

O gradiente longitudinal (rio-barragem) do reservatório de Curuá-Una afeta a composição das assembleias de larvas de peixes?

Diego Maia Zacardi^{1*}, Maria Aparecida de Lima de Suzuki², Cleidevania Cardoso de Oliveira³, Lucas Silva de Oliveira⁴, Ruineris Almada Cajado⁵

¹ Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton e Pesca em Águas Interiores, Professor do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil. (*Autor correspondente: dmzacardi@hotmail.com)

² Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton e Pesca em Águas Interiores, Técnica do Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas, da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.

³ Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton e Pesca em Águas Interiores, Graduanda da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.

⁴ Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton e Pesca em Águas Interiores, Graduando da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.

⁵ Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton e Pesca em Águas Interiores, Graduando da Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 30/08/20 – Revisado em: 23/09/20 – Aceito em: 05/12/20

RESUMO

O estudo investiga a influência do gradiente rio-barragem na composição taxonômica e a abundância das larvas de peixes ao longo de um reservatório na bacia do rio Curuá-Una, Pará. As larvas de peixes foram capturadas por meio de uma rede de plâncton com malha de 300 µm acoplada com um fluxômetro, durante os meses de abril de 2016 a março de 2017 em 12 estações de coletas distribuídas entre as zonas fluvial (lótica), transição e lacustre (lêntico) à montante da barragem. Na ocasião, foram capturadas 3.864 larvas de peixes, classificadas em 27 espécies. *Microphilypnus tapajosensis* contribuiu com o maior número de indivíduos e ocorrência em todas as zonas e períodos amostrados, indicando ampla distribuição. Registrou-se uma perda de espécies e diminuição da densidade ao longo do gradiente longitudinal, o que apontou um impacto causado pelo barramento do rio e, conseqüentemente, afetou a ictiofauna local. No entanto, a captura de espécies de diferentes categorias ecológicas e reprodutivas, porém, com traços oportunistas, indica que o reservatório não alcançou sua resiliência suportada pela ausência de larvas de espécies migradoras de longa distância e de grande porte. Monitoramentos contínuos da biota e delimitação de áreas de desova e berçário, na região adjacente, são fundamentais para servirem como base de uma proposta de manejo e conservação dos recursos pesqueiros, podendo auxiliar na manutenção das relações ecológicas e no bom funcionamento do reservatório.

Palavras-Chaves: Peixes neotropicais, Desenvolvimento inicial, Variação longitudinal, Impacto ambiental, Barragem.

Does the composition of fish larvae assemblage affect by the longitudinal gradient (dam-river) of the Curuá-Una reservoir?

ABSTRACT

This study investigates the influence of the river - dam gradient on the taxonomic composition and abundance of fish larvae along a reservoir in the Curuá-Una river basin, Pará. The fish larvae were captured using a plankton net with a 300 µm mesh coupled with a flow meter, during the months of April 2016 to March 2017 in 12 collection stations distributed among the fluvial (lotic), transition and lacustrine (lentic) zones upstream of the dam. In that occasion, 3,864 fish larvae were captured, classified into 27 species. *Microphilypnus tapajosensis* contributed with the largest number of individuals, occurring in all zones and sampled periods, indicating a wide distribution. It recorded a species loss and a decrease in density along the longitudinal gradient, indicating that the impact caused by the river dam affected the local ichthyofauna. However, the capture of species from different ecological and reproductive categories, but with opportunistic features, indicates that the reservoir has not reached its resilience supported by the absence of larvae of long-distance and large migratory species. Continuous monitoring of the biota and the delimitation of spawning and nursery areas in the adjacent region are essential to serve as the basis for a proposal for the management and conservation of fisheries resources in the region, which can assist in the maintenance of ecological relations and the smooth functioning of the reservoir.

Keywords: Neotropical fish, Initial development, Longitudinal variation, Environmental impact, Dam.

Zacardi, D. M., Suzuki, M. A. L., Oliveira, C. C., Oliveira, L. S., Cajado, R. A. (2021). O gradiente longitudinal (rio-barragem) do reservatório de Curuá-Una afeta a composição das assembleias de larvas de peixes? **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.9, n.1, p.99-112.



1. Introdução

Atualmente, no Brasil, existem mais de 1.300 usinas hidrelétricas que produzem mais de 60% de toda a energia elétrica do país e estão distribuídas nas principais bacias hidrográficas brasileira (Agostinho et al., 2016; Aneel, 2020). A implantação desses empreendimentos é caracterizada pela formação de imensos reservatórios e acarretam uma série de alterações nas condições físico-químicas da água, no fluxo de correntes, no regime de cheias e, conseqüentemente, geram a destruição e modificação de habitats, com influência direta no ciclo de vida de muitos organismos (Araújo et al., 2013; Dević, 2015; Fearnside, 2019). Tais modificações da paisagem natural ocasionam, ainda, mudanças nos padrões e/ou perda de heterogeneidade biótica (Ziober; Zanirato, 2014; Anderson, Jenkins & Heilpern, 2018).

As barragens e os reservatórios representam grande impacto na comunidade de peixes que permanece à montante do barramento. Essa comunidade é submetida a uma reestruturação ambiental, sofrendo drásticas alterações na composição e abundância das espécies (Loures; Pompeu, 2012; Agostinho et al., 2016; Pelicice, Pompeu & Agostinho, 2015; Schorka; Zaniboni-Filho, 2017; Van Damme et al., 2019). Além disso, sofrem delimitação no período e no sucesso reprodutivo em função das modificações estruturais do ambiente (Orsi; Britton, 2014; Macnaughton et al., 2015; De Fex-Wolf, López-Casas & Jiménez-Segura, 2019).

O ciclo de vida da ictiofauna amazônica está estreitamente relacionado a fatores ambientais, como o ciclo anual de chuvas e a flutuação do nível d'água, os quais atuam não apenas na sobrevivência dos organismos, mas como estímulo ao início do processo reprodutivo (Espírito-Santo, Rodriguez & Zuanon, 2013; Röpke et al., 2019; Zacardi et al., 2020; Cajado et al., 2020). Desse modo, as ações antrópicas de escala local e regional, como a construção de hidrelétricas localizadas em diversos trechos da bacia amazônica, têm sido determinantes em colocar em risco e ameaçar as mais variadas espécies de peixes presentes, além de limitar o potencial de produção (Lima, Kaplan & Doria, 2017b; Timpe; Kaplan, 2017; Santos et al., 2018; 2020b).

Os peixes de água doce dependem diretamente das variáveis limnológicas e condições ambientais favoráveis para sua sobrevivência e desenvolvimento (Gilligan; Schiller, 2003; Suzuki et al., 2009). Essas informações referentes à dispersão, aos padrões de composição, à abundância e à distribuição do ictioplâncton nos ambientes de reservatórios ainda são pouco conhecidas na Amazônia, com apenas um trabalho desenvolvido por Bittencourt et al. (2018) no reservatório da UHE de Tucuruí até o momento.

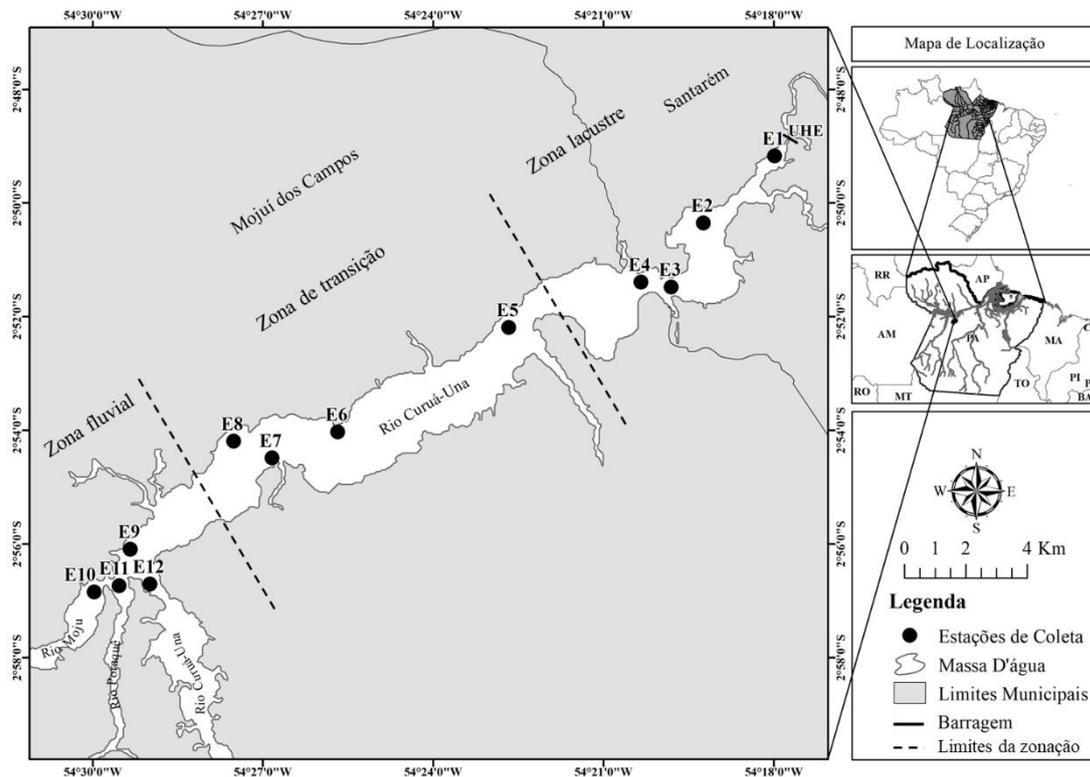
Nesse contexto, o trabalho buscou registrar a composição da assembleia de larvas de peixes no reservatório da Usina Hidrelétrica Silvio Braga na bacia do rio Curuá-Una, Pará. Especificamente teve como objetivos: (I) determinar a variação na composição taxonômica e abundância entre as diferentes zonas do reservatório (fluvial, transição e lacustre); (II) avaliar a distribuição longitudinal das larvas de peixes ao longo do eixo rio-barragem (III) e analisar os níveis de similaridade na composição entre as zonas do reservatório. Essas informações fornecem maior entendimento acerca do comportamento das espécies nesse tipo de ecossistema e ampliam o conhecimento sobre os padrões da biodiversidade das larvas de peixes em reservatórios tropicais.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado à montante do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) Silvio Braga (2° 24'52"S; 54°17'30"W), construída sobre o rio Curuá-Una e seus afluentes rios Moju e Poraquê (Figura 1), localizada a cerca de 70 km ao sul da cidade de Santarém, no estado do Pará. O clima da região é quente e úmido, típico das florestas tropicais, sem grandes variações significativas de temperatura, constituindo uma média anual com variações entre 25 a 29 °C (Oliveira et al., 2020).

Figura 1 - Localização da área de estudo, com destaque para as estações de coleta georreferenciadas sobre o reservatório do rio Curuá-Una por ocasião da Usina Hidrelétrica (UHE) Silvio Braga, estado do Pará.



Fonte: Autores

A usina foi inaugurada em 1977, atualmente com 43 anos, sua capacidade de produção de energia é de 30,3 MW. O reservatório apresenta uma área alagada de 102 km² de extensão, profundidade média de 5,85 m, volume de 472 x 10⁶m³, vazão mínima de 45 m³/s e máxima de 640 m³/s e o represamento estende-se cerca de 80 km acima da barragem. A largura máxima da represa é de aproximadamente 3 km, com profundidade superior a 15 metros próximo à barragem (OGH, 2015; Santos et al., 2019). Existe uma heterogeneidade quanto à ocupação das margens e ao uso do reservatório - o qual é utilizado para pesca, abastecimento e geração de energia (Jati; Silva, 2017) -, associada às inúmeras comunidades tradicionais e ao ambiente rural (agricultura, pecuária, assentamentos e propriedades rurais).

Uma característica significativa dos reservatórios é a existência de gradientes longitudinais (rio-barragem), transversais (montante-jusante nos afluentes) e verticais (superfície/fundo). Esses gradientes apresentam variações temporais que dependem do fluxo de água para o reservatório e das diferenças de nível que ocorrem durante as diversas épocas do ano (Oliveira, Goulart & Minte-Vera, 2003; Pompêo et al., 2015).

De acordo com Thorton (1990), ao longo do gradiente horizontal em direção à barragem (longitudinal), pode-se considerar três compartimentos com características físicas, químicas e biológicas distintas: a zona fluvial, de transição e lacustre. A fluvial é relativamente estreita, bem misturada (fluxo de correntes), e as forças advectivas auxiliam no transporte de significativas quantidades de fino material particulado, como silte e argila. A penetração da luz também é reduzida e geralmente limita os produtores primários. Sendo rasa e bem misturada, essa zona apresenta-se mais bem oxigenada, embora a degradação de compostos orgânicos alóctones represente significativa demanda de oxigênio. Na transição, há aumento da sedimentação com

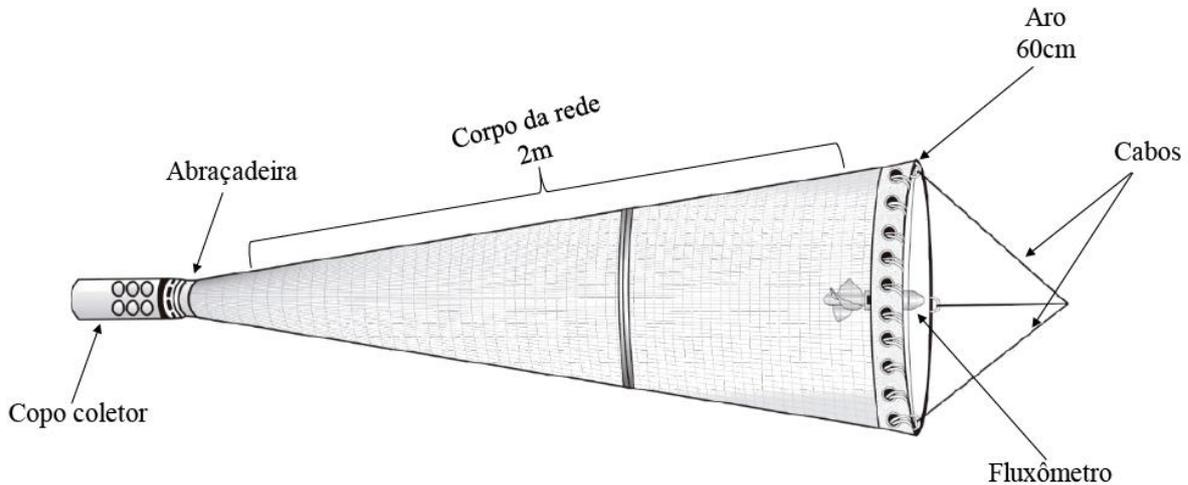
subsequente elevação da penetração da luz, por isso, é considerada a porção de maior produtividade primária. A lacustre apresenta funcionamento semelhante aos lagos, com baixa sedimentação de partículas inorgânicas e suficiente penetração da luz, mas menor produtividade primária, quando comparada com a zona de transição. Esse gradiente limnológico e ambiental foi confirmado ao longo do reservatório de Curuá-Una por Santos et al. (2019), com influência na variação local atribuída também à paisagem e à interferência humana (uso do solo).

2.2 Coleta de dados

As coletas foram realizadas mensalmente de abril de 2016 a março de 2017 em 12 estações de coleta com ciclos de amostragem em regime diurno e noturno. A área do reservatório foi dividida em três zonas distintas: fluvial, transição e lacustre, considerando o gradiente longitudinal com zoneamentos que apresentam mudanças progressivas na profundidade, largura e na velocidade dos fluxos entre outras (Thornton, 1990; Straškraba; Tundisi, 2000).

A amostragem do material biológico foi realizada com o auxílio de rede de plâncton cônica, de boca circular com 60 cm de diâmetro, 2 m de comprimento, constituída de malha de 300 μm e fluxômetro mecânico acoplado e posicionado na abertura da rede para o registro do volume de água filtrada (Figura 2), durante arrastos horizontais na subsuperfície da coluna d'água por aproximadamente 5 minutos, com apoio de embarcação local.

Figura 2 - Desenho esquemático da rede de plâncton cônica e da posição do fluxômetro na rede utilizada nas amostragens de ictioplâncton, ao longo do reservatório de Curuá-Una, estado do Pará, no período de abril/2016 a março/2017.



Fonte: Autores

Após cada arrasto, o material biológico foi submetido à benzocaína (250 mg/L) e fixado a bordo com solução formalina a 10%, acondicionado em potes de polietileno de 500 ml devidamente etiquetado e transportado para análise em laboratório. O esforço de coleta totalizou 288 amostras ao final do estudo (12 meses x 12 estações x 2 turnos de amostragem por estação).

2.3 Procedimento de laboratório

No laboratório, as amostras foram triadas sob microscópio estereoscópico. Posteriormente as larvas foram quantificadas e identificadas ao menor nível taxonômico possível. As identificações foram baseadas na técnica de sequência regressiva de desenvolvimento, conforme preconizado por Ahlstrom e Moser (1976). Esse método consiste na identificação a partir de uma sequência de indivíduos em diferentes estágios desde larvas em estágios mais avançados até larvas recém-eclodidas, tendo como base características morfológicas, merísticas e morfométricas, utilizando-se bibliografias especializadas como Araújo-Lima e Donald (1988) e Nakatani et al. (2001).

As larvas consideradas não identificadas corresponderam a indivíduos com estruturas danificadas e/ou estágio muito inicial de desenvolvimento. O enquadramento taxonômico foi baseado em Betancur-R et al. (2017), e a estratégia reprodutiva das espécies (migradores e não migradores) de acordo com as informações dos indivíduos adultos (Barthem; Fabré, 2004; Granado-Lourencio, Araújo-Lima & Lobón-Cerviá, 2005; Soares et al., 2008; Goulding et al., 2019). Espécimes-testemunhos foram depositados no Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton e Pesca em Águas Interiores - Leipai, da Universidade Federal do Oeste do Pará - Ufopa para constituir uma coleção de referência.

2.4 Análise de dados

A comunidade de larvas de peixes foi avaliada em termos qualitativos e quantitativos, com descritores que levam em consideração apenas número de espécies (riqueza) e dados de abundância (participação relativa e densidade média). O número de larvas dos táxons identificados em cada estação de amostragem foi convertido para densidade de larvas por 10m³ mediante o volume de água filtrada, como proposto por Nakatani et al. (2001).

O índice de similaridade de Jaccard foi calculado para identificar as relações entre as zonas estudadas com base nos dados de incidência (presença/ausência) na composição de espécies (Colwell, 2009), auxiliando a identificação do padrão de distribuição da ictiocenose ao longo do gradiente longitudinal.

Para análise de ordenamento direto foi utilizada a densidade média das espécies migradoras mais representativas na área de estudo (*Leporinus fasciatus*, *Schizodon fasciatus*, *Curimata cyprinoides* e *Hemiodus* spp.), agrupadas por zonas (fluvial, transição e lacustre). A análise foi efetivada por meio do pacote *vegan* do *software* R (R Development Core Team, 2018).

3. Resultados e Discussão

Foram capturadas 3.864 larvas de peixes, classificadas em oito ordens e 26 espécies, com presença de peixes migradores e não migradores. Apenas 1,66% das larvas não puderam ser identificadas, pois encontravam-se em estágio muito inicial de desenvolvimento ou estavam danificadas. O padrão de abundância de larvas no ambiente foi dominado por um baixo número de indivíduos, com exceção de *Microphilypnus tapajosensis* Caires, 2013 que exibiu elevado número de espécimes representando 90% (N= 3.471) dos indivíduos capturados. Larvas de Pimelodidae, *M. tapajosensis*, *Iguanodectes spirulus*, *Hemiodus argenteus*, *Serrasalmus rhombeus* e *Tatia* sp. apresentaram ampla distribuição com ocorrência nas três seções de amostragens ao longo do gradiente longitudinal (Tabela 1), evidenciando maior uniformidade com fornecimento de condições ambientais favoráveis ao sucesso no desempenho da estratégia reprodutiva destas espécies.

Tabela 1 - Lista taxonômica, número total, densidade e ocorrência das larvas de peixes ao longo do gradiente longitudinal no reservatório de Curuá-Una, estado do Pará, entre os meses de abril/2016 a março/2017.

Táxons	N	D	Zonação		
			Fluvial	Transição	Lacustre
CHARACIFORMES*	47	0,87	X	X	X
Pimelodidae**	5	0,09	X	X	X
<i>Microphilypnus tapajosensis</i> Caires, 2013	3.471	114,5	X	X	X
<i>Iguanodectes spirulus</i> (Günther, 1864)	24	0,49	X	X	X
<i>Hemiodus argenteus</i> Pellegrin, 1909	18	0,40	X	X	X
<i>Serrasalmus rhombeus</i> (Linnaeus, 1766)	8	0,18	X	X	X
<i>Tatia</i> sp.	5	0,10	X	X	X
<i>Anodus elongatus</i> Agassiz, 1829	21	0,32	X	-	X
<i>Rhytiodus microlepis</i> Kner, 1858	5	0,10	X	-	X
<i>Trachelyopterus galeatus</i> (Linnaeus, 1766)	4	0,07	X	-	X
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	3	0,08	X	-	X
<i>Schizodon fasciatus</i> Spix & Agassiz, 1829	98	3,68	X	X	-
<i>Leporinus fasciatus</i> (Bloch, 1794)	18	0,36	X	X	-
<i>Curimata cyprinoides</i> (Linn, 1758)	18	0,34	X	X	-
<i>Hemiodus immaculatus</i> Kner, 1858	16	1,34	X	X	-
<i>Auchenipterus nuchalis</i> (Spix & Agassiz, 1829)	9	0,15	X	X	-
<i>Moenkhausia celibela</i> Marinho & Langeani, 2010	9	0,16	X	X	-
<i>Synbranchus marmoratus</i> (Bloch, 1975)	4	0,10	X	X	-
<i>Eigenmannia virescens</i>	3	0,04	X	X	-
<i>Laemolyta</i> cf. <i>taeniata</i> (Kner, 1858)	2	0,02	X	X	-
<i>Crenicichla</i> cf. <i>strigata</i> Günther, 1862	2	0,02	X	X	-
<i>Curimatella alburna</i> (Müller and Troschel, 1844)	1	0,02	X	-	-
<i>Acestrorhynchus microlepis</i> (Jardine, 1841)	1	0,02	X	-	-
<i>Myleus</i> sp.	1	0,02	X	-	-
<i>Hemiodus unimaculatus</i> (Bloch, 1794)	2	0,04	-	X	-
<i>Lycengraulis batesii</i> (Günther, 1868)	1	0,02	-	X	-
<i>Hypoclinemus mentalis</i> (Günther, 1862)	1	0,01	-	X	-
<i>Pimelodus ornatus</i> Kner, 1858	2	0,03	-	-	X
<i>Triportheus</i> cf. <i>pictus</i> (Garman, 1890)	1	0,01	-	-	X
Larvas não identificadas	64	1,98	X	X	X
Total	3.864	-	X	X	X

*Especímenes identificados somente a nível de ordem, **especímenes identificados somente a nível de família; N= número total de indivíduos, D= densidade média de larvas (larvas/10m³) e X= presença de indivíduos.

A assembleia de larvas de peixes no reservatório foi composta principalmente por indivíduos de pequeno e médio porte que realizam migrações reprodutivas de curtas distâncias, sedentários, oportunistas e/ou capazes de concluir seu ciclo de vida em ambientes lênticos, na qual pequenos eleotrídeos, caracídeos, anostomídeos, curimatídeos e hemiodontídeos foram os mais representativos. Padrões semelhantes foram observados em

outros reservatórios brasileiros (Kipper, Bialetzki & Santin, 2011; Cella-Ribeiro et al., 2017; Schork; Zaniboni-Filho, 2017; Oliveira et al., 2018).

A predominância de larvas de *M. tapajosensis* em todas as zonas mostra que a espécie possui várias estratégias de sobrevivência, adapta-se aos mais diversos ambientes e aparentemente não exibe um padrão claro de distribuição de larvas, sendo capturadas durante todo ano. Os dados corroboram os resultados de Oliveira et al. (2020) que registraram, na área de estudo, representantes em todos os estágios larvais e juvenis e classificaram a espécie como de pequeno porte, forrageira, oportunista, com atividade reprodutiva ininterrupta. Essas informações permitem afirmar que o reservatório possui condições ideais para o crescimento e desenvolvimento desses indivíduos, como um ambiente propício para a manutenção e renovação da espécie.

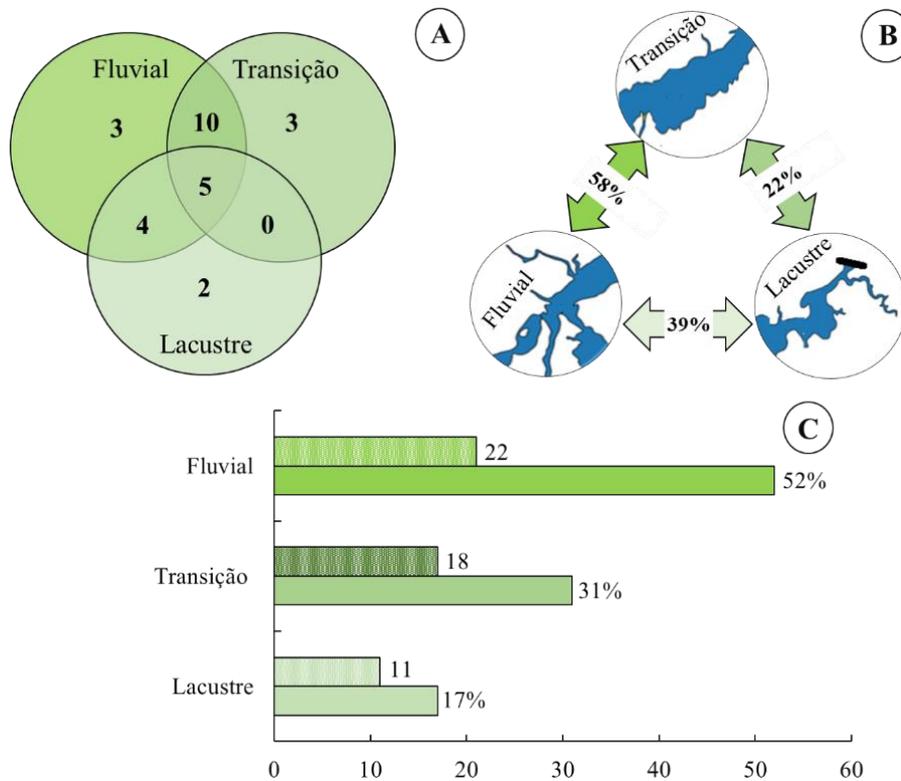
O estabelecimento de um ambiente lântico e pouco profundo de um reservatório acaba por favorecer o aumento de macrófitas aquáticas largamente utilizadas como locais de forrageamento. Esses microhabitats oferecem vantagens aos Characiformes de pequeno porte e desfavorecimento para outros grupos de espécies de peixes, conforme constatado por Agostinho et al. (2016) e Bittencourt et al. (2018).

Estudos ictiofaunísticos pretéritos com peixes adultos mostraram que em termos de composição foram encontradas cerca de 62 a 64 espécies de peixes na região à montante do reservatório de Curuá-Una (Junk et al., 1981; Vieira, 2000). Porém, o presente trabalho inventariou larvas de aproximadamente 40% (26) dessa riqueza catalogada, sem registro nenhum de espécies migradoras de longas distâncias. Dessa forma, é possível inferir que essas espécies apresentam abundância muito reduzida ou já estão ausentes na área represada. Isto sinaliza o impedimento no acesso à montante do rio Curuá-Una, devido à presença da barreira física, influenciando negativamente a dinâmica migratória. Esses impactos refletem no empobrecimento e na perda permanente da biodiversidade local, com consequências negativas para a ictiofauna, a atividade pesqueira e o funcionamento ecológico desse ecossistema aquático.

Os táxons não apresentaram uniformidade proporcional quanto ao número de espécimes capturados, com padrão de variação da abundância modulada pela distribuição por zonação longitudinal. A ordem Gobiiformes contribuiu com 51% na zona fluvial, 31% na transição e 18% na lacustre, seguido pela ordem dos Characiformes com 7,61% (N= 294) das capturas e participaram com 70,55% na zona fluvial, 27,10% na transição e 2,35% na lacustre, Siluriformes com 0,64% (N=25), sendo 44% na fluvial, 36% na transição e 20% na lacustre. As ordens Cichliformes, Clupeiformes, Gymnotiformes, Pleuronectiformes e Symbranchiformes não tiveram registro de larvas na zona lacustre, exibindo maior participação na zona de transição (73%) seguida pela fluvial (27%).

As larvas da ordem Characiformes como *C. alburnas*, *A. microlepis* e *Myleus* sp. representaram as únicas espécies capturadas apenas na zona fluvial, enquanto *H. unimaculatus*, *L. batesii* e *H. mentalis* perfizeram as espécies coletadas exclusivamente na zona de transição e *P. ornatus* e *T. pictus* foram restritas à zona lacustre. A interseção entre as zonas fluvial e transição compartilhou a maior quantidade de espécies na área de estudo (Figura 2A) e conseqüentemente a maior similaridade (58%) na composição (Figura 3B). Os dados de riqueza e abundância confirmam a existência de um gradiente longitudinal, com os maiores valores registrados na zona fluvial, seguido pela zona de transição e lacustre (Figura 3C).

Figura 3 - A - Diagrama de Venn ilustrando a participação do número de espécies encontradas ao longo do gradiente longitudinal do reservatório e o número de espécies comuns entre as três zonas. **B** - Similaridade (índice de Jaccard) da composição das espécies entre as zonas e **C** - Riqueza de espécies e participação relativa (%) de larvas capturadas nas zonas fluvial, transição e lacustre do reservatório de Curuá-Una, estado do Pará, no período de abril/2016 a março/2017.



Fonte: Autores

Os resultados indicam que algumas espécies estão utilizando as áreas à montante do reservatório como sítios reprodutivos ou os tributários adjacentes, apropriados para este fim e, que suas larvas derivam rio abaixo em busca de lugares adequados ao seu desenvolvimento. Comportamento e realidade bem conhecida por espécies com guildas reprodutivas do tipo migradoras, que necessitam de trechos lóticos e íntegros de rios para completar seu ciclo de vida (Lima et al., 2017a; Pinto, Doria & Marques, 2019), caso contrário, compromete-se o futuro recrutamento biológico dessas espécies para a população adulta. Desta maneira, a dinâmica das larvas encontradas para o reservatório de Curuá-Una contribui para manutenção das populações das espécies.

As diversas transformações hidrolimnológicas sofridas por um sistema fluvial ao ser barrado e represado acaba por determinar a fauna de peixes que colonizará este ambiente. Geralmente são aquelas capazes de completar seu ciclo de vida no próprio reservatório ou em corpos d'água adjacentes e a ele conectado (Araújo et al., 2013; Bittencourt et al., 2018).

Entretanto, outros fatores regionais resultantes de atividades antropogênicas como o uso e manejo indevido do solo podem estar influenciando negativamente os estoques das espécies de peixes na região. Entre essas, destaca-se a degradação da vegetação ripária, as queimadas frequentes e a incorporação de áreas marginais ao sistema agropecuário (Aguiar, Peleja & Sousa, 2014; Aguiar et al., 2015; Jati; Silva, 2017; Santos, Zarzar & Sousa, 2018).

As larvas dos peixes não-migradores representaram 93% e de migradores de curtas distâncias apenas

7% do total capturado. Entretanto, registrou-se um equilíbrio quanto à riqueza entre os representantes de cada estratégia reprodutiva, com contribuição de 14 espécies entre o grupo de não migradores, com hábitos mais sedentários, desova múltiplas e com algum tipo de cuidado parental e 13 representantes para o grupo com fecundação externa, sem cuidado parental e que realizam curtas e médias migrações reprodutivas (Figura 4).

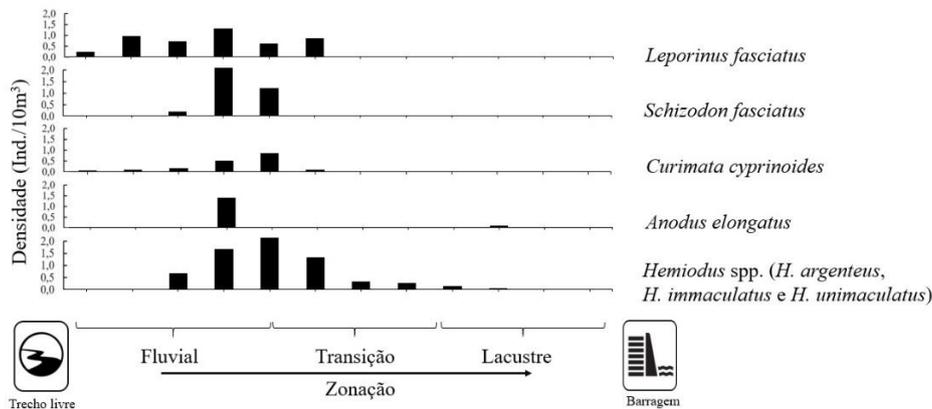
Figura 4 - Estratégia reprodutiva das espécies de larvas de peixes capturadas ao longo do reservatório de Curuá-Una, estado do Pará, entre os meses de abril/2016 a março/2017. O símbolo + indica a abundância nas capturas.

Não migradoras (N=14)	Migradoras (N=13)
<ul style="list-style-type: none"> • <i>M. tapajosensis</i> +++++ • <i>I. spirulus</i> ++ • <i>S. rhombeus</i> ++ • <i>Tatia</i> sp. • <i>T. galeatus</i> • <i>H. malabaricus</i> • <i>A. nuchalis</i> + • <i>M. celibela</i> + • <i>E. virescens</i> • <i>C. cf. strigata</i> • <i>A. microlepis</i> • <i>L. batesii</i> • <i>H. mentalis</i> • <i>S. marmoratus</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>H. argenteus</i> ++ • <i>A. elongatus</i> ++ • <i>R. microlepis</i> • <i>S. fasciatus</i> +++ • <i>L. fasciatus</i> ++ • <i>C. cyprinoides</i> ++ • <i>H. immaculatus</i> ++ • <i>L. cf. taeniata</i> • <i>C. alburna</i> • <i>Myleus</i> sp. • <i>H. unimaculatus</i> • <i>P. ornatus</i> • <i>T. cf. pictus</i>

Fonte: Autores

As maiores densidades de larvas de peixes migradores foram encontradas na zona fluvial, próximo à foz dos tributários Moju e Poraquê, e posteriormente na zona da transição (Figura 5). Larvas das espécies migradoras mais comumente encontradas foram de *L. fasciatus* e *Hemiodus* spp. Já as mais restritas localmente foram as larvas de *A. elongatus* e *S. fasciatus*. A baixa captura de larvas de indivíduos migradores na zona lacustre reflete a falha no recrutamento ao longo do gradiente rio-barragem, decorrente do represamento. Além de indicar maior grau de dependência entre o sucesso reprodutivo dos migradores com os trechos livres dos tributários.

Figura 5 - Ordenação direta da densidade de larvas de peixes migradores nos pontos amostrados com relação ao gradiente longitudinal da zona fluvial a lacustre, ao longo do reservatório de Curuá-Una, estado do Pará entre os meses de abril/2016 a março/2017.



Fonte: Autores

Essa variação espacial é reflexo da heterogeneidade longitudinal influenciada pelo gradiente rio-barragem, pois, quanto mais distante do barramento do rio, maiores são os índices ecológicos (riqueza e abundância). Espécies que não se adaptaram ao ambiente completamente lacustre, geralmente contínuas por indivíduos migradores de curtas ou médias distâncias, colonizaram as regiões mais próximas dos trechos lóticos, com características fluviais. Tal fato evidencia a mudança no sentido longitudinal da composição da assembleia de larvas de peixes (Terra, Santos & Araújo, 2010; Kipper, Bialetzki & Santin, 2011). Essa compreensão dos padrões na distribuição das espécies e suas relações com o ambiente aquático é importante, principalmente quando ocorre um desequilíbrio natural devido às ações antrópicas (Santos et al., 2020a), como é o caso do reservatório de Curuá-Una.

4. Conclusão

A composição das assembleias de larvas de peixes no reservatório de Curuá-Una, que já possui mais de 40 anos de atividade, foi constituída majoritariamente por espécies autóctones de pequeno e médio porte, sedentárias, oportunistas e migradoras de curta distâncias. A diminuição de riqueza e número de indivíduos em direção ao barramento do rio demonstra que a heterogeneidade espacial - gradiente longitudinal (rio-barragem) - influencia na estrutura, composição e distribuição das larvas ao longo do reservatório. A ausência de larvas de espécies migradoras de longas distâncias e de grande porte indica um possível desequilíbrio ambiental e ecológico em decorrência da implantação da barragem, colocando em vulnerabilidade a biota, os processos de sucessão naturais, a atividade pesqueira e o desempenho do ecossistema aquático.

A zona fluvial demonstrou ser a mais favorável ao desenvolvimento das larvas de espécies migradoras de curta distância devido a esta área apresentar características de ambientes lóticos bem estruturados. Essa condição expõe a fundamental contribuição dos trechos livres para a manutenção e conservação da ictiodiversidade no reservatório de Curuá-Una. Além disso, constatou-se que o gradiente longitudinal do reservatório afeta a abundância e a composição das assembleias de larvas de peixes. Portanto, é imprescindível o monitoramento contínuo e estudos específicos para prever uma avaliação permanente do ecossistema, controlar as possíveis alterações pelo aumento da ação antrópica no reservatório, assim como a efetivação de ações de gestão e planos de manejo sustentável para minimização de maiores impactos ambientais.

5. Agradecimentos

Aos professores Dr. Frank Raynner Vasconcelos Ribeiro e Me. André Luiz Colares Canto (Coleção Ictiológica - Universidade Federal do Oeste do Pará), pelo auxílio na identificação de alguns grupos de peixes, aos diretores da Usina Hidrelétrica Silvio Braga, pelo apoio logístico nas campanhas de coleta.

6. Referências

- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., Santos, N. C. L., Ortega, J. C. G., & Pelicice, F. M. (2016). Fish assemblages in Neotropical reservoirs: Colonization patterns, impacts and management. **Fisheries Research**, 173(1), 26-36.
- Aguiar, C. P. O., Peleja, J. R. P., & Sousa, K. N. S. (2014). Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, 38 (6), 983-992.
- Aguiar, C. P. O., Peleja, J. R. P., Sousa, K. N. S., Goch, Y. G. F., & Guimarães, A. S. (2015). Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 20(4), 1093-1102.

- Ahlstrom, E. H., & Moser, H. G. (1976). Eggs and larvae offishes and their role in systematic investigations and in fisheries. **Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritime**, 40(3), 379-398.
- Anderson, E. S., Jenkins, C., & Heilpern, S. (2018). Fragmentation of Andes-to-Amazon connectivity by hydropower dams. **Science Advances**, 4(1), eaao1642.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Banco de Informações de Geração. 2020. Disponível em: <<https://2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em 22 jul. 2020.
- Araújo, E. S., Marques, E. E., Freitas, I. S., Neuberger, A. L., Fernandes, R., & Pelicice, F. M. (2013). Changes in distance decay relationships after river regulation: similarity among fish assemblages in a large Amazonian river. **Ecology of Freshwater Fish**, 22(4), 543-552.
- Araújo-lima, C. A. R. M., & Donald, E. (1988). Número de vértebras de Characiformes do rio Amazonas e seu uso na identificação de larvas do grupo. **Acta Amazonica**, 18(2), 351-358.
- Barthem, R. B., & Fabré, N.N. (2004). Biologia e diversidade dos recursos pesqueiros da Amazônia. In: Ruffino, M. L. (ed.). **A pesca e os recursos pesqueiros na Amazônia** (pp.17-51). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais/ProVárzea.
- Bentacur-R, R., Wiley, E. O., Arratia, G., Acero, A., Bailly, N., Miya, M., Lecointre, G., & Ortí, G. (2017). Phelogenetic classification of bony fishes. **BMC Evoluntary Biology**, 17, 162-192.
- Bittencourt, S. C. S.; Silva, A. L.; Zacardi, D. M.; Monteiro, T., & Nakayama, L. (2018). Distribuição espacial de larvas de peixes em um reservatório tropical na bacia Araguaia-Tocantins. **Biota Amazônia**, 8(1), p. 14-18.
- Cajado, R. A., Oliveira, L. S., Suzuki, M. A. L., & Zacardi, D. M. (2020). Spatial diversity of ichthyoplankton in the lower stretch of the Amazon River, Pará, Brazil. **Acta Ichthyologica et Piscatoria**, 50(2), 127-137.
- Cella-Ribeiro, A., Doria, C. R. C., Dutka-Gianelli, J., Alves, H., & Torrente-Vilara, G. (2017). Temporal fish community responses to two cascade run-of-river dams in the Madeira River, Amazon basin. **Ecohydrology**, 10(8), e1889.
- Colwell, R. K. (2009). **EstimateS**: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 8. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. Acesso em: 11/05/2020.
- De Fex-Wolf, D., López-Casas, S., & Jiménez-Segura, L. F. (2019). Hydropower effects on *Prochilodus magdalenae* (Prochilodontidae) reproduction: evidence from endocrine response. **Revista MVZ Cordoba**, 24(2), 7180-7187.
- Dević, G. (2015). Environmental Impacts of Reservoirs. In: Armon R. H., Hänninen, O. (Eds.). **Environmental Indicators** (pp. 561-575), Springer Science: Business Media Dordrecht.
- Espírito-Santo, H. M. V., Rodriguez, M. A., & Zuanon, J. (2013). Reproductive strategies of Amazonian stream fishes and their fine-scale use of habitat are ordered along a hydrological gradient. **Freshwater Biology**, 58(12), 2494-2504.
- Fearnside, P. M. Os impactos socioambientais das barragens amazônicas brasileiras. In: Weiss, J. (Ed.). **Movimentos Socioambientais: Lutas - Avanços - Conquistas - Retrocessos - Esperanças**. Xapuri socioambiental, 2019, p. 259-289.

- Gilligan, D. M., & Schiller, C. (2003). Downstream transport of larval and juvenile fish in the Murray River. **NSW Fisheries Office of Conservation**, 50(1), e66.
- Goulding, M., Venticinque, E., Ribeiro, M. L. D. B., Barthem, R. B., Leite, R. G., Forsberg, B., ... Cañas, C. (2019). Ecosystem-based management of Amazon fisheries and wetlands. **Fish and Fisheries**, 20(1), 138-158.
- Granado-Lorencio, C., Araújo-Lima, C. A. R. M., Lobón-Cerviá, J. (2005). Abundance-distribution relationships in fish assembly of the Amazon floodplain lakes. **Ecography**, 28, 515-520.
- Jati, D. A., & Silva, J. T. (2017). Estudos geo-hidrológicos da bacia do rio Curuá-Una, Santarém, Pará: Aplicação do modelo hidrológico de grandes bacias (MGB-IPH). **Revista Brasileira de Geografia Física**, 10(4), 1296-1311.
- Junk, W. J., Robertson, B. A., Darwich, A. J., & Vieira, I. (1981). Investigações limnológicas e ictiológicas em Curuá-Una, a primeira represa hidroelétrica na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, 11(4), 689-716.
- Kipper, D., Bialetzki, A., & Santin, M. (2011). Composição taxonômica da assembleia de larvas de peixes no reservatório de Rosana, Rio Paranapanema, Brasil. **Biota Neotropical**, 11(1), 421-426.
- Lima, A. C., Sayanda, D., Agostinho, C. S., Machado, A. L., Soares, A. M. V. M., & Monaghan, K. A. (2017a). Using a trait-based approach to measure the impact of dam closure in fish communities of a Neotropical River. **Ecology of Freshwater Fish**, 27(1), 408-420.
- Lima, M. A. L., Kaplan, D. A., & Doria, C. R. C. (2017b). Hydrological controls of fisheries production in a major Amazonian tributary. **Ecohydrology**, 10(8), e1899.
- Loures, R. C., & Pompeu, P. S. (2012). Temporal variation in fish community in the tailrace at Três Marias Hydroelectric Dam, São Francisco River, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, 10(4), 731-740.
- Macnaughton, C. J., Mclaughlin, F., Bourque, G., Senay, C., Lanthier, G., Harvey-Lavoie, S., Legendre, P., Lapointe, M., & Boisclair, D. (2015). The Effects of Regional Hydrologic Alteration on Fish Community Structure in Regulated Rivers. **River Research and Applications**, 33(2), 249-257.
- Nakatani, K., Agostinho, A. A., Baumgartner, G., Bialetzki, A., Sanches, P. V., Makrakis, M. C. & Pavanelli, C. S. (2001). **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: EDUEM.
- OGH - Superintendência de Geração Hidráulica (2015). **Ficha Técnica da UHE de Curuá-Una**. Brasília: Eletrobras/Eletronorte.
- Oliveira, A. G., Baumgartner, M. T., Gomes, L. C., Dias, R. M., & Agostinho, A. A. (2018). Long-term effects of flow regulation by dams simplify fish functional diversity. **Freshwater Biology**, 63(3), 293-305.
- Oliveira, C. C., Suzuki, M. A. L., Oliveira, L. S., & Zacardi, D. M. (2020). Description of the initial development and temporal distribution of *Microphilypnus tapajosensis* larvae and juveniles in a reservoir in the Eastern Amazon. **Ciência e Natura**, 42, e49.
- Oliveira, E. F., Goulart, E., & Minte-Vera, C. V. (2003). Patterns of dominance and rarity of fish assemblage along spatial gradients in the Itaipu Reservoir, Paraná, Brazil. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, 25(1), 71-78.

Oliveira, L. L., Silva, T. M. R., Barreto, N. J. C., Canani, L. G. C., & Almeida, R. M. (2020). Influence of El Niño Southern Oscillation – ENSO – (2015/2016) in the hydrological variability and in the power generation in Curuá-Una hydroelectric power plant, central Amazon. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11(4), 136-134.

Orsi, M. L., & Britton, J. R. (2014). Long-term changes in the fish assemblage of a neotropical hydroelectric reservoir. **Journal of Fish Biology**, 84(6), 1964-1970.

Pelicice, F. M., Pompeu, P. S. & Agostinho, A. A. (2015). Large reservoirs as ecological barriers to downstream movements of Neotropical migratory fish. **Fish and Fisheries**, 16(1), 697-715.

Pinto, M. D. S., Doria, C. R. C., & Marques, E. E. (2019). Alterações temporais sobre a estrutura funcional das assembleias de peixes durante onze anos de formação de um reservatório do médio rio Tocantins, Brasil. **Biota Amazônia**, 9(1), 17-21.

Pompêo, M., Kawamura, P., Moschini-Carlos, V., Silva, S. C., Lobo, F. L., Meirinho, P. A., Bitencourt, M. D., & Meirelles, S. T. (2015). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

R Core Team R (2018). **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 22/07/2020.

Röpke, C. P., Pires, T. H. S., Winemiller, K. O., De Fex Wolf, D., Deus, C. P., & Amadio, S. (2019). Reproductive allocation by Amazon fishes in relation to feeding strategy and hydrology. **Hydrobiologia**, 826(1), 291-305.

Santos, J. A., Sousa, K. N. S., Santos, P. R. B., Lima, J. L., & Bacelar, R. J. (2019). Habitat, limnological signatures and spatial modeling: a zoning proposal for the Curuá-Una hydroelectric reservoir, Pará, Brazil. **Acta Limnologica Braliensia**, 31(1), e22.

Santos, P. R. B., Azevedo, J. S., Talgatti, D. M., Lemos, E. J. S., & Lima, F. C. C. (2020a). A multivariate approach to analyze the spatial-temporal variation of limnological parameters of the reservoir of the Curuá-Una hydroelectric plant. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 11(6), 32-42.

Santos, P. R. B., Zarzar, C. A., & Sousa, K. N. S. (2018). Avaliação do estado trófico atual do reservatório da Usina Hidrelétrica de Curuá-Una, a mais antiga represa construída na Amazônia Central. **Biota Amazônia**, 8(4), 45-48.

Santos, R. E., Pinto-Coelho, R. M., Drumond, M. A., Fonseca, R., & Zanchi, F. B. (2020b). Damming Amazon Rivers: Environmental impacts of hydroelectric dams on Brazil's Madeira River according to local fishers' perception. **Ambio**, 1-17.

Santos, R. E., Pinto-Coelho, R. M., Fonseca, R., Simões, N. R., & Zanchi, F. B. (2018). The decline of fisheries on the Madeira River, Brazil: The high cost of the hydroelectric dams in the Amazon Basin. **Fisheries Management and Ecology**, 25(5), 380-391.

Schorka, G., & Zaniboni-Filho, E. (2017). Structure dynamics of a fish community over ten years of formation in the reservoir of the hydroelectric power plant in upper Uruguay River. **Brazilian Journal of Biology**, 77(4), 710-723.

Soares, M. G. M., Costa, E. L., Siqueira-Souza, F. K., Anjos, H. D. B., Yamamoto, K. C., & Carvalho, C. E. F. (2008). **Peixes de lagos do médio rio Solimões**. Manaus: Instituto Piatam.

Straškraba, M., & Tundisi, J. G. (2000). **Diretrizes para o Gerenciamento de Lagos**. São Carlos: International Lake Environment Commite / International Institute of Ecology.

Suzuki, H. I., Agostinho, A. A., Bailly, D., Gimenes, M. F., Julio-Junior, H. F., & Gomes, L. C. (2009). Inter-annual variations in the abundance of young-of-the-year of migratory fishes in the Upper Paraná River floodplain: relations with hydrographic attributes. **Brazilian Journal of Biology**, 69(2), 649-660.

Terra, B. F., Santos, A. B. I., & Araújo, F. G. (2010). Fish assemblage in a dammed tropical river: an analysis along the longitudinal and temporal gradients from river to reservoir. **Neotropical Ichthyology**, 8(3), 599-606.

Thornton, K. W. (1990). Perspectives on reservoir limnology. In: Thornton, K. W., Kimmel, B. L., & Payne, F. E. (eds.). **Reservoir limnology: ecological perspectives** (pp.1-13). New York: Wiley-Interscience.

Timpe, K., & Kaplan, D. (2017). The changing hydrology of a dammed Amazon. **Science Advanced**, 3, e1700611.

Van Damme, P. A., Córdova-Clavijo, L., Baigún, C., Hauser, M., Doria, C. R. C., & Duponchelle, F. (2019). Upstream dam impacts on gilded catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Bolivian Amazon. **Neotropical Ichthyology**, 17(4), e190118.

Vieira, I. (2000). Frequência, constância, riqueza e similaridade da ictiofauna da bacia do rio Curuá-Una, Amazônia. **Revista Brasileira de Zoociências**, 2(2), 51-76.

Zacardi, D. M., Bittencourt, S. C. S., & Queiroz, H. L. (2020). Recruitment of migratory Characiformes in the different wetland habitats of Central Amazonia: subsidies for sustainable fisheries management. **Journal of Applied Ichthyology**, 36(2), 431-43.

Ziober, B. R. & Zanirato, S. H. (2014). Actions to safeguard biodiversity during the building of the Itaipu binacional hydroelectric plant. **Ambiente & Sociedade**, 17(1), 59-78.