

ECOLOGIA DO ICTIOPLÂNCTON: UMA ABORDAGEM CIENCIOMÉTRICA

Priscilla Ramos Cruz^{1*}, Igor de Paiva Affonso¹ & Luiz Carlos Gomes¹

¹ Universidade Estadual de Maringá (UEM), Departamento de Biologia, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia), Programa de Pós-Graduação em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais. Avenida Colombo, 5790, Maringá, PR, Brasil. CEP: 87020-900
E-mails: ramoscruzpriscilla@gmail.com, affonsoip@gmail.com, lcgomes@nupelia.uem.br

RESUMO

A história inicial de vida dos peixes envolve múltiplos processos e estratégias para garantir a sobrevivência e seu estudo fornece importantes informações sobre o estado de conservação das espécies e dos estoques pesqueiros. Neste estudo foi utilizada uma abordagem cientiométrica para investigar o panorama atual da ecologia do ictioplâncton e avaliar a produção científica global, no período de 1990 a 2015, indexada na base *Web of Knowledge*, com considerações sobre a posição do Brasil no cenário mundial. Os dados investigados foram referentes ao país de origem, aos tipos de ambiente amostrados (marinho ou água doce) e aos tipos de estudos desenvolvidos (experimental, descritivo, modelagem ou preditivo). Também foram investigadas as denominações atribuídas ao ictioplâncton (larva, juvenil, *young of the year*, etc.) nos títulos e resumos dos artigos. Foram encontrados 1104 artigos publicados por autores de 66 países, cuja maior parte foi classificada como descritiva e relacionada a ambientes marinhos. O Brasil foi o quarto país mais produtivo, depois dos EUA, Austrália e Canadá. A Suíça se destacou pela publicação de estudos experimentais e a Noruega por desenvolver estudos de modelagem. Os estudos preditivos advieram, principalmente, do Canadá, Austrália e Alemanha. Os temas mais frequentes, em nível global, foram “distribuição” e “estrutura das assembleias”, seguidos de alguns classicamente voltados para ecologia e monitoramento dos recursos pesqueiros, como “locais de desova” e “recrutamento”. Outros tópicos de ecologia, como “competição”, “predação”, “impactos antropogênicos” e “invasões biológicas” ficaram entre os menos estudados. Os resultados permitem sugerir desafios para o futuro dessa ciência no mundo: desenvolver trabalhos ecologicamente mais abrangentes, de maneira a testar hipóteses e responder a perguntas que vislumbram problemáticas atuais, amplamente discutidas em outras áreas, e.g. as influências de mudanças globais, ainda pouco abordadas por ictioplancetólogos. No Brasil, as pesquisas poderiam visar o conhecimento acerca dos milhares de espécies de peixes, sobre os quais pouco se sabe a respeito dos requerimentos ambientais durante as fases iniciais de vida, porém sem perder o foco nas questões ecológicas de interesse global.

Palavras-chave: coortes jovens; fase larval; história inicial de vida; ovos e larvas; zooplankton.

ABSTRACT - ECOLOGY OF ICHTHYOPLANKTON: A SCIENTOMETRIC APPROACH

The early life history of fish involves multiple processes and strategies to ensure the survival, and the knowledge on this field provides important information about the conservation of species and fish stocks. We used a scientometric approach to investigate the current situation of ichthyoplankton ecology and to assess the overall scientific production indexed in the Web of Knowledge databank from 1990 to 2015. We additionally analyzed Brazil's position on the world ranking. The information collected covered the country where the study was developed, the different sampled environments (marine or freshwater), and the type of studies developed (predictive, descriptive, experiments and modeling). In addition, we investigated the names attributed to ichthyoplankton (larvae, juvenile, young of the year, etc.) in titles and abstracts of articles. We found 1104 articles published by authors from 66 countries, most of which was classified as descriptive and related to marine environments. Brazil was the fourth most productive country, after the United States of America, Australia and Canada. Switzerland stands out for its experimental studies and Norway by developing modeling studies. Predictive studies were produced mainly in Canada, Australia and Germany. Globally, the most common topics were “distribution” and “structure of the assemblages,” followed by some issues classically focused on ecology and monitoring of fisheries, such as “spawning grounds” and “recruitment”. Other topics such as “competition”, “predation”, “anthropogenic impacts” and “biological invasions” were among the least studied. The results allows to suggest challenges for the future of this field in the world: develop broader ecological researches, test hypotheses and try to answer questions that aim current issues widely discussed in other areas, such as global changes, still not addressed by ichthyoplanktologists. In Brazil, research should aim a better understanding of the thousands of native fish species whose environmental requirements during the early life stages remains unknown, but without losing focus on issues of global interest.

Keywords: early life history; larval phase; eggs and larvae; young cohorts; zooplankton.

INTRODUÇÃO

Estudos de larvas de peixes são de difícil execução principalmente devido ao tamanho reduzido e fragilidade desses organismos, o que limita a percepção de suas características e de seu comportamento (Levin 2006). Isso influencia de maneira negativa a realização de pesquisas nessa área, tornando a elucidação de processos ecológicos associados a esses organismos um desafio. Estudos com ictioplâncton comumente são desenvolvidos para uma única espécie (ou espécies de um mesmo grupo), e têm a finalidade de usar a distribuição e a abundância dos ovos para estimar a biomassa da população adulta com capacidade de desova (Ahlstrom & Moser 1976). As larvas também podem ser monitoradas para fins de compreensão das flutuações na dinâmica populacional das espécies, ou, ainda, para avaliar os recursos pesqueiros em geral e estimar o potencial de renovação e manutenção dos estoques (Nakatani *et al.* 2001).

A história inicial de vida dos peixes é complexa, e tanto as direções evolutivas, quanto a ecologia geral, permanecem pouco esclarecidas (Montgomery *et al.* 2006). Embora se saiba que os requerimentos para sobrevivência das larvas são diferentes daqueles das formas adultas (Fuiman & Werner 2002), e que sua distribuição pode variar sazonalmente (Winemiller 1989), em função das estratégias reprodutivas das espécies (Balon 1975). Além disso, os nichos se modificam ao longo da ontogênese (Pessanha & Araújo 2014), o que caracteriza um forte fator intrínseco, que faz com que larvas e juvenis façam uso de diferentes tipos de recursos (Russo *et al.* 2007). Quanto aos fatores extrínsecos, a colonização de um ambiente, pelo ictioplâncton, pode ser influenciada por fatores bióticos como predação (Paradis *et al.* 1996), competição (Garvey & Stein 1998) e disponibilidade de alimentos (Arula *et al.* 2012), além de fatores abióticos (Chiappa-Carrara *et al.* 2003) como vento (Simionato *et al.* 2008), clima (Myksvoll *et al.* 2013), concentração de sólidos dissolvidos (Wenger *et al.* 2011), temperatura (Genner *et al.* 2010) e outros fatores físico-químicos (Baumgartner *et al.* 2008).

São poucos os paradigmas estabelecidos para a história inicial de vida dos peixes e não há consenso sobre eles. Duas são as principais hipóteses ecológicas

voltadas para essa fase. Uma delas é a hipótese da coincidência-divergência (“match-mismatch”; Cushing 1969), que associa os períodos de desova dos peixes à disponibilidade de alimento. Apesar de sólida, foi contestada com base em dados empíricos dos padrões de desova do *Clupea harengus harengus* (Sinclair & Tremblay 1984), em que se observou relação inversa entre a disponibilidade de alimento e a duração da fase larval, bem como a importância de outros fatores ambientais na definição e duração dessa fase. Outra, bem estabelecida, é a hipótese do período crítico de vida (Hjort 1914, Robert *et al.* 2014), que sugere que a transição da absorção do vitelo para a alimentação exógena é considerada decisiva: se na primeira alimentação as larvas não conseguem encontrar alimento adequado no plâncton, o resultado pode ser uma alta mortalidade de larvas (>90%). Entretanto, os mecanismos responsáveis por esse fenômeno são ainda pouco conhecidos, apesar de já existirem modelos baseados em observações da influência do tamanho larval e da hidrodinâmica sobre a primeira alimentação (China & Holzman 2014).

Partindo do princípio de que os indicadores cientométricos cumprem a finalidade de apontar os resultados imediatos e os efeitos impactantes do esforço destinado à ciência, constituindo-se em indicadores de eficácia da produção de artigos (Mugnaini *et al.* 2004), a presente abordagem propõe avaliar o panorama atual da ecologia do ictioplâncton e projetar algumas perspectivas futuras através da análise dos (as): i) padrões de produção global; ii) principais tipos de estudo desenvolvidos na área (descritivo, experimental, modelagem e preditivo); iii) tipos de ambientes mais estudados; e iv) principais tendências e lacunas observadas através dos temas abordados em escala mundial e local.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados os dados referentes ao intervalo de 1990 a 2015 existentes na plataforma eletrônica para a ciência da informação (ISI Web of Knowledge – <http://apps.webofknowledge.com>), uma base que possui ampla abrangência e da qual comumente se extraem dados para ciências, porque oferece registros bibliográficos padronizados que viabilizam a importação

dos dados para softwares que auxiliam na contagem, padronização e análises exploratórias (C. Souza 2013).

Foram utilizados os seguintes termos para a busca de artigos: “larv* fish*” or “ichthyop*” or “early* life* fish*” or “young* fish*” e selecionados, após análise dos títulos, apenas os artigos exclusivamente relacionados à ecologia do icteoplâncton, mensurando: i) a quantidade de artigos por ano; ii) os países onde foram realizados os estudos; iii) tipos de estudo (experimental, descritivo, preditivos – que se referem àqueles que testam hipóteses - revisões e modelagens); iv) tipos de ambiente: marinho (inclui águas costeiras, estuários, recifes de coral e “offshore”); água doce (rios, lagos e represas) e outros (que se referem à execução de experimentos); v) temas ecológicos investigados (distribuição, estrutura das assembleias, desovas, recrutamento, entre outros categorizados de acordo com o conteúdo dos títulos e resumos); e por fim, vi) os termos que estão sendo usados para se referir às formas iniciais de vida dos peixes (*i.e.* icteoplâncton, larva de peixe e juvenil, entre outros).

Para atingir os objetivos i a iv, foram aplicadas análises descritivas de frequência simples, para evidenciar os padrões de distribuição dos artigos em relação às categorias estabelecidas, em razão da natureza das variáveis categóricas nominais obtidas. Para o objetivo v foi empregada a Análise de Componentes Principais (ACP), correlacionando os termos mencionados nos títulos e resumos dos artigos com os anos do universo amostral.

A lista completa de artigos utilizados nesta revisão podem ser obtidos mediante contato com o autor correspondente.

RESULTADOS

Produção global de estudos voltados para a ecologia do icteoplâncton

No total, foram encontrados 1104 artigos provenientes de 66 países. De acordo com a distribuição dos artigos por país, 46 destes publicaram de 1 a 9 artigos (12,0% do total analisado), compondo a segunda categoria estabelecida em nosso levantamento. Outros 14 países, dentre os quais estão incluídos a China, França, Japão, Chile, Portugal e África do Sul,

publicaram entre 10 e 49 artigos (25,2%), caracterizando a categoria 2, enquanto apenas quatro países, sendo eles Austrália (n=87), Canadá (n=85), Brasil (n=63) e Espanha (n=53) publicaram entre 53 e 87 artigos (26,1%), compondo a categoria 3. Os EUA se destacaram como os mais produtivos, com 403 publicações (36,7%), representando a categoria 4 (Figura 1).

Distribuição anual

A distribuição anual das publicações apresentou tendência gradual de crescimento. A década de 90 foi marcada pelo menor volume de publicações, totalizando 294 (27,0% do total), com apenas 13 em 1990 e 50 em 1996. No período de 2000 a 2010 foram publicados 482 artigos (44,0% do total), com 31 em 2006 e 60 em 2003. De 2011 a 2015 foram publicados 265 artigos (24,0% do total), com menor valor em 2013, com 25 artigos, mas os anos de 2011 e 2015 foram os mais produtivos de toda a série analisada, com 68 e 69 artigos, respectivamente. A produção do Brasil começou a aparecer em revistas indexadas a partir de 1998, com um artigo publicado, e alcançou a maior representatividade numérica em 2011 e 2012, com nove artigos publicados em cada ano (Figura 2).

Tipos de estudo

Os 20 países mais produtivos contribuíram com 978 publicações (88,6% do total amostral). Dessas publicações, a maioria, ou seja, 578 (59,1%) apresentou enfoque descritivo. Os demais foram preditivos, com 211 publicações (21,6%), experimentais, com 136 (13,9%), modelagens, com 52 (5,3%), e ainda incluíram uma revisão (0,1%). Das 403 publicações dos EUA, 224 (55,6%) foram do tipo descritivo, 91 (22,5%) preditivos e 67 (16,6%) experimentais. A tendência de predominância de estudos descritivos também foi observada em outros países: das 87 publicações da Austrália, 48 foram descritivas (55,1%); das 63 do Brasil, 55 foram descritivas (87,3%); das 53 da Espanha, 39 foram descritivas (73,5%) e, finalmente, das 48 do México, 40 foram descritivas (83,3%). O Canadá, apesar de apresentar a maior parte de seus estudos descritivos, 48 (55,2%), foi um dos países que mais produziu artigos preditivos, 31 (36,4%) e experimentais,

25 (29,4%). Nessa categoria, se destacaram também a Austrália, com 29 trabalhos (33,3%), e a Alemanha, com sete trabalhos (30,4%). Outros países se diferenciaram com a elevada ênfase em outras abordagens. A Noruega,

por exemplo, apresentou dez estudos referentes a modelagens (50% do total do país), e a Suíça com sete (77,8% do total do país) publicações experimentais (Figura 3).

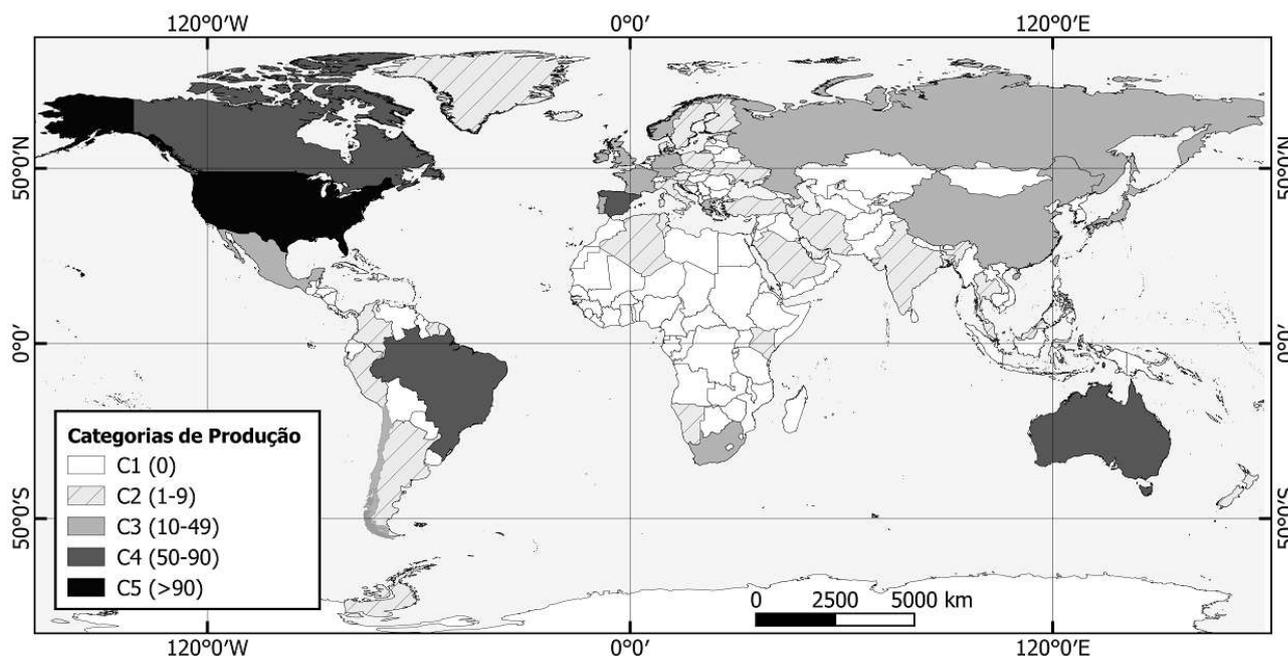


Figura 1. Distribuição global dos estudos sobre ecologia do icteoplâncton publicados no período de 1990 a 2015, indexados na base de dados ISI *Web of Science*. Os países foram divididos em categorias de produção (C1 a C5), de acordo com o número de publicações na área.

Figure 1. Global distribution of ecological studies on ichthyoplankton published from 1990 to 2015 and indexed in the ISI *Web of Science* database. Countries were divided in categories (C1 to C5) according to the number of scientific articles published.

Ambientes

Dos 1104 trabalhos analisados, 736 (66,7%) corresponderam a estudos em ambiente marinho, com número de publicações variando de nove (1,2%), em 1990, a 58 (7,9%), em 2014 (Figura 4). As publicações abrangendo ambientes de água doce corresponderam a 209 (18,9% do total), e em todo o período avaliado, o ano de 2012 foi o mais produtivo, com 18 publicações (1,6%). As 159 publicações restantes (14,4% do total analisado) corresponderam a estudos experimentais, os quais apresentaram tendência de crescimento, com maior número de artigos publicados em 1996, quando totalizaram 13 artigos (8,1%), e menor em 2013, com apenas um artigo (0,6%) (Figura 4).

O Brasil acompanha as principais tendências internacionais?

Dentre os temas abordados nos trabalhos analisados de 1990 a 2015, aqueles que versam sobre os padrões de distribuição foram o objeto de investigação mundialmente mais frequente, totalizando 386 publicações (35,0% do total), seguidos por estudos que abordam a estrutura das assembleias, que totalizaram 171 publicações (15,5% do total) e daqueles que abordam teias tróficas, com 103 publicações (9,3% do total). No Brasil, esses temas estiveram presentes em 31 (49,2%), 14 (22,2%) e três (4,7%) publicações, respectivamente. Dentre as pesquisas mais relacionadas com a pesca, as desovas foram

consideradas em 41 (3,7% do total), enquanto que recrutamento foi considerado em 62 (5,6%) publicações mundiais; no Brasil, esses temas constaram em seis (9,5%) e uma (1,6%) publicação, respectivamente. Os fatores que determinam crescimento, mortalidade, uso do habitat, efeitos climáticos e predação foram abordados entre 16 e 34 publicações (representando de 1,4% a 3,0%) e estiveram entre os temas ainda não estudados no Brasil, além da competição, com sete publicações (0,6%). A categoria “Outros” reúne 12 tópicos (impactos antropogênicos, produção larval, berçários, toxicidade, parasitismo, acidificação oceânica, canibalismo, invasão biológica, indicador biológico, cuidado parental, fontes de energia e DNA *barcoding*), sendo que esses últimos não ultrapassaram a margem de cinco publicações em todo o período analisado, e os dois últimos temas tenham sido encontrados apenas em estudos no Brasil (Figura 5).

O uso do termo “ictioplâncton”

No eixo 1 da análise de componentes principais (PC1), que representou 32,0% da variabilidade dos dados, foi possível observar a associação dos termos ‘Ovos e/ou larvas’, ‘Jovens ao ano (YOY)’, ‘Idade-0’, e ‘Juvenil’ com a década de 90. Já os termos ‘Estágios iniciais de vida/história’ foram associados aos anos de 2006, 2014 e 2015. Para o PC2, que representou 20,7% da variabilidade, ficou evidente a correlação dos termos ‘Larva de peixe’ com os anos de 2004, 2005 e 2011. Já o termo ‘Ictioplâncton’ apareceu em oposição à maior parte dos anos da década de 90. Porém, não ficou evidente uma tendência clara em relação aos demais anos. Assim, não é possível afirmar que o termo caiu em desuso, embora tenha sido possível perceber que, atualmente, existe certa preferência por outros termos (Figura 6).

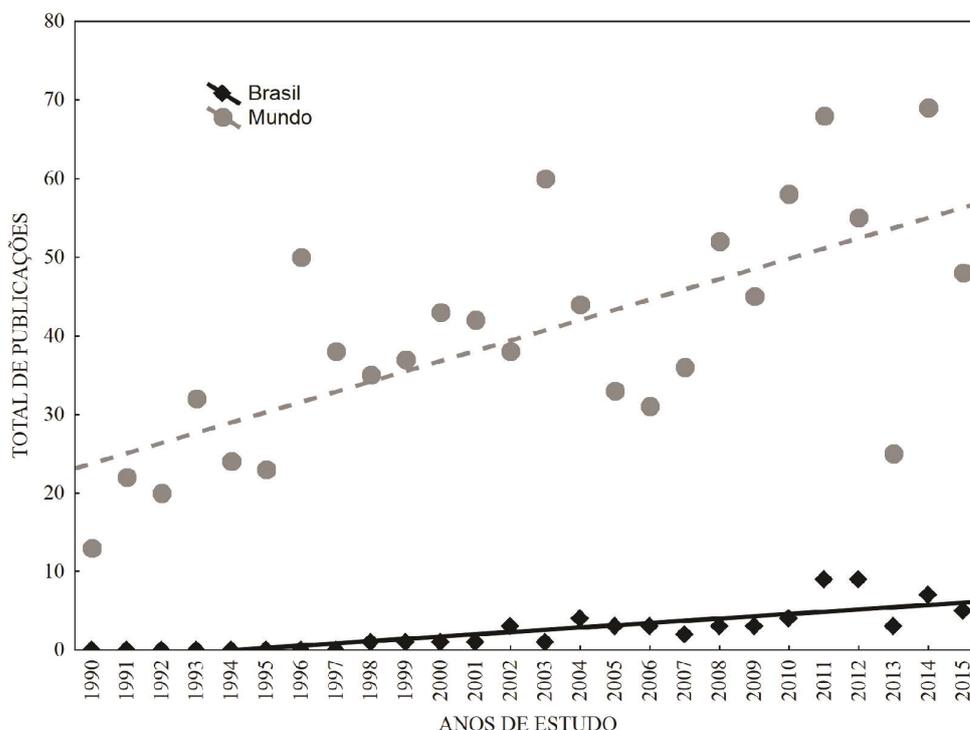


Figura 2. Número de publicações indexadas na base ISI *Web of Science* relacionadas à ecologia do ictioplâncton, no período de 1990 a 2015, para o conjunto de 66 países (●) e para o Brasil (◆).

Figure 2. Number of articles on ichthyoplankton ecology published from 1990 to 2015 and indexed on ISI *Web of Science*, in a set of 66 countries (●) and in Brazil (◆).

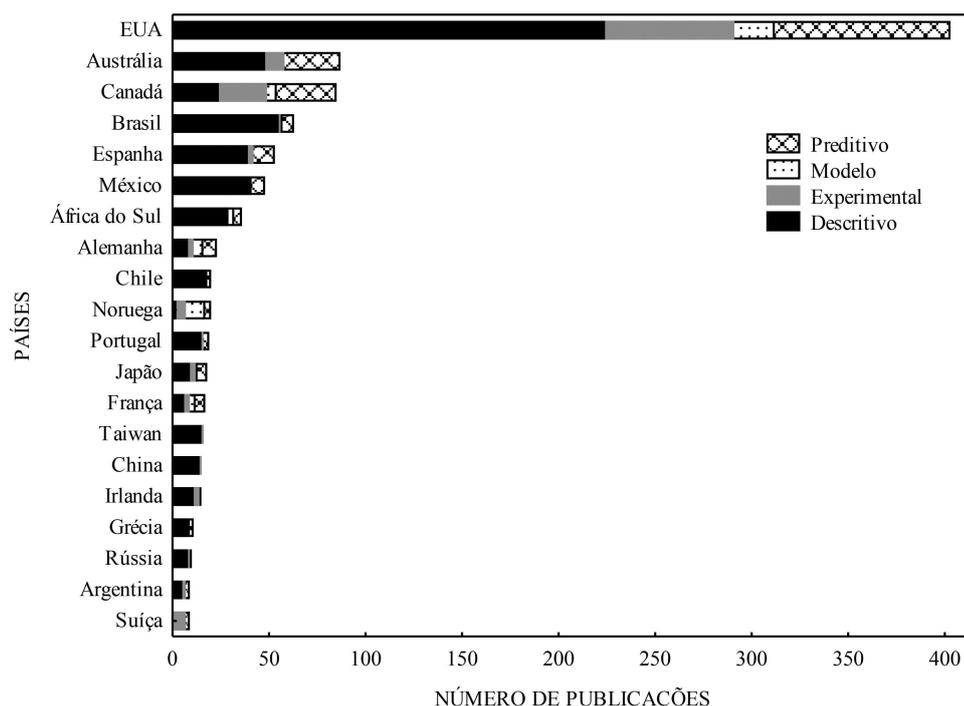


Figura 3. Número de artigos científicos classificados por tipos de estudos: descritivos (■); experimentais (■); modelagens (▨); preditivos (▩) realizados pelos 20 países que mais publicaram sobre ecologia de ictioplâncton no período de 1990 a 2015. Somente artigos indexados na base ISI *Web of Science* foram considerados.

Figure 3. Number of research papers classified by study type: descriptive (■); experimental (■); models (▨); predictive (▩) and performed by the 20 most productive countries on ecology of ichthyoplankton. Only manuscripts published from 1990 to 2015 and indexed in ISI *Web of Science* were considered.

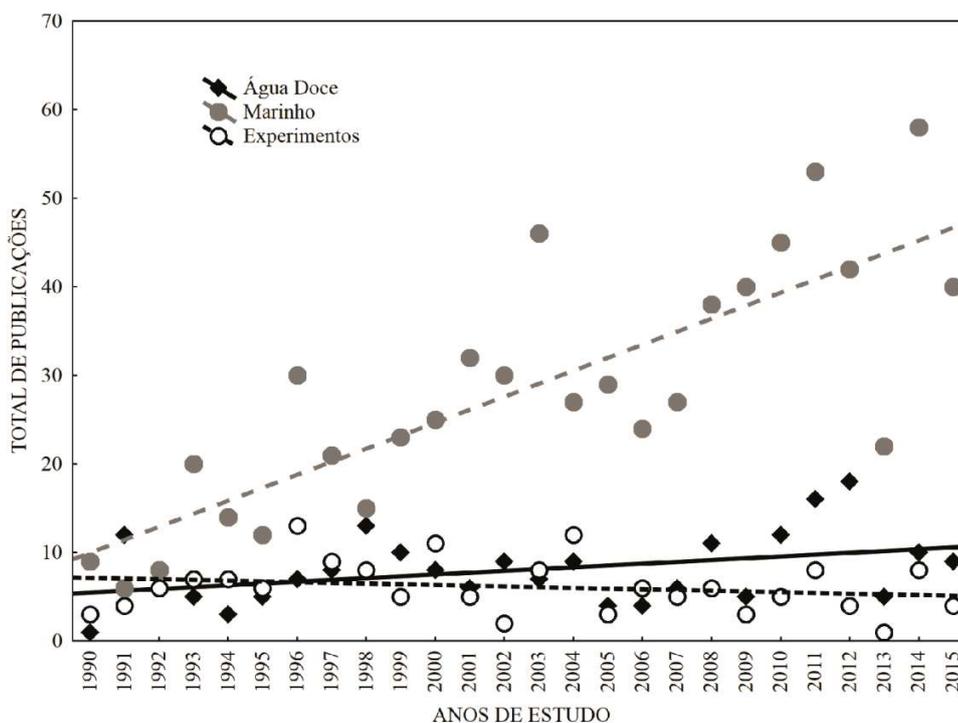


Figura 4. Proporção de publicações referentes à ecologia do ictioplâncton publicadas no período de 1990 a 2015 na base ISI *Web of Science* e desenvolvidas nos ambientes marinhos (●), de água doce (◆) ou experimentalmente (○).

Figure 4. Proportion of articles on ichthyoplankton ecology published from 1990 to 2015 and indexed on ISI *Web of Science*. Articles were classified as developed in marine environment (●), freshwater (◆) or experiments (○).

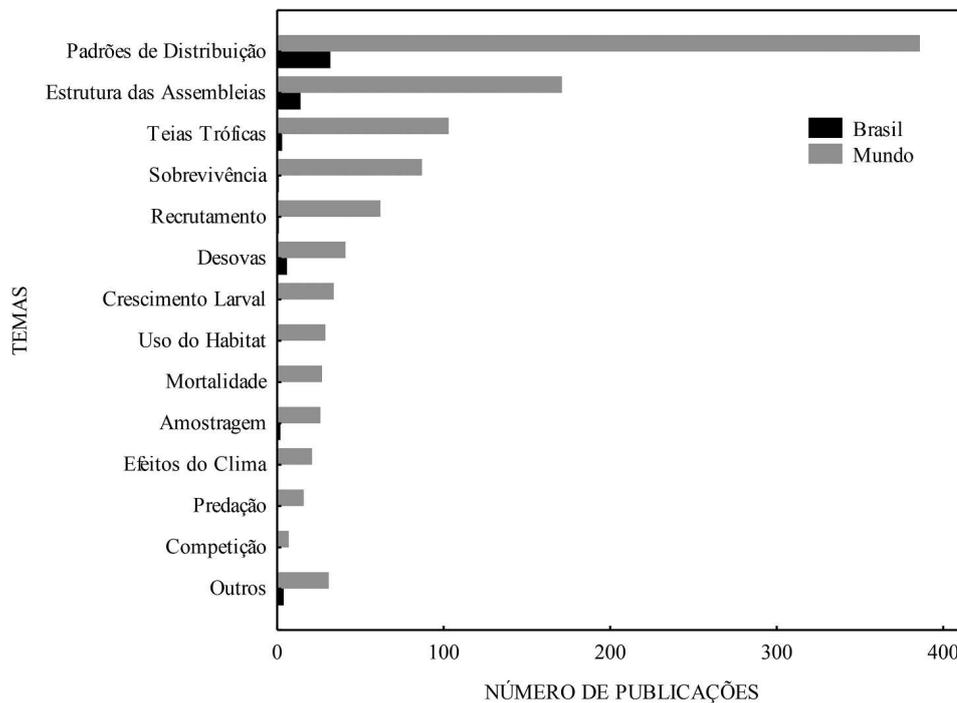


Figura 5. Temas de pesquisa sobre ecologia do icteoplâncton abordados em publicações internacionais (■) em relação às desenvolvidas no Brasil (■) no período de 1990 a 2015, entre os artigos indexados na base ISI *Web of Science*.

Figure 5. Research topics on ichthyoplankton ecology in international publications (■) in relation to those developed in Brazil (■) from 1990 to 2015. Only manuscripts indexed in ISI *Web of Science* were considered.

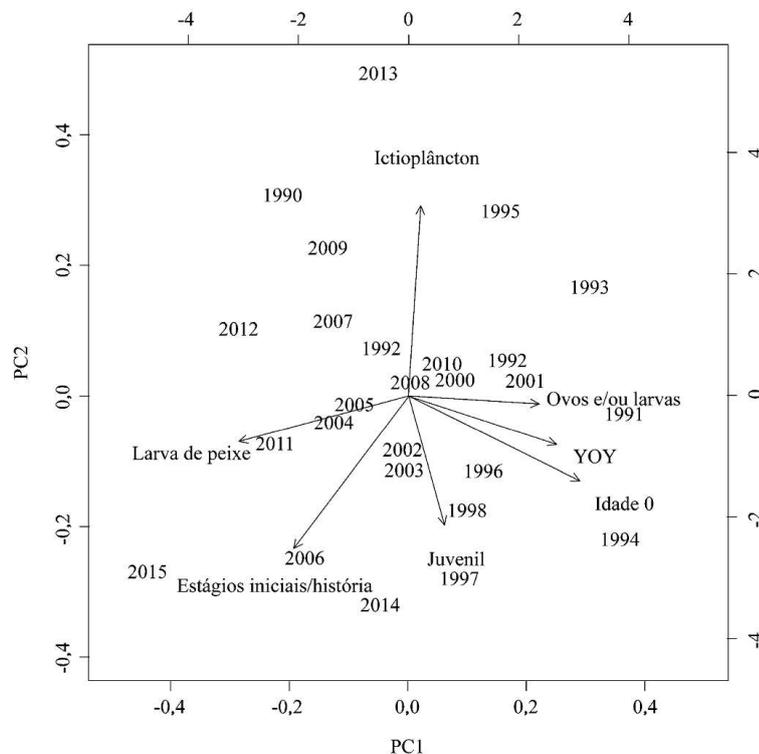


Figura 6. Análise de Componentes Principais (PCA) com os principais termos utilizados para denominar as formas iniciais de peixes em artigos indexados na base ISI *Web of Science* no período de 1990 a 2015.

Figure 6. Principal Component Analysis (ACP) with the main terms employed to indicate fish initial forms of life in articles published from 1990 to 2015. Only manuscripts indexed ISI *Web of Science* were considered.

DISCUSSÃO

A produtividade científica mundial na área de ecologia de ictioplâncton vem crescendo desde o início da década de 1990, e o Brasil acompanha essa tendência, de maneira que atualmente se caracteriza como o país mais produtivo da América Latina, mesmo apresentando artigos indexados na base “Web of Science” somente a partir do ano de 1994. Apesar dos bons índices de produtividade científica do Brasil (De Moya-Anegón & Herrero-Solana 1999, Albuquerque *et al.* 2013), os avanços na área da ecologia do ictioplâncton geralmente são limitados pela escassez de recursos financeiros, uma vez que estudos nessa área são onerosos, demandam infraestrutura de campo, laboratório e recursos humanos especializados. Outro aspecto importante, relacionado a isso, é a baixa frequência de projetos de longa duração, como os desenvolvidos pelos Programas de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD), realizados por poucas instituições acadêmicas do país. Pesquisas de longa duração possibilitam a utilização de informações ambientais e permitem precisas interpretações sobre dinâmica e biodiversidade do ictioplâncton, equiparáveis àquelas que os países mais produtivos (*e.g.* Estados Unidos) nessa área produzem (Boeing & Duff-Anderson 2008).

A principal tendência global foi o investimento em publicações descritivas que visam avaliar, principalmente, os padrões de distribuição das assembleias larvais (Davies *et al.* 2015). Embora menos frequentes, há também pesquisas que investigam a influência de processos físicos sobre os padrões de distribuição latitudinais ou de dispersão das assembleias larvais (*e.g.* Cowen *et al.* 1993, Leis *et al.* 2013). Artigos com esse segundo enfoque geram novas percepções que podem promover avanços na compreensão dos mecanismos responsáveis pela estrutura e dinâmica das assembleias de larvas de peixes em escalas macroecológicas. Apesar de a maior parte das pesquisas serem estritamente dependentes de observações contínuas para revelar os ciclos sazonais (Coombs 1975), é possível realizar testes de hipóteses para validar qualitativamente os padrões encontrados em curto prazo. Esse potencial tem sido bem explorado por cientistas do Canadá (Pedersen

1997), por exemplo, através de estudos preditivos.

A identificação dos fatores que determinam a dinâmica espaço-temporal das assembleias de larvas é predominantemente aplicada em ambientes de água doce no Brasil (Oliveira & Ferreira 2008, Daga *et al.* 2009). Entretanto, os estudos são espacialmente concentrados em poucas localidades, como nas bacias do Amazonas (Araujo-Lima & Oliveira 1998, De Lima & Araujo-Lima 2004), do Paraná (Baumgartner *et al.* 1997, 2004, Reynalte-Tataje *et al.* 2011, 2013), do São Francisco (R. Souza, 2013) e no Pantanal (Severi 1997). Por outro lado, as pesquisas frequentemente associam a ocorrência das larvas de peixes à atividade reprodutiva dos adultos (Sanches *et al.* 2006, Godinho *et al.* 2010, Suzuki & Pompeu 2016), correlacionando diferentes padrões de desova com as espécies de ambientes lênticos ou lóticos. Uma conclusão comum dessas pesquisas é que o período de cheias dos rios é o que mais favorece a sobrevivência das larvas (Lowe-McConnell 1999, Agostinho *et al.* 2004). Já os estudos sobre ambientes marinhos são desenvolvidos ao longo de toda a região costeira (Nonaka *et al.* 2000, Freitas & Muelbert 2004, Rutkowski *et al.* 2011), incluindo os estuários (Barletta *et al.* 2008, Silva-Falcão *et al.* 2013) e, frequentemente exploram a influência de outras variáveis resposta.

A maior concentração de esforços em estudos da ecologia do ictioplâncton marinho, numa perspectiva mundial, remete ao final do século XVIII, quando ocorreu a primeira descrição de formas larvais, que foi de alguns Anguiliformes (Fahay 2007). As publicações acerca desses ambientes vêm crescendo (Leis 2015), com a divulgação de guias de identificação (Richards 2006) e de artigos voltados para a biologia e/ou ecologia (Hare *et al.* 2005). Além disso, é nos ambientes marinhos que vêm sendo realizadas pesquisas que contribuem com importantes avanços nas predições ecológicas (*e.g.* Munday *et al.* 2009), testando o efeito da acidificação dos oceanos sobre as larvas de *Amphiprion percula*, por exemplo. Tais autores utilizaram essa espécie como um organismo modelo, a fim de generalizar prospecções para o cenário das décadas seguintes, sugerindo que esse evento global é hipoteticamente desvantajoso para o crescimento e desempenho das larvas de peixes marinhos. Também, em escala global, cientistas

investigaram efeitos do *El Niño* e *La Niña* nos padrões de distribuição e abundância das assembleias larvais e observaram diferenças correlacionadas à estrutura das comunidades e suas associações com a temperatura e salinidade das massas d'água em uma Península costeira do México (Funes-Rodríguez *et al.* 2011).

Embora a produção de artigos descritivos predomine na maioria dos países, é possível observar que a realização de testes de hipóteses em pesquisas experimentais e de modelagem permeia as pesquisas em diversos países. Esse tipo de produção é de extrema importância para o avanço de discussões voltadas para temas ainda pouco explorados em estudos de ictioplâncton, como as interações negativas entre os estágios iniciais e as formas adultas (Minto & Worm 2012), crescimento (Schütz *et al.* 2008) e sobrevivência (Andrade *et al.* 2004). Nesse sentido, a Suíça, por exemplo, se destaca por desenvolver pesquisas experimentais voltadas para a compreensão de interações entre as espécies (Englund & Evander 1999) e uso de recursos pelas espécies (Huss *et al.* 2010). Já a Noruega se destaca pela produção de modelos em pesca que objetivam identificar zonas de reprodução de peixes de interesse comercial (Myksvoll *et al.* 2014) e avaliar, experimentalmente, os diferentes efeitos das condições alimentares as formas iniciais dos peixes (Vollset *et al.* 2009, Huebert & Peck 2014).

Pesquisas com caráter preditivo ainda não são comuns na ecologia do ictioplâncton no Brasil, embora seja possível encontrar publicações que testaram (e confirmaram) a hipótese de que a distribuição das larvas de peixes, na região costeira do sul do Brasil, está associada com a composição da massa d'água (*e.g.* Macedo-Soares *et al.* 2014). Entretanto, por não haver continuidade temporal nas coletas de dados, existem expressivas lacunas sobre o conhecimento da estrutura das assembleias e dos padrões de distribuição dos ovos e larvas dos peixes, o que frequentemente impossibilita a realização de testes de hipóteses abrangentes, com generalizações precisas. Ainda, em relação aos escassos estudos experimentais no Brasil, ressalta-se o potencial da larvicultura em gerar informações especialmente relevantes para a conservação de espécies ameaçadas, como o realizado por Honji *et al.* (2012), no caso de *Steindachneridion parahybae*, espécie endêmica do rio Paraíba do Sul,

um modelo passível de expansões em todo o território nacional e não restrito aos interesses da aquicultura.

Avanços na elucidação de processos ecológicos, envolvendo as formas iniciais de peixes, dependem também da correta identificação dos indivíduos, tarefa complexa e dependente das escassas mão-de-obra especializada e literatura específica, nem sempre disponível. Por esse motivo, a descrição do desenvolvimento inicial das espécies constitui um forte aliado à produção de conclusões ecológicas acuradas, e se estabeleceu como uma tradição na área. Quando associadas aos padrões de distribuição e abundância, essas descrições fornecem informações ecológicas relevantes (*e.g.* Ahlstrom & Ball 1954, Miller *et al.* 2015). Em razão de avanços mais recentes, a correta identificação de ovos e larvas foi facilitada pelo uso de material genético, que produz resultados mais precisos do que a identificação unicamente baseada em caracteres morfológicos (Becker *et al.* 2015).

Historicamente, na América Latina, o estudo do ictioplâncton tem focado em contribuir com a gestão dos recursos pesqueiros voltado para as espécies marinhas mais economicamente relevantes para cada país, sobre as quais se descrevem os padrões de distribuição e abundância (Ciechomski 1991). No Brasil, há a tendência de se produzir inventários e/ou investigar a distribuição e/ou a ocorrência de uma determinada espécie (*e.g.* Bialezki *et al.* 2004, Severi *et al.* 2008, Campos *et al.* 2010), o que replica os objetivos dos primeiros estudos realizados no país (*e.g.* Matsuura 1977).

Por outro lado, estudos que descrevem o desenvolvimento embrionário e larval a partir de reprodução induzida (Borçato *et al.* 2004, Pereira *et al.* 2006) ou do meio natural (França *et al.* 2007, Silva *et al.* 2010), trazem contribuições importantes para os pesquisadores que precisam ou preferem diferenciar com exatidão os 'morfotipos' encontrados em suas amostras, sem recorrer às análises de DNA. A identificação mediada por caracteres morfológicos é difícil de executar na região neotropical, uma vez que as chaves de identificação disponíveis estão aquém da elevada diversidade ictiofaunística conhecida (Reis *et al.* 2003), mas constitui uma técnica robusta, através da qual, é possível reconhecer os caracteres merísticos e morfométricos dos peixes, que experimentam

profundas transformações morfológicas ao longo da ontogenia (e.g. Balon 2001).

Apesar de a pertinência do uso do termo 'ictioplâncton' para todos os estágios de desenvolvimento inicial ser questionável, os resultados sugerem que o uso desse termo foi bastante frequente na década de 90, mas passou a ser parcialmente substituído pelo termo 'larva(s) de peixe' nas décadas seguintes. É provável que isso tenha ocorrido devido à percepção de que as larvas podem não ser consideradas, exclusivamente, como parte do plâncton. Embora se considere incontestável a influência de fatores físicos, como a correnteza, sobre a dispersão (James *et al.* 2002, Staaterman & Paris 2014), a maioria delas possuem habilidades natatórias que se aprimoram ao longo da ontogenia (Gibb *et al.* 2006), e possibilitam reposicionamento vertical (Fisher *et al.* 2005), escape dos predadores (Fuiman 1994) e seleção ativa de itens alimentares (Mayer & Wahl 1997), que culminam por influenciar em sua sobrevivência (Leis *et al.* 2007).

A produção de artigos descritivos é importante na medida em que se considera como propósito do conhecimento sobre os fatores que determinam a estrutura das comunidades, e assim fornecer embasamento para medidas de manejo e conservação. Em relação a isso, vale ressaltar que há diversos corpos de água doce no Brasil, sobre os quais não há informações precisas disponíveis acerca da biologia dos peixes, incluindo dados relacionados a sua reprodução e desenvolvimento. Algumas lacunas são difíceis de preencher devido às limitações metodológicas. Por exemplo, é evidente a dificuldade em se obter estimativas absolutas sobre a abundância de ovos e larvas em razão da distribuição desigual dos propágulos e dos locais de desova, que podem ser agregados ou difusos (Govoni 2005). E, não há consenso sobre o padrão amostral ideal do ictioplâncton (e.g. Neal *et al.* 2012), dado que cada metodologia de coleta apresenta um considerável nível de seletividade (Carassou *et al.* 2009), além das restrições relacionadas ao tipo de ambiente. Uma sugestão é que sejam investidos esforços para a compreensão de questões mais relacionadas às interações tróficas do ictio com o zooplâncton (Greer *et al.* 2016) ou com partículas inanimadas (Lima *et al.* 2015) por meio de artigos descritivos ou preditivos.

Entre as medidas bem sucedidas que poderiam ser estimuladas para promover avanços na área, especialmente nos ecossistemas de água doce, que são menos estudados do que os marinhos, estão os experimentos, que permitem detectar as habilidades que as larvas desenvolvem mediante uma pequena mudança em uma variável, que dificilmente seriam percebidas em campo (e.g. Carrillo & McHenry 2016). As modelagens também devem ser estimuladas, pois viabilizam analisar, por exemplo, as probabilidades das desovas de uma determinada espécie ocorrerem em determinados habitats (Schismenou *et al.* 2008), fornecendo uma ampla noção dos possíveis locais de ocorrência dos ovos de uma determinada espécie para gestores e pesquisadores.

Os padrões encontrados permitem concluir que no Brasil, novos esforços poderiam ser investidos em pesquisas básicas que visem preencher as lacunas geográficas e questões relacionadas aos fatores determinantes do sucesso de sobrevivência e recrutamento dos peixes, já que esses fatores permanecem desconhecidos para a maioria das espécies que não são migradoras de água doce (Barzotto *et al.* 2015) ou alvo da pesca comercial marinha (Ahlstrom 1954, Dias *et al.* 2014). É importante que se desenvolvam pesquisas voltadas às espécies sujeitas a sobre-exploração comercial ou ameaçadas de extinção como o *Thunnus thynnus* (atum rabilho) (Richardson *et al.* 2016), para que se conservem não apenas os locais e períodos de desova, mas também o envelope de condições ambientais ideais (nichos) para a eclosão e desenvolvimento das formas larvais (Margulies *et al.* 2007), sobretudo porque os requerimentos são espécie-específicos e têm sido suprimidos à medida que os habitats são destruídos ou fragmentados, ocasionando a diminuição dos estoques pesqueiros em todo o mundo (Myers & Worm 2003). Ainda, é necessário realizar pesquisas que elevem a compreensão da influência de fenômenos globais (e.g. mudanças climáticas) sobre os padrões locais do ictioplâncton, e reduzir o intervalo entre a descrição de uma nova espécie e a exposição dos fatores que aferam a sua história inicial de vida, especialmente quando se pressupõe que o táxon em questão pode ser capaz de desempenhar alguma função-chave nas comunidades do plâncton e/ou nos

estoques pesqueiros, para que se possam estimar os efeitos da perda da biodiversidade provocada por esses fenômenos desde a fase inicial de vida dos peixes.

AGRADECIMENTOS

Aos revisores anônimos que nortearam as melhorias do artigo com os seus comentários. Aos professores Evanilde Benedito (UEM) e Sidinei Magela Thomaz (UEM) pela leitura crítica da versão preliminar do manuscrito, em especial ao último, por salientar a importância e incentivar os alunos do PEA a disseminar ideias através de revisões. À Maria Salete Ribellatto Arita, bibliotecária do BSE-NUP, pela orientação nos procedimentos de busca na base de dados, fundamentação da metodologia aplicada e disponibilização dos artigos de acesso restrito. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES pela concessão das bolsas de estudos aos dois primeiros autores, e também, por viabilizar o acesso gratuito e permanente à diversos periódicos através do portal do seu portal. Ao professor William Severi e aos demais componentes do Laboratório de Ictiologia/UFRPE 2007/2011, por compartilharem generosamente com a primeira autora, os primeiros contatos e impressões acerca das particularidades do icteoplâncton de água doce do Brasil.

REFERÊNCIAS

- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M., & Gomes, L. C. 2004. Threats for biodiversity in the floodplain of the Upper Paraná River: effects of hydrological regulation by dams. *Ecology & Hydrobiology*, 4(3), 255–256.
- Ahlstrom, E. H. 1954. Distribution and abundance of egg and larval populations of the Pacific sardine. *Fishery Bulletin* No. 93; p. 62. Washington: Fish and Wildlife Service. Disponível em <http://www.fisherybulletin.nmfs.noaa.gov/56-1/ahlstrom.pdf>
- Ahlstrom, E. H., & Ball, O. P. 1954. Description of eggs and larvae of Jack Mackerel (*Trachurus symmetricus*) and distribution and abundance of larvae in 1950 and 1951. *Fishery Bulletin* No. 97; p. 41. Washington: Fish and Wildlife Service. Disponível em <http://www.fisherybulletin.nmfs.noaa.gov/56-1/ahlstrom1.pdf>
- Ahlstrom, E. H., & Moser, H. G. 1976. Eggs and larvae of fishes and their role in systematic investigations in fisheries. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 40(3-4), 379–398.
- Albuquerque, U., Silva, J., Campos, J., Sousa, R., Silva, T., & Alves, R. 2013. The current status of ethnobiological research in Latin America: gaps and perspectives. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(1), 1-9. DOI: 10.1186/1746-4269-9-72
- Andrade, L. S., Hayashi, C., Souza, S. R., & Soares, C. M. 2004. Canibalismo entre larvas de pintado, *Pseudoplatystoma corruscans*, cultivadas sob diferentes densidades de estocagem. *Biological Sciences-Acta Scientiarum*, 26(3), 299–302. DOI: 10.4025/actasciobiolsci.v26i3.1543
- Araujo-Lima, C. A. R. M., & Oliveira, E. C. 1998. Transport of larval fish in the Amazon. *Journal of Fish Biology*, 53(sA), 297-306. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1998.tb01033.x
- Arula, T., Kotta, J., Lankov, A., Simm, M., & Pölme, S. 2012. Diet composition and feeding activity of larval spring-spawning herring: importance of environmental variability. *Journal of Sea Research*, 68(1), 33-40. DOI: 10.1016/j.seares.2011.12.003
- Balon, E. K. 1975. Reproductive guilds of fishes: A proposal and definition. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32(6), 821-864.
- Balon, E. K. 2001. Saltatory ontogeny and the life-history model: neglected processes and patterns of Evolution. *Journal of Bioeconomics*, 3(1), 1–26. DOI: 10.1023/A:1016305005962
- Barletta, M., Amaral, C. S., Corrêa, M. F. M., Guebert, F., Dantas, D. V., Lorenzi, L., & Saint-Paul, U. 2008. Factors affecting seasonal variations in demersal fish assemblages at an ecocline in a tropical-subtropical estuary. *Journal of Fish Biology*, 73(6), 1314–1336. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2008.02005.x
- Barzotto, E., Sanches, P. V., Bialetzki, A., Orvati, L., & Gomes, L. C. 2015. Larvae of migratory fish (Teleostei: Ostariophysi) in the lotic remnant of the Paraná River in Brazil. *Zoologia*, 32(4), 270–280. DOI: 10.1590/S1984-46702015000400002
- Baumgartner, G., Nakatani, K., Cavicchioli, M., & Baumgartner, M. S. T. 1997. Some Aspects of the Ecology of Fish Larvae in the floodplain of the high Paraná river, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 14(3), 551–563. DOI: 10.1590/S0101-81751997000300005
- Baumgartner, G., Nakatani, K., Gomes, L., Bialetzki, A., & Sanches, P. 2004. Identification of spawning sites and natural nurseries of fishes in the upper Paraná River, Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 71(1), 115-125. DOI: 10.1007/s10641-004-0098-z
- Baumgartner, G., Nakatani, K., Gomes, L. C., Bialetzki, A., Sanches, P. V., & Makrakis, M. C. 2008. Fish larvae from the upper Paraná River: Do abiotic factors affect larval density? *Neotropical Ichthyology*, 6(4), 551–558. DOI: 10.1590/S1679-62252008000400002
- Becker, R. A., Sales, N. G., Santos, G. M., Santos, G. B., & Carvalho, D. C. 2015. DNA barcoding and morphological identification of neotropical ichthyoplankton from the Upper Paraná and São Francisco. *Journal of Fish Biology*, 87(1), 159-168. DOI: 10.1111/jfb.12707
- Bialetzki, A., Nakatani, K., Sanches, P. V., & Baumgartner, G. 2004. Eggs and larvae of the “curvina” *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Sciaenidae) in the Baía River, Mato Grosso do Sul State, Brazil. *Journal of Plankton Research*, 26(11), 1327–1336. DOI: 10.1093/plankt/fbh123
- Boeing, W. J., & Duffy-Anderson, J. T. 2008. Ichthyoplankton dynamics and biodiversity in the Gulf of Alaska: Responses to environmental change. *Ecological Indicators*, 8(3), 292–302. DOI: 10.1016/j.ecolind.2007.03.002
- Borçato, F. L., Bazzoli, N., & Sato, Y. 2004. Embriogenesis and larval ontogeny of the “piau-gordura”, *Leporinus piau* (Fowler) (Pisces, Anostomidae) after induced spawning. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21(1), 117–122. DOI: 10.1590/S0101-81752004000100019

- Campos, P. N., De Castro, M. S., & Bonecker, A. C. T. 2010. Occurrence and distribution of Carangidae larvae (Teleostei, Perciformes) from the Southwest Atlantic Ocean, Brazil (12–23°S). *Journal of Applied Ichthyology*, 26(6), 920–924. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2010.01511.x
- Carassou, L., Mellin, C., & Ponton, D. 2009. Assessing the diversity and abundances of larvae and juveniles of coral reef fish: a synthesis of six sampling techniques. *Biodiversity and Conservation*, 18(2), 355–371. DOI: 10.1007/s10531-008-9492-3
- Carrillo, A., & McHenry, M. J. 2016. Zebrafish learn to forage in the dark. *Journal of Experimental Biology*, 219(4), 582–589. DOI: 10.1242/jeb.128918
- Chiappa-Carrara, X., Sanvicente-Añorve, L., Monreal-Gómez, A., & Salas De León, D. 2003. Ichthyoplankton distribution as an indicator of hydrodynamic conditions of a lagoon system in the Mexican Caribbean. *Journal of Plankton Research*, 25(7), 687–696. DOI: 10.1093/plankt/25.7.687
- China, V., & Holzman, R. 2014. Hydrodynamic starvation in first-feeding larval fishes. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(22), 8083–8088. DOI: 10.1073/pnas.1323205111
- Ciechomski, J. D. 1991. A review of investigations on early developmental stages and larval recruitment of marine fishes in South America. Larval fish recruitment and research in the Americas. NOAA Technical Report NMFS No. 95; p. 15. Washington: U.S. Department of Commerce. Disponível em <http://spo.nmfs.noaa.gov/tr95opt.pdf>
- Coombs, S. H. 1975. Continuous plankton records show fluctuations in larval fish abundance during 1948–72. *Nature*, 258(5531), 134–136. DOI: 10.1038/258134b0
- Cowen, R. K., Hare, J. A., & Fahay, M. P. 1993. Beyond hydrography: can physical processes explain larval fish assemblages within the Middle Atlantic bight? *Bulletin of Marine Science*, 53(2), 567–587.
- Cushing, D. H. 1969. The regularity of the spawning season of some fishes. *Journal du Conseil / Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 33(1), 81–92. DOI: 10.1093/icesjms/33.1.81
- Daga, V. S., Gogola, T. M., Sanches, P. V., Baumgartner, G., Baumgartner, D., Piana, P. A., Gubiani, E. A., & Delariva, R. L. 2009. Fish larvae assemblages in two floodplain lakes with different degrees of connection to the Parana River, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 7(3), 429–438. DOI: 10.1590/S1679-62252009000300010
- Davies, S. M., Sánchez-Velasco, L., Beier, E., Godínez, V. M., Barton, E. D., & Tamayo, A. 2015. Three-dimensional distribution of larval fish habitats in the shallow oxygen minimum zone in the eastern tropical Pacific Ocean off Mexico. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 101(3), 118–129. DOI: 10.1016/j.dsr.2015.04.003
- De Lima, A. C., & Araujo-Lima, C. A. R. M. 2004. The distributions of larval and juvenile fishes in Amazonian rivers of different nutrient status. *Freshwater Biology*, 49(6), 787–800. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2004.01228.x
- De Moya-Anegón, F., & Herrero-Solana, V. 1999. Science in America Latina: A comparison of bibliometric and scientific technical indicators. *Scientometrics*, 46(2), 299–320. DOI: 10.1007/BF02464780
- Dias, D. F., Pezzi, L. P., Gherardi, D. F. M., & Camargo, R. 2014. Modeling the spawning strategies and larval survival of the Brazilian sardine (*Sardinella brasiliensis*). *Progress in Oceanography*, 123(6), 38–53. DOI: 10.1016/j.pocean.2014.03.009
- Englund, G., & Evander, D. 1999. Interactions between sculpins, net-spinning caddis larvae and midge larvae. *Oikos*, 85(1), 117–126. DOI: 10.2307/3546797
- Fahay, M. P. (Ed.). 2007. Early stages of fishes in the western north Atlantic Ocean (Davis Strait, Southern Greenland and Flemish Cap to Cape Hatteras). Vol. 1: Acipenseriformes through Syngnathiformes. Nova Scotia: Northwest Atlantic Fisheries Organization: p. 931.
- Fisher, R., Leis, J. M., Clark, D. L., & Wilson, S. K. 2005. Critical swimming speeds of late-stage coral reef fish larvae: Variation within species, among species and between locations. *Marine Biology*, 147(5), 1201–1212. DOI: 10.1007/s00227-005-0001-x
- França, E. J., Severi, W., Castro, M. F., Medeiros, T. N., & El-Deir, A. C. A. 2007. Description of *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) (Atheriniformes: Atherinopsidae) larvae from the Jaguaribe River estuary, Itamaracá island, Northeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 5(3), 369–374. DOI: 10.1590/S1679-62252007000300016
- Freitas, D. M., & Muelbert, J. H. 2004. Ichthyoplankton distribution and abundance of Southeastern and Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(4), 601–612. DOI: 10.1590/S1516-89132004000400014
- Fuiman, L. A. 1994. The interplay of ontogeny and scaling in the interactions of fish larvae and their predators. *Journal of Fish Biology*, 45(sA), 55–79. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1994.tb01084.x
- Fuiman, L. A., & Werner, R. G. (Eds.). 2002. *Fishery Science: The unique contributions of early life stages*. Oxford: Wiley-Blackwell: p. 340.
- Funes-Rodríguez, R., Zárate-Villafranco, A., Hinojosa-Medina, A., González-Armas, R., & Hernández-Trujillo, S. 2011. Mesopelagic fish larval assemblages during El Niño-southern oscillation (1997–2001) in the southern part of the California Current. *Fisheries Oceanography*, 20(4), 329–346. DOI: 10.1111/j.1365-2419.2011.00587.x
- Garvey, J. E., & Stein, R. 1998. Competition between larval fishes in reservoirs: the role of relative timing of appearance. *Transactions of the American Fisheries Society*, 127(6), 1021–1039. DOI: 10.1577/1548-8659(1998)127<1021:CBLFIR>2.0.CO;2
- Genner, M. J., Halliday, N. C., Simpson, S. D., Southward, A. J., Hawkins, S. J., & Sims, D. W. 2010. Temperature-driven phenological changes within a marine larval fish assemblage. *Journal of Plankton Research*, 32(5), 699–708. DOI: 10.1093/plankt/fbp082
- Gibb, A. C., Swanson, B. O., Wesp, H., & Liu, C. 2006. Development of the Escape Response in Teleost Fishes: Do Ontogenetic Changes Enable Improved Performance? *Physiological and Biochemical Zoology*, 79(1), 7–19. DOI: 10.1086/498192
- Godinho, A. L., Lamas, I. R., & Godinho, H. P. 2010.

- Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 87(2), 143–162. DOI: 10.1007/s10641-009-9574-4
- Govoni, J. J. 2005. Fisheries oceanography and the ecology of early life histories of fishes: a perspective over fifty years. *Scientia Marina*, 69(s1), 125–137. DOI: 10.3989/scimar.2005.69s1125
- Greer, A. T., Woodson, C. B., Smith, C. E., Guigand, C. M., & Cowen, R. K. 2016. Examining mesozooplankton patch structure and its implications for trophic interactions in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research*, 38(4), 1115–1134. DOI: 10.1093/plankt/fbw033
- Hare, J. A., Thorrold, S., Walsh, H., Reiss, C., Valle-Levinson, A., & Jones, C. 2005. Biophysical mechanisms of larval fish ingress into Chesapeake Bay. *Marine Ecology Progress Series*, 303(4), 295–310. DOI: 10.3354/meps303295
- Hjort, J. (Ed.). 1914. Fluctuations in the Great Fisheries of Northern Europe, viewed in the light of biological research. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, vol. 20. Copenhagen: Andr. Fred. Høst & Fils: p. 228.
- Honji, R. M., Tolussi, C. E., Mello, P. H., Caneppele, D., & Moreira, R. G. 2012. Embryonic development and larval stages of *Steindachneridion parahybae* (Siluriformes: Pimelodidae): implications for the conservation and rearing of this endangered Neotropical species. *Neotropical Ichthyology*, 10(2), 313–327. DOI: 10.1590/S1679-62252012005000009
- Huebert, K. B., & Peck, M. A. 2014. A day in the life of fish larvae: modeling foraging and growth using quirks. *PLoS One*, 9(6), e98205. DOI: 10.1371/journal.pone.0098205
- Huss, M., Byström, P., & Persson, L. 2010. Effects of ontogenetic scaling on resource exploitation and cohort size distributions. *Oikos*, 119(2), 384–392. DOI: 10.1111/j.1600-0706.2009.17897.x
- James, M. K., Armsworth, P. R., Mason, L. B., & Bode, L. 2002. The structure of reef fish metapopulations: modelling larval dispersal and retention patterns. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1505), 2079–2086. DOI: 10.1098/rspb.2002.2128
- Leis, J. M., Wright, K. J., & Johnson, R. N. 2007. Behaviour that influences dispersal and connectivity in the small, young larvae of a reef fish. *Marine Biology*, 153(1), 103–117. DOI: 10.1007/s00227-007-0794-x
- Leis, J. M., Caselle, J. E., Bradbury, I. R., Kristiansen, T., Llopiz, J. K., Miller, M. J., O'Connor, M. I., Paris, C. B., Shanks, A. L., Sogard, S. M., Swearer, S. E., Treml, E. A., Vetter, R. D., & Warner, R. R. 2013. Does fish larval dispersal differ between high and low latitudes? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1759), 20130327. DOI: 10.1098/rspb.2013.0327
- Leis, J. M. 2015. Taxonomy and systematics of larval Indo-Pacific fishes: a review of progress since 1981. *Ichthyological Research*, 62(1), 9–28. DOI: 10.1007/s10228-014-0426-7
- Levin, L. A. 2006. Recent progress in understanding larval dispersal: new directions and digressions. *Integrative and Comparative Biology*, 46(3), 282–297. DOI: 10.1093/icb/iej024
- Lima, A. R. A., Barletta, M., & Costa, M. F. 2015. Seasonal distribution and interactions between plankton and microplastics in a tropical estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165(1), 213–225. DOI: 10.1016/j.ecss.2015.05.018
- Lowe-McConnell, R. H. (Ed.). 1999. *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*, São Paulo: EDUSP: p. 536.
- Macedo-Soares, L. C. P., Garcia, C. A. E., Freire, A. S., & Muelbert, J. H. 2014. Large-scale ichthyoplankton and water mass distribution along the South Brazil Shelf. *PLoS One*, 9(3), e91241. DOI: 10.1371/journal.pone.0091241
- Margulies, D., Suter, J. M., Hunt, S. L., Olson, R. J., Scholey, V. P., Wexler, J. B., & Nakazawa, A. 2007. Spawning and early development of captive yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Fishery Bulletin*, 105(2), 249–265.
- Matsuura, Y. 1977. A study of the life history of Brazilian sardine, *Sardinella brasiliensis*: IV. Distribution and abundance of sardine larvae. *Brazilian Journal of Oceanography*, 26(2), 219–247. DOI: 10.1590/S1679-87591977000200002
- Mayer, C. M., & Wahl, D. H. 1997. The relationship between prey selectivity and growth and survival in a larval fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(7), 1504–1512.
- Myers, R. A., & Worm, B. 2003. Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature*, 423(6937), 280–283. DOI: 10.1038/nature01610
- Miller, M. J., Bonhommeau, S., Munk, P., Castonguay, M., Hanel, R., & McCleave, J. D. 2015. A century of research on the larval distributions of the Atlantic eels: A re-examination of the data. *Biological Reviews*, 90(4), 1035–1064. DOI: 10.1111/brv.12144
- Minto, C., & Worm, B. 2012. Interactions between small pelagic fish and young cod across the North Atlantic. *Ecology*, 93(10), 2139–2154. DOI: 10.1890/10-2036.1
- Myksovoll, M. S., Erikstad, K. E., Barrett, R. T., Sandvik, H., & Vikebø, F. 2013. Climate-driven ichthyoplankton drift model predicts growth of top predator young. *PLoS One*, 8(11), e79225. DOI: 10.1371/journal.pone.0079225
- Myksovoll, M. S., Jung, K. M., Albretsen, J., & Sundby, S. 2014. Modelling dispersal of eggs and quantifying connectivity among Norwegian coastal cod subpopulations. *ICES Journal of Marine Science*, 71(4), 957–969. DOI: 10.1093/icesjms/fst022
- Montgomery, J. C., Jeffs, A., Simpson, S. D., Meekan, M., & Tindle, C. 2006. Sound as an orientation cue for the pelagic larvae of reef fishes and decapod crustaceans. *Advances in Marine Biology*, 51, 143–196. DOI: 10.1016/s0065-2881(06)51003-X
- Mugnaini, R., Jannuzzi, P. D. M., & Quoniam, L. 2004. Indicadores bibliométricos da produção científica brasileira: uma análise a partir da base Pascal. *Ciência da Informação*, 33(2), 123–131. DOI: 10.1590/S0100-19652004000200013
- Munday, P. L., Donelson, J. M., Dixson, D. L., & Endo, G. G. K. 2009. Effects of ocean acidification on the early life history of a tropical marine fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1671), 3275–3283. DOI: 10.1098/rspb.2009.0784

- Nakatani, K., Agostinho, A., Baumgartner, G., Bialetzki, A., Sanches, P. V., Makrakis, M. C., & Pavanelli, C. S. 2001. Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação. 1a ed. Maringá, PR: EDUEM/Nupélia: p. 378.
- Neal, J. W., Adelsberger, C. M., & Lochmann, S. E. 2012. A Comparison of Larval Fish Sampling Methods for Tropical Streams. *Marine and Coastal Fisheries*, 4(1), 23–29. DOI: 10.1080/19425120.2011.651521
- Nonaka, R. H., Matsuura, Y., & Suzuki, K. 2000. Seasonal variation in larval fish assemblages in relation to oceanographic conditions in the Abrolhos Bank region off eastern Brazil. *Fishery Bulletin*, 98(4), 767–784.
- Oliveira, E. C., & Ferreira, E. J. G. 2008. Spawning areas, dispersion and microhabitats of fish larvae in the Anavilhanas Ecological Station, Rio Negro, Amazonas state, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 6(4), 559–566. DOI: 10.1590/S1679-62252008000400003
- Paradis, A. R., Pepin, P., Brown, J. A. 1996. Vulnerability of fish eggs and larvae to predation: review of the influence of the relative size of prey and predator. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(6), 1226–1235. DOI: 10.1139/f96-051
- Pedersen, B. H. 1997. The cost of growth in young fish larvae, a review of new hypotheses. *Aquaculture*, 155(1–4), 259–269. DOI:10.1016/S0044-8486(97)00127-0
- Pereira, C. R., Barcellos, L. J. G., Kreutz, L. C., Quevedo, R. M., Ritter, F., & Silva, L. B. 2006. Embryonic and larval development of jundiá (*Rhamdia quelen* Quoy & Gaimard, 1824, Pisces, Teleostei) a South American catfish. *Brazilian Journal of Biology*, 66(4), 1057–1063.
- Pessanha, A. L. M., & Araújo, F. G. 2014. Shifts of the feeding niche along the size dimension of three juvenile fish species in a tidal mudflat in southeastern Brazil. *Marine Biology*, 161(3), 543–550. DOI: 10.1007/s00227-013-2356-8
- Reis, R. E., Kullander, S. O., & Ferraris, C. J. (Eds.). 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Porto Alegre: EDIPUCRS: p. 729.
- Reynalte-Tataje, D. A., Nakatani, K., Fernandes, R., Agostinho, A. A., & Bialetzki, A. 2011. Temporal distribution of ichthyoplankton in the Ivinhema River (Mato Grosso do Sul State/Brazil): Influence of environmental variables. *Neotropical Ichthyology*, 9(2), 427–436. DOI: 10.1590/S1679-62252011005000017
- Reynalte-Tataje, D. A., Agostinho, A. A., & Bialetzki, A. 2013. Temporal and spatial distributions of the fish larval assemblages of the Ivinhema River sub-basin (Brazil). *Environmental Biology of Fishes*, 96(7), 811–822. DOI: 10.1007/s10641-012-0073-7
- Richards, W. J. (Ed.). 2006. Early stages of Atlantic fishes: an identification guide for western central North Atlantic. Vol. I & II. Boca Raton: CRC Press: p. 2640.
- Richardson, D. E., Marancik, K. E., Guyon, J. R., Lutcavage, M. E., Galuardi, B., Lam, C. H., Walsha, H. J., Wildesc, S., Yates, D. A., & Hare, J. A. 2016. Discovery of a spawning ground reveals diverse migration strategies in Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(12), 3299–3304. DOI: 10.1073/pnas.1525636113
- Robert, D., Murphy, H. M., Jenkins, G. P., & Fortier, L. 2014. Poor taxonomical knowledge of larval fish prey preference is impeding our ability to assess the existence of a “critical period” driving year-class strength. *ICES Journal of Marine Science*, 71(8), 2042–2052. DOI: 10.1093/icesjms/fst198
- Russo, T., Costa, C., & Cataudella, S. 2007. Correspondence between shape and feeding habit changes throughout ontogeny of gilthead sea bream *Sparus aurata* L., 1758. *Journal of Fish Biology*, 71(3), 629–656. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2007.01528.x
- Rutkowski, T., Schwingel, P. R., Brilha, R. T., & Rodrigues-Ribeiro, M. 2011. Ichthyoplankton of Arvoredo Biological Marine Reserve, Santa Catarina, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 9(4), 905–915. DOI: 10.1590/S1679-62252011000400017
- Sanches, P. V., Nakatani, K., Bialetzki, A., Baumgartner, G., Gomes, L. C., & Luiz, E. A. 2006. Flow regulation by dams affecting ichthyoplankton: The case of the Porto Primavera Dam, Paraná River, Brazil. *River Research and Applications*, 22(5), 555–565. DOI: 10.1002/rra.922
- Schismenou, E., Giannoulaki, M., Valavanis, V. D., & Somarakis, S. 2008. Modeling and predicting potential spawning habitat of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and round sardinella (*Sardinella aurita*) based on satellite environmental information. *Hydrobiologia*, 612(1), 201–214. DOI: 10.1007/s10750-008-9502-1
- Severi, W. 1997. Ecologia do ictioplâncton no pantanal de Barão de Melgaço, bacia do rio Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. *Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos*. p. 264.
- Severi, W., Urach, B. F., & Castro, M. F. 2008. Occurrence of *Microdesmus bahianus* and *M. longipinnis* (Teleostei: Microdesmidae) larvae and juveniles in estuaries of the State of Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 3(4), 360–364.
- Schütz, J. H., Weingartner, M., Zaniboni-Filho, E., & Nuñez, A. P. O. 2008. Crescimento e sobrevivência de larvas de Suruvi *Steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. *Boletim do Instituto de Pesca*, 34(3), 443–451.
- Silva, A. C. G., Severi, W., & Castro, M. F. 2010. Morphological development of *Anchoviella vaillanti* (Steindachner, 1908) (Clupeiformes: Engraulidae) larvae and early juveniles. *Neotropical Ichthyology*, 8(4), 805–812. DOI: 10.1590/S1679-62252010000400009
- Silva-Falcão, E. C., Severi, W., & De Araújo, M. E. 2013. Spatial-temporal variation of *Achirus* larvae (Actinopterygii: Achiridae) in mangrove, beach and reef habitats in north-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 93(02), 381–388. DOI: 10.1017/S0025315411001706
- Simionato, C. G., Berasategui, A., Meccia, V. L., Acha, M., & Mianzan, H. 2008. Short time-scale wind forced variability in the Río de la Plata Estuary and its role on ichthyoplankton retention. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(2), 211–226. DOI: 10.1016/j.ecss.2007.07.031

- Sinclair, M., & Tremblay, M. J. 1984. Timing of spawning of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus*) populations and the match–mismatch theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(7), 1055–1065. DOI: 10.1139/f84-123
- Souza, C. D. 2013. The organization of knowledge: bibliometric study in database ISI Web of Knowledge. *Biblios*, 51, 20–32. DOI: 10.5195/biblios.2013.108
- Souza, R. C. R. 2013. Distribuição e composição do Ictioplâncton no reservatório de Três Marias, MG, Brasil. Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras. p. 131. Disponível em <http://repositorio.ufla.br/handle/1/764>
- Suzuki, F. M., & Pompeu, P. S. 2016. Influence of abiotic factors on ichthyoplankton occurrence in stretches with and without dams in the upper Grande River basin, south-eastern Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, 23(2), 99–108. DOI: 10.1111/fme.12159
- Staaterman, E., & Paris, C. B. 2014. Modeling larval fish navigation: the way forward. *ICES Journal of Marine Science*, 71(4), 918–924. DOI: 10.1093/icesjms/fst103
- Vollset, K. W., Seljeset, O., Fiksen, Ø., & Folkvord, A. 2009. A common garden experiment with larval Northeast Arctic and Norwegian coastal cod cohorts in replicated mesocosms. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(21-22), 1984–1991. DOI: 10.1016/j.dsr2.2008.11.009
- Wenger, A. S., Johansen, J. L., & Jones, G. P. 2011. Suspended sediment impairs habitat choice and chemosensory discrimination in two reef fishes. *Coral Reefs*, 30(4), 879–887. DOI: 10.1007/s00338-011-0773-z
- Winemiller, K. O. 1989. Patterns of variation in life history among south American fishes in seasonal environments. *Oecologia*, 81(2), 225–241. DOI: 10.1007/BF00379810

Submetido em 17/02/2016

Aceito em 17/08/2016