como *S. hilarii*, possuem maior capacidade de refletirem as interações com o ambiente (Olmo et al., 2024) e oferecerem respostas imune adequadas à pesquisa como bioindicadores (Lazăr et al., 2024), com ênfase em aspectos como monitoramento ambiental e impactos ecológicos (Qualhato et al., 2023).

Sobre esta perspectiva, o potencial uso de *S. hilarii* como bioindicador é bastante considerado do ponto de vista da possibilidade analítica dos organismos, seguindo protocolos para espécies similares, além de possuir ocorrência em muitas bacias hidrográficas, atestado incluso por estudos citogenéticos para o grupo (Machado et al., 2016). E assim como *S. brasiliensis*, *S. hilarii* ocupa posições tróficas elevadas e podem ser afetadas por poluentes ambientais bioacumulados desde os níveis inferiores.

Conclusão

Com base nas análises cienciométricas realizada sobre o gênero *Salminus*, tendo em vista a importância de estudos com *S. hilarii* como possível indicador biológico, este estudo revelou e apresentou fatos e desdobramentos que possibilitam tal assertividade tendo em vista suas características biogeográficas, fisiológicas e as perspectivas sobre o crescimento da pesquisa sobre a temática. Sendo assim, através desta revisão crítica no âmbito da métrica sobre as publicações científicas, pudemos identificar padrões e tendências na produção de literatura científica, destacando áreas prioritárias para futuras investigações e suas implicações para a conservação e gestão dos recursos hídricos.

Deste modo, se destacam os resultados que, apesar sua vasta distribuição geográfica, os estudos sobre *S. hilarii* e seus padrões homeostáticos são ainda incipientes quando comparados a outras espécies mais focalizadas. E assim, esta lacuna de conhecimento sugere oportunidades significativas para avançar nosso entendimento sobre como esta espécie responde às pressões ambientais, mudanças nos ecossistemas aquáticos e às alterações fisionômicas promovidas pelo homem.

Desta maneira, o presente estudo cienciométrico oferece uma base sólida para futuros trabalhos que busquem não apenas expandir o conhecimento sobre a temática, mas também promover estratégias eficazes para a exploração de áreas ainda pouco estudadas, e assim, contribuir de forma uníssona para a melhor compreensão das interferências e reflexos nos ecossistemas aquáticos.

Agradecimentos

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo acesso à plataforma e por apoiar minha trajetória como pesquisador.

Referências

- Abd Malek, M.N. & Frontalini, F. (2024). Benthic foraminifera as bioindicators of marine pollution: A bibliometric approach to unravel trends, patterns and perspectives. *Marine Pollution Bulletin*, 199(115941), 1-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X23013760>
- Anaisce, R., Juen, L. & Ligeiro, R. (2023). Scientometrics of the assessment of biotic integrity in estuaries. *Ecological Indicators*, 156(111112), 1-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X23012542>
- Araújo, B.C., Mello, P.H., Moreira, R.G., Hilsdorf, A.W.S., Marques, V.H. & Honji, R.M. (2020). Spawning induction and embryonic development of *Salminus hilarii* (Characiformes: Characidae). *Zygote*, 28(5), 377-387. <https://www.cambridge.org/core/journals/zygote/>

- Baetscher, D.S., Locatelli, N.S., Won, E., Fitzgerald, T., McIntyre, P.B. & Therkildsen, N.O. (2023). Optimizing a metabarcoding marker portfolio for species detection from complex mixtures of globally diverse fishes. *Environmental DNA*, 5(6), 1589-1607. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/edn3.479>
- Baigún, C.C., Casalnuovo, M., Quiroga, P., Riva-Rossi, C., Colautti, D., Solimano, P., ... & Llopart, F. (2022). Fish and fisheries of the Patagonian steppe. In: Mataloni, G., Quintana, R.D. (eds). *Freshwaters and Wetlands of Patagonia: Ecosystems and Socioecological Aspects* (pp. 351-407). Cham: Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-10027-7_13
- Barzotto, E., Arnhold, T., Correa, V.B. & Mateus, L. (2023). Anéis de crescimento em escamas e otólitos do *Salminus Brasiliensis* (Cuvier, 1816) (Pices: Characiformes), na Bacia do rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Biodiversidade*, 22(3), 41-54. <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/16385>
- Batista, C.D.P., Ferreira, A.D.A. & Silva, G.J.D.C. (2024). Status of studies about Brazilian bioindicator fishes, a review. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 36(e14), 1-12. <https://www.scielo.br/j/alb/a/Xr4ypqv3MXSXMLjm9YY6jqN/>
- Coimbra, M. R., Dantas, H. L., Luna, M. M., Lima, M. A., Sales, M., da Silva, B. C. & Lima, A. P. (2020). High gene flow in two migratory Neotropical fish species, *Salminus franciscanus* and *Brycon orthotaenia*, and implications for conservation aquaculture. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 30(6), 1063-1073. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/aqc.3336>
- CWTS. (2020). VOSviewer (Visualizing Scientific Landscape) (Version 1.6.20). Leiden University, Leiden, Netherlands. <https://www.bibliometrix.org/home/index.php> (acessado em: 12/07/2024).
- Daga, V.S., Olden, J.D., Gubiani, É.A., Piana, P.A., Padial, A.A. & Vitule, J.R. (2020). Scale-dependent patterns of fish faunal homogenization in Neotropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 847, 3759-3772. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-019-04145-5>
- Dantas, E.S.D.O. & Júnior, D.P.L. (2021). Ethnoichthyological Study of Biological Characteristics and Ecology (*Salminus brasiliensis*: Teleostei/Characiform): Importance, Status and Conservation Challenges in the Region of Mato Grosso, Brazil. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 10(4), 9-34. <http://archive.submissionwrite.com/id/eprint/412/>
- Faria, L., Frehse, F.D.A., Occhi, T.V.T., Carvalho, B.M.D., Pupo, D.V., Disaró, S.T. & Vitule, J.R.S. (2021). Occurrence of non-native species in a subtropical coastal River, in Southern Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 33(e101), 1-6. <https://www.scielo.br/j/alb/a/JbXMVxWWX6NLxkvjXv3YyxR/?lang=en>
- Gomes, L.C., Dias, R.M., Ruaro, R. & Benedito, E. (2023). Functional diversity: a review on freshwater fish research. *Neotropical Ichthyology*, 21(02-e230022), 1-16. <https://www.scielo.br/j/ni/a/fdWwk9CXGgyGJVJ4MgdmcpQ/?lang=en>
- Hattori, J.F.D.A., Alves, D.R.S., Oliveira, S.R.D., Almeida, A.A.D.S. & Boscolo, W.R. (2021). Attractiveness and palatability of liquid hydrolysates for Dourado (*Salminus brasiliensis*) fingerlings. *Aquaculture Research*, 52(11), 5682-5690. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.15443>
- Jones, P.E., Tummers, J.S., Galib, S.M., Woodford, D.J., Hume, J.B., Silva, L.G., ... & Lucas, M.C. (2021). The use of barriers to limit the spread of aquatic invasive animal species: A global review. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9(611631), 1-19. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.611631/>
- Júnior, E.G. & Neto, A.H.C. (2021). Biometria de dourados (*Salminus brasiliensis*) criados em tanques escavados. *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária FAG*, 4(2), 43-49. <https://ojsrevistas.fag.edu.br/index.php/ABMVFAG/article/view/418>
- Lazăr, N.N., Simionov, I.A., Petrea, Ş.M., Iticescu, C., Georgescu, P.L., Dima, F. & Antache, A. (2024). The influence of climate changes on heavy metals accumulation in *Alosa immaculata* from the Danube River Basin. *Marine Pollution Bulletin*, 200(116145), 1-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X2400122X>
- Lima, F.C. (2022). Revision of the smaller-sized dorados (*Salminus*), with comments on the monophyly of the genus and its biogeography (Characiformes: Bryconidae). *Zootaxa*, 5226(1), 1-66.

<https://www.biotaxa.org/Zootaxa/article/view/zootaxa.5226.1.1>

- Llamazares Vegh, S., Biolé, F. & Volpedo, A.V. (2023). Essential and toxic elements in juvenile migratory commercial fish species in the Paraná River alluvial valley (South America): an approach for aquatic environmental monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1079), 1-16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-023-11692-x>
- Llamazares Vegh, S., Biolé, F., Bavio, M., Tripodi, P. & Volpedo, A.V. (2022). Distribution and accumulation of trace elements in organs of juvenile fishes from a freshwater system (Paraná River, South America). *Biological Trace Element Research*, 200(5), 2416-2431. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-021-02849-1>
- Lopes, K., Oliveira, P., Luiz, F. & Ramires, M. (2022). O turismo de pesca no Mato Grosso: uma análise socioambiental. *Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur)*, 15(2), 199-227. <https://periodicos.unifesp.br/index.php/ecoturismo/article/view/12472>
- Machado, C.D.B., Ishizuka, T.K., Freitas, P.D.D., Valiati, V.H. & Galetti Jr, P.M. (2017). DNA barcoding reveals taxonomic uncertainty in *Salminus* (Characiformes). *Systematics and Biodiversity*, 15(4), 372-382. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14772000.2016.1254390>
- Marzuoli, J.O., Mancini, M., Casalinuovo, M., Salinas, V., Dominino, J. & Rosso, J.J. (2023). Nuevas localidades e hipótesis sobre rutas de dispersión del dorado *Salminus brasiliensis* en la provincia de Córdoba (Argentina). *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 25(2), 297-308. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-04002023000200297&script=sci_abstract&tlng=en
- Mendeley. (2023). Mendeley Reference Manager (Versão 2.54.0). Elsevier. <https://www.mendeley.com/guides/desktop/>
- Moreira, M.F., Peressin, A. & Pompeu, P.S. (2023). Small rivers, great importance: Refuge and growth sites of juvenile migratory fishes in the upper São Francisco Basin, Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 30(1), 1-10. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/fme.12595>
- Nunes, C.A.R., dos Santos, H.B.L., de Araújo Guerra, J., Lima, J.A. & da Cunha, P.P.L. (2024). Biologia do *Salminus franciscanus* (Lima e Britski, 2007) no médio Rio São Francisco. *Revista Sertão Sustentável*, 6(1), 111-118. <http://sertaosustentavel.com.br/index.php/home/article/view/66>
- Oliveira, F.C., de Almeida, P.R., dos Santos Almeida, R.G., Owatari, M.S., Pilarski, F., dos Santos Fernandes, C.E. & de Campos, C.M. (2024). *Lactobacillus rhamnosus* improves feed intake, condition factors, hepatic and intestinal histomorphometric indexes of dourado *Salminus brasiliensis*. *Aquaculture International*, 20(2024), 1-16. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-024-01400-y>
- Olmo, C., Ramos-Jiliberto, R., Boix, D., López, C. & Barbosa, L.G. (2024). Temporary lentic water bodies of Latin America and Caribbean: a scientometric study. *Inland Waters*, (just-accepted), 1-31. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20442041.2024.2364966>
- Paschoalini, A.L., Eloi, M.R., Dos Santos, J.E., Dos Santos, J.C.E., Rizzo, E. & Bazzoli, N. (2021). Induced reproduction and early development in dourado, *Salminus franciscanus* Lima & Britski, 2007 (Pisces: Characiformes). *Zygote*, 29(4), 270-275. <https://www.cambridge.org/core/journals/zygote/article/>
- Picapedra, P.H.S., Kashiwaqui, E.A.L., Piana, P.A. & Sanches, P.V. (2023). A long-term study on the larval distribution of the migratory fish *Salminus brasiliensis* (Characiformes: Bryconidae) in a dam-free section of the Paraná River, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 106(4), 641-656. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10641-023-01403-3>
- Portella, A.C., Arsentales, A.D., Cavallari, D.E., & Smith, W.S. (2021). Efeito da sazonalidade na reprodução de peixes Characiformes em um rio Neotropical. *Iheringia. Série Zoologia*, 111(e2021012), 1-9. <https://www.scielo.br/j/isz/a/vRHBZnyhNdMJd8ZfnCx5wxm>
- Posit Software. (2024). R Studio (Versão 2024.04.2 Build 764 - Posit Software, PBC). <https://cran.rstudio.com/>
- Qualhato, G., Vieira, L.G., Oliveira, M., & Rocha, T.L. (2023). Plastic microfibers as a risk factor for the health of aquatic organisms: a bibliometric and systematic review of plastic pandemic. *Science of The Total Environment*, 870(161949), 1-13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723005648>

- Ramírez-Gil, H., Cortés-Hernández, M.Á. & Ajiaco-Martínez, R.E. (2023). Ichthyofauna of the urban sub-basin of the Ocoa river, upper meta river drainage, Orinoco basin. *Graellsia*, 79(2-e197), 1-10. <https://graellsia.revistas.csic.es/index.php/graellsia/article/download/729/1135/3918>
- Reynalte-Tataje, D.A., Lopes, C.A., Massaro, M.V., Hartmann, P.B., Sulzbacher, R., Santos, J.A. & Bialecki, A. (2020). State of the art of identification of eggs and larvae of freshwater fish in Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 32(e6), 1-11. <https://www.scielo.br/j/alb/a/bkgGMGQn6xPHx5gy6YbZ9HS/?lang=en>
- Ribeiro, F.F. & Portella, M.C. (2020). Intracohort cannibalism in Dourado (*Salminus brasiliensis*): Ontogeny, behavior and morphological limitation. *Aquaculture*, 528(735541), 1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848620307651>
- Rosso, J. J., Rueda, E. C., Sanchez, S., Bruno, M. C., Casciotta, J., Aguilera, G., ... & de Astarloa, J.M.D. (2017). Basin-scale distribution and haplotype partitioning in different genetic lineages of the Neotropical migratory fish. *Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst*.9(1):1–13. <https://www.academia.edu/download/107977625/aqc.283020231128-1-shq0f2.pdf>
- Ruaro, R., Gubiani, E.A., Thomaz, S.M. & Mormul, R.P. (2021). Nonnative invasive species are overlooked in biological integrity assessments. *Biological Invasions*, 23(1), 83-94. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-020-02357-8>
- Saviato, M.J., Guimarães Júnior, J.C. & Lima, J.D. (2022a). Poluição e suas relações com as alterações histológicas em *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 2(7-8), 157-195. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/biologia/alteracoes-histologicas>
- Saviato, M.J., Guimarães Júnior, J.C. & Lima, J.D. (2022b). Rio dos Bois: contribuições para a ictiofauna nas cabeceiras da bacia do rio Araguaia, Noroeste do Goiás, Brasil. *Research, Society and Development*, 11(11-e173111133234), 1-20. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33234>
- Saviato, M.J., Guimarães Júnior, J.C. & Lima, J.D. (2022c). The impact of urbanization and domestic waste on a small watercourse in the eastern Amazon basin. *Research, Society and Development*, 11(9-e40311932137), 1-16. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32137>
- Saviato, M.J., Guimarães Júnior, J.C. & Lima, J.D. (2023). Hematology of *Salminus hilarii* and considerations on th pollution of the Cerrado rivers. *Actapesca News* 11(1), 9-26. https://www.actapescanews.com/files/ugd/4aa20f_611ea183a3e543fa839e355a6e7ee737.pdf
- Silva, J.O.S., Lahun, A.L., Rodrigues, A.D.F.C., Cavalcanti, L.D., Nicola, D.N., Hasuike, W.T. & Takemoto, R.M. (2021). Investigating the diversity of fish parasites in the floodplain of the upper Paraná River: a long-term ecological monitoring. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 33(e20), 1-13. <https://www.scielo.br/j/alb/a/4cYQwJkmdGNDMHWtyzbJFM/?lang=en>
- Souza Medina, L., Brisqueleal, J.C.P., de Souza, H.B. & Bittencourt, F. (2023). Uso de eugenol como anestésico para juvenis de dourado (*Salminus brasiliensis*). *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 21(6), 4394-4403. <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/744>
- Souza, A.R.S., Altafin, J.P., Machado, B.K.V. & Sanches, E.A. (2022). Dose inseminante e volume de água para fertilização artificial de ovócitos de matrinxã Brycon amazonicus. In *OPEN Science Research VII* (Vol. 7, pp. 136-149). Editora Científica Digital. <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/221010617.pdf>
- Vega, R., Ríos, P., Encina, F., Norambuena, J.A., Barile, J. & Mardones, A. (2019). Primeiro relato do inventário e papel dos macroinvertebrados e peixes no rio Cautín (39° S, região de Araucania Chile). *Brazilian Journal of Biology*, 80(1), 215-228. <https://www.scielo.br/j/bjb/a/vx4jhxHbYFdkx7jBxvjrRH/?format=pdf&lang=en>

Como citar o artigo:

Saviato, M.Jr., Guimarães-Júnior, J.C., Mariano, W.S. & Lima, J.D. (2025). Avaliação da relevância de *Salminus hilarii* Valenciennes, 1850 como bioindicador utilizando cienciometria. *Actapesca*. 22, 100-111. <https://doi.org/10.46732/Actafish.22.100-111>