



ECOLOGIA DE PEIXES DE RIACHOS INTERMITENTES

Bianca de Freitas Terra¹, Elvio Sergio Figueredo Medeiros², Jorge Iván Sánchez Botero³, José Luis Costa Novaes⁴ & Carla Ferreira Rezende⁵

¹ Universidade Estadual Vale do Acaraú, Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Laboratório de Ecologia de Comunidades Aquáticas, Campus da Betânia, CEP 62040-370, Sobral, CE, Brasil.

² Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Ciências Biológicas e Sociais Aplicadas, Grupo Ecologia de Rios do Semiárido, Campus V. Av. Horácio Trajano de Oliveira, nº 666, Cristo Redentor, CEP 58070-450, João Pessoa, PB, Brasil.

³ Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Laboratório de Ecologia Aquática e Conservação, Campus do Pici, CEP 60440-900, Fortaleza, CE, Brasil.

⁴ Universidade Federal do Semi-Árido, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Departamento de Biociências, Avenida Francisco Mota, nº 572, Bairro Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, RN, Brasil.

⁵ Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Biologia, Laboratório de Ecossistemas Aquáticos, Campus do Pici, CEP 60440-900, Fortaleza, CE, Brasil.

E-mails: bianca_freitas@uvanet.br (*autora correspondente); elviomedeiros@uepb.edu.br; jisbar@gmail.com; novaes@ufersa.edu.br; carla.rezende@ufc.br

Resumo: A ecologia de peixes de riachos intermitentes da região semiárida brasileira é ainda pouco conhecida, embora nos últimos vinte anos, o número de pesquisadores dedicados a esse tema venha aumentando consideravelmente. No entanto, ainda existem expressivas lacunas quando os estudos em riachos intermitentes são comparados aos que tratam de riachos perenes de outras regiões do Brasil. Questões que abordem variações sazonais esbarram na determinação de métodos e técnicas de captura da ictiofauna que sejam eficientes nas diferentes fases do ciclo hidrológico. Além disso, técnicas amplamente difundidas em sistemas perenes, como a pesca elétrica, na maioria das vezes, não têm se mostrado eficazes. Aspectos relacionados à biologia, fisiologia, comportamento, ecologia funcional e taxonômica dos peixes ainda precisam ser investigados levando-se em consideração as variações sazonais e de escala espacial. Diante da crescente transformação imposta à região semiárida brasileira pelo uso extensivo dos recursos naturais e pelas mudanças climáticas, os ambientes aquáticos e sua biodiversidade estão ameaçados pela transformação da vegetação ciliar, lançamento de resíduos, introdução de espécies, pela modificação do seu curso e perenização artificial de muitos canais. Assim, neste artigo, apresentamos e discutimos os estudos desenvolvidos sobre a ecologia de peixes nos riachos intermitentes da região semiárida brasileira e as lacunas e os desafios a serem enfrentados pelas pesquisas futuras.

Palavras-chave: Caatinga; poças; região semiárida; rios temporários; ictiofauna.

INTERMITTENT STREAM FISH ECOLOGY: The ecology of fish from intermittent streams in the Brazilian semi-arid region is still little known. In the past twenty years, the number of researchers dedicated to this topic has increased considerably. However, significant gaps still exist when compared to the perennial streams of other Brazilian regions. Questions that address seasonal variations come up

against the determination of capture methods and techniques that are efficient in the different phases of the hydrological cycle. In addition, techniques widely used in perennial systems, such as electrofishing, in most cases, have not been effective. Aspects related to biology, physiology, behavior, functional, and taxonomic ecology of fish still need to be investigated taking into account seasonal and spatial scale variations. In view of the growing transformation imposed on the Brazilian semi-arid region by the extensive use of natural resources and by climate change, aquatic environments and their biodiversity are threatened by the transformation of riparian vegetation, the sewage release, the species introduction, the modification of its course, and artificial perennialization. Thus, we will present and discuss, in this paper, the studies developed on the ecology of fish in the intermittent streams of the Brazilian semi-arid region and the gaps and challenges to be faced by future researches.

Keywords: Caatinga; pools; semiarid region; temporary rivers, ichthyofauna.

INTRODUÇÃO

O Brasil abriga grandes bacias hidrográficas e uma elevada diversidade de espécies de peixes de água doce. Vinte por cento das espécies de peixes de água doce descritas em todo o mundo são encontradas no país (Lévêque *et al.* 2007, ICMBio 2018). Embora sejam conhecidas algumas estratégias usadas pelos peixes para viverem nos riachos intermitentes, pouco se sabe sobre como se organizam e sobrevivem em ambientes como esses que variam entre correntes fortes em fundos pedregosos, quedas d'água e remansos profundos. Nesses ambientes, a disponibilidade de água varia drasticamente ao longo do ciclo hidrológico, podendo passar meses e até anos inteiros sem um fluxo de água contínuo em sua superfície. Embora esses riachos intermitentes ocupem grande parte da região Nordeste do país e estejam presentes em todos os biomas brasileiros (Nunes da Cunha & Junk 2011, Junior 2012, Renner *et al.* 2017, Stegmann *et al.* 2019, Perez *et al.* 2020), estudos que consideram a ecologia de peixes nos riachos intermitentes brasileiros são recentes e concentrados em alguns estados. Estima-se que 91 espécies de peixes nativas ocorram nos rios e riachos intermitentes da Caatinga Médio-Oriental (CMO) (Lima *et al.* 2017), compreendendo a maior parte dos ambientes lóticos intermitentes da região Nordeste do Brasil. Embora o número de espécies endêmicas (203 espécies possivelmente endêmicas são encontradas nas ecorregiões inseridas na Caatinga, das quais 41 espécies ocorrem na região Médio-Oriental) seja considerado elevado por Lima *et al.* (2017), não são registradas estratégias específicas para

que esses animais sobrevivam à severidade da seca. Os estudos realizados nos últimos vinte anos indicam que as comunidades de peixes dos riachos intermitentes na região semiárida brasileiro intercalam a resistência à seca com a resiliência para colonizarem os rios tão logo o fluxo se restabelece (Medeiros & Maltchik 2001a; Medeiros & Maltchik 2001b). Nesse sentido, as poças remanescentes nos leitos dos rios que persistem até o período seguinte de chuva, bem como os açudes, que têm integrado a paisagem nos últimos 100 anos, servem de refúgio para os peixes durante o período da seca (Maltchick & Medeiros 2006, Cardoso *et al.* 2012, Costa *et al.* 2017).

O avanço da Ecologia de riachos intermitentes no Brasil tem seguido, ainda que de forma mais modesta, os avanços globais nesta área do conhecimento. Novos grupos de pesquisa têm se estabelecido e as redes de colaboração têm trabalhado para responder questões teóricas e práticas na tentativa de elucidar e direcionar as perguntas e o conhecimento sobre o funcionamento desses riachos e a diversidade de peixes que neles é encontrada. Embora ainda tenhamos questões básicas a serem resolvidas como a própria definição de riacho intermitente e as particularidades da comunidade biótica encontrada nesses rios, em especial a ictiofauna, é importante que essa área atraia novos pesquisadores dispostos a fortalecer e divulgar a ecologia e conservação desses ambientes e da ictiofauna associada. Diante do cenário de mudanças climáticas e exploração excessiva dos recursos naturais (*e.g.* desmatamento da vegetação ciliar e extração de água para a agricultura e

consumo humano), espera-se um aumento da área de cobertura de rios intermitentes pelo planeta que hoje já é estimada em mais de 50% (Datry *et al.* 2014). Esse cenário tem impulsionado as pesquisas para compreender o funcionamento desses sistemas e os esforços para considerá-los em programas de monitoramento e gestão de ambientes aquáticos.

Neste artigo, apresentamos o conceito de riachos intermitentes do qual faremos uso, agrupando tipos específicos de rios encontrados na literatura, apresentamos um levantamento dos estudos acerca da ecologia de peixes em riachos intermitentes brasileiros nos últimos 23 anos e discutimos os principais desafios metodológicos associados aos trabalhos de ecologia de peixes nesses sistemas. Concluímos apresentando as principais ameaças à ictiofauna e os desafios futuros para os estudos de ecologia de peixes em rios e riachos intermitentes da região semiárida brasileira.

RIOS INTERMITENTES

“Rio intermitente” é um termo genérico usado para representar ambientes lóticos (tanto rios quanto riachos) que periodicamente cessam seu fluxo superficial de água durante um período do ciclo hidrológico (Datry *et al.* 2014), mas podem manter fluxo de água subsuperficial mesmo quando não há vazão superficial detectável (Zimmer & McGlynn 2017). Ou podem, ainda, apresentar vazão em alguns trechos ou afluentes enquanto outros não apresentam fluxo de água. Esses rios também podem extravasar para além do canal principal, para a zona para-fluvial, e embora não seja comum, para uma planície de inundação (Stromberg *et al.* 2009). Desta forma, os rios intermitentes são caracterizados por um período do ciclo hidrológico com ausência total de fluxo de água superficial e outro onde há presença de fluxo de água em alguns trechos ou ao longo de toda a bacia hidrográfica (Figura 1). Nesse contexto, esses sistemas foram categorizados como sendo efêmeros ou temporários (Bayly & Williams 1973, Towns 1985), sendo efêmeros aqueles que apresentam fluxo de água superficial apenas após uma precipitação não previsível, e comumente representam riachos de baixa hierarquia, enquanto os rios temporários apresentam um

fluxo de água superficial mais longo durante o seu ciclo hidrológico, que pode durar semanas ou meses.

Na região semiárida brasileira e em outras regiões áridas e semiáridas pelo mundo, encontramos tanto riachos efêmeros quanto temporários (neste artigo agrupados como riachos intermitentes). No entanto, dada a natureza dinâmica desses ambientes, a classificação pode variar de acordo com os modelos de precipitação da região, de modo que um curso d’água com características temporárias em um ano relativamente úmido, pode se tornar efêmero em um ano muito seco. A dinâmica natural desses sistemas associada a dificuldade de se identificar a presença desses riachos em épocas de seca prolongada, pois podem permanecer secos, faz com que a classificação e os estudos desses riachos seja um grande desafio para os pesquisadores.

Maltchik & Medeiros (2006) propuseram uma adaptação dos termos “*rewetting*”, “*wet*” e “*drying*”, utilizados por Stanley & Fisher (1992) e Mathews (1998) para rios intermitentes temperados, que descrevem as principais fases do ciclo hidrológico em rios intermitentes e sua dinâmica hidrológica em regiões secas tropicais. Nesse caso, o processo estaria representado por três fases hidrológicas, cada uma delas representando uma série de diferentes desafios para a comunidade biótica. Na primeira fase, ou fase de re-inundação (“*rewetting*”), no início do período chuvoso, os primeiros fluxos de água superficial, e/ou cheias rápidas (“*flash floods*”), começam a reaparecer em pequenos tributários e riachos após as primeiras precipitações. Havendo precipitação suficiente, um fluxo de água superficial contínuo se estabelece ao longo da bacia hidrográfica, que pode durar semanas ou meses dependendo da geomorfologia da bacia, padrões de precipitação e hierarquia dos rios. Esta seria a fase de cheia (“*wet*”). No início da seca, ou fase secando (“*drying*”), ocorre a diminuição do fluxo superficial de água, e ênfase no fluxo de água subsuperficial, e se observa o aparecimento das primeiras poças, o que leva a fragmentação dos ambientes aquáticos ao longo da bacia. Não havendo precipitação, ocorre a completa dessecação do leito do rio, restando apenas poças temporárias ou semipermanentes, que sustentam a diversidade aquática e demais



Figura 1. Riacho Torrados, bacia do rio Mundaú em Itapipoca, Ceará. A) Rio completamente seco em janeiro de 2015. B) mesmo rio com fluxo de água em março de 2015.

Figure 1. Torrados stream, Mundaú river basin in Itapipoca, Ceará. A) Completely dry river in January, 2015. B) The same river with water flow in March, 2015.

processos ecológicos do sistema.

Os riachos intermitentes estão distribuídos em diferentes regiões do mundo, e embora sejam associados a áreas de pouca precipitação e alta evaporação, não estão restritos às regiões secas, ocorrendo nos diferentes biomas terrestres e tipos climáticos. Os rios intermitentes de modo geral são ambientes abundantes e amplamente distribuídos sistemas aquáticos do planeta (Larned *et al.* 2010), uma vez que se apresentam como os primeiros regos em pequenas bacias, até rios que fluem sazonalmente desconectados das porções mais altas das bacias (McDonough *et al.* 2011).

No Brasil, os riachos intermitentes podem ser encontrados desde a Amazônia até os Pampas (Renner *et al.* 2017, Stegmann *et al.* 2019), incluindo outros biomas como a Mata Atlântica (Perez *et al.* 2020), o Cerrado (Junior 2012) e o Pantanal (Nunes da Cunha & Junk 2011). Mas é na região de abrangência do clima semiárido, no nordeste do Brasil, que esses sistemas são mais concentrados. Segundo Steffan (1977) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE 2020), a região Nordeste participa com 18% do total da área correspondente às bacias hidrográficas brasileiras, colocando-se em terceiro lugar, apenas suplantada pelas regiões Norte e Centro-oeste, sendo a calha principal do Rio São Francisco e parte das bacias costeiras as principais drenagens perenes nesta região. De acordo com Nimer (1977), o clima semiárido brasileiro é um dos mais complexos do mundo, devido ao seu sistema de circulação

atmosférica e localização nos trópicos. Dentre os componentes do clima semiárido brasileiro, a temperatura apresenta uma baixa amplitude de variação temporal, quando comparada a outras regiões áridas e semiáridas, enquanto que a precipitação apresenta grandes oscilações e distribuição irregular, com importantes períodos de seca que variam de 1 a 11 meses (Moura & Shukla 1981, Liu & Juárez 2001), de modo que estas variáveis climáticas interferem significativamente na hidrologia da região condicionando o regime intermitente dos seus rios (Steffan 1977).

O regime intermitente dos riachos da região semiárida brasileira é reconhecidamente sua principal característica hidrológica, o que confere, a esses sistemas, uma importante quebra na paisagem da Caatinga (vegetação xerófila e arbustivo-arbórea característica da região semiárida do Brasil) (Leal *et al.* 2005). Na maior parte do tempo, esses riachos se apresentam como cursos de água secos com sedimento arenoso ou pedregoso, às vezes cobertos por seixos, com poças temporárias e semipermanentes espalhadas ao longo do leito seco do rio (Carvalho *et al.* 2013, Melo & Medeiros 2013). No início do período chuvoso, podem apresentar cheias rápidas (“flash floods”) e/ou presença de fluxo de água superficial apenas algumas horas após uma precipitação. Esses extremos hidrológicos criam uma alta heterogeneidade espacial e temporal e têm sido considerados como os principais agentes estruturadores das comunidades

aquáticas nos riachos intermitentes da região semiárida brasileira, bem como força mediadora para manutenção da biodiversidade aquática e dinâmica trófica (Medeiros & Maltchik 2001b, Maltchik & Florin 2002, Medeiros *et al.* 2010, Melo & Medeiros 2013).

Legislação brasileira

Apesar dos riachos intermitentes apresentarem maior fragilidade ambiental quando comparados a riachos perenes (Maltchik 1990), não há nenhuma legislação específica para esses ecossistemas. O Novo Código Florestal (NCF) publicado no dia 25 de maio de 2012 e aprovado como Lei nº 12.651 e posteriormente modificado pela Lei nº 12.727, e que substituiu o Antigo Código Florestal (ACF) (Lei nº 4.771, de 15 de setembro 1965) é o instrumento mais importante de proteção dos ecossistemas de riachos, tanto perenes como intermitentes. Porém, três alterações no NCF poderão ter impacto negativo direto sobre a ictiofauna dos riachos intermitentes. A primeira, diz respeito à alteração na demarcação das áreas de Proteção Permanentes (APP), conhecidas como floresta ripária. No NCF, a delimitação das APPs deve ser feita a partir da borda da calha do leito regular, diferentemente do ACF, que indicava o início da faixa de APP a partir do leito hidrológico maior do rio, que considerava a variação do regime hidrológico do sistema hídrico durante o ano. Alguns estudos comparando os critérios adotados no NCF com o do ACF mostraram que a redução da APP pode alcançar entre 50% e 95,28% (Neto *et al.* 2015, Campagnolo *et al.* 2017), corroborando com a ideia de que o NCF constitui uma ameaça à integridade dos riachos e, conseqüentemente, à ictiofauna. A importância da floresta ripária para a integridade dos ecossistemas aquáticos é bem conhecida (Welcomme 1979, Vannote *et al.* 1980). A variação espacial e temporal da composição da assembleia de peixes e seus atributos, como: riqueza de espécies, abundância e biomassa, têm forte relação com a quantidade e qualidade da floresta ripária (Matthews & Marsh-Matthews 2017). Outros efeitos também podem ser observados com a remoção da vegetação ripária, como: perda de habitat, alterações nas atividades metabólicas, variação diária da flutuação do oxigênio dissolvido, aumento de cianobactérias tóxicas; aumento da temperatura,

maior exposição de raios UVB, aumento da luminosidade e diminuição da transparência da água, todas com causas negativas para a estrutura e dinâmica da ictiofauna (Pusey & Arthington 2003, Casatti 2010, Teresa & Casatti 2010, Lobón-Cervia *et al.* 2016, Matthews & Marsh-Matthews 2017, Neves *et al.* 2018, Nimet *et al.* 2019, Dalacorte *et al.* 2020, Guidotti *et al.* 2020). Além disso, a redução da floresta ripária deixará desprotegidas as chamadas várzeas, áreas à margem dos cursos d'água que ficam inundadas durante as cheias, provocando a perda de habitat (Marques *et al.* 2010). Essas áreas são importantes sítios para alimentação e reprodução de algumas espécies de peixes (Casatti, 2010; Ilha *et al.* 2019).

A segunda alteração no NCF excluiu a obrigatoriedade das APPs nos riachos efêmeros, que são definidos, no NCF, como sendo corpos d'água lóticos que possuem escoamento superficial apenas durante ou imediatamente após períodos de precipitação (BRASIL 2012). Muitos riachos efêmeros são afluentes dos riachos temporários, sendo importante fonte de água e matéria orgânica no período chuvoso, assim, ausência de APP pode acarretar uma redução do transporte destes elementos para os riachos temporários, o que provocaria efeitos na teia trófica e na estrutura das assembleias de peixes (Castro *et al.* 2018). Outro efeito negativo dessa alteração no NCF, é a possibilidade de classificação de forma equivocada ou proposital de riachos temporários em riachos efêmeros de forma a evitar que seja necessária a preservação obrigatória da APP. A terceira modificação no NCF excluiu, também, a obrigatoriedade das APPs nas nascentes de rios intermitentes. A ausência da cobertura vegetal nessas áreas pode causar efeitos negativos na ictiofauna, principalmente por: (i) reduzir o volume de água, com conseqüente aumento da temperatura, afetando o metabolismo e ciclo de vida dos peixes; (ii) degradação e desaparecimento de habitat, redução do fluxo e volume da água; (iii) diminuição da conectividade entre ambientes aquáticos, mantendo populações isoladas em poças, impedindo a dispersão de indivíduos e causando distúrbios nas metapopulações e metacomunidades (Magalhães *et al.* 2012).

Outra ferramenta importante para proteção de espécies no Brasil são as Unidades de Conservação (UC), que são áreas naturais relevantes, criadas e

protegidas por lei com objetivos de conservação. Embora a criação das UCs em ambientes continentais tenha como objetivo principal a conservação da fauna e flora terrestres, muitas delas possuem inúmeros corpos d'água de vários tamanhos, incluído riachos, que se tornam também protegidos (Agostinho *et al.* 2005). Com a proteção da vegetação terrestre dentro da UC, a floresta ripária tende a se manter intacta ou pouco alterada, o que mantém a integridade de rios e riachos, protegendo a diversidade da ictiofauna como indicam estudos realizados no Brasil e em outros países (Agostinho *et al.* 2005, Karunathna *et al.* 2017, Acreman *et al.*, 2019, Zolderdo *et al.* 2019). Por outro lado, outros estudos questionam a eficácia das UCs para conservação da biodiversidade em ecossistemas dulcícolas e apontam falhas na conservação da fauna e flora aquáticas, com destaque para ictiofauna. De fato, por proteger apenas um trecho dos rios e riachos, as UCs, muitas vezes, não apresentam condições adequadas para manter a dinâmica das populações de peixes. Por exemplo, UCs localizadas unicamente em topos de montanhas, excluem um amplo número de espécies nativas que ocorrem em outros trechos do rio e, em alguns casos, apresentam amplo domínio de espécies invasoras (Botero *et al.* 2014; Chessman 2013, Azevedo-Santos *et al.* 2018). Além da questão do delineamento da área, os riachos intermitentes das UCs na região semiárida do Brasil sofrem outro tipo de impacto, que é o uso de suas águas com a concessão de outorga, ou mesmo de forma ilegal, para atividade de agricultura. Assim, se o uso da água se der de forma inadequada, pode ameaçar a integridade da ictiofauna, tanto diretamente com redução populacional e da riqueza, bem como pelo risco de extinção de espécies, ou indiretamente, pela destruição de habitat e degradação da qualidade da água (Sarmiento-Soares *et al.* 2018).

Estudos de conservação são incipientes ou mesmo inexistentes para os riachos intermitentes, em particular na região semiárida. A ausência de informações sobre os impactos das alterações do NCF sobre a ictiofauna é preocupante, pois impossibilita o embasamento de propostas conservacionistas das florestas ripárias dos riachos temporários e de suas nascentes, bem como nos riachos efêmeros. A pressão sobre as florestas ripárias e degradação dos riachos

intermitentes tem aumentado nos últimos anos na região semiárida em decorrência do crescimento urbano, expansão da agropecuária e aumento do consumo de água potável (Barbosa *et al.* 2012). Portanto, se estudos ecológicos que dimensionem a importância das APPs para a integridade de riachos temporários, suas nascentes e riachos efêmeros não forem realizados com urgência, a ictiofauna desses ecossistemas se encontrará seriamente ameaçada diante da pressão antropogênica crescente sobre esses ecossistemas.

A região semiárida brasileira conta hoje com 40 UCs federais, além das estaduais e municipais, e muitas possuem riachos temporários e efêmeros em suas áreas. Porém, ausência de estudos básicos como, inventário da ictiofauna, dinâmica de populações e comunidades e processos ecossistêmicos, tais como teia alimentar, fluxo de energia e matéria, não permite avaliar a eficácia dessa ferramenta para a conservação da ictiofauna dos riachos intermitentes. Desta forma, é importante que ictiólogos da região, e de outras regiões do Brasil, direcionem esforços para estudos taxonômicos e ecológicos nas UCs da região semiárida, para que discussões sobre conservação de peixes nessas áreas tenham bases técnico-científico, e os objetivos das UCs sejam de fato alcançados.

Uma nova ameaça à ictiofauna dos riachos intermitentes da região semiárida do Brasil, é a transposição do rio São Francisco. Transposições de águas entre bacias hidrográficas têm contribuído para impactos sobre a diversidade e abundância das espécies de peixes (Izique 2005). Embora não seja previsto que os riachos intermitentes venham a receber diretamente as águas da transposição, muitos são tributários dos rios receptores das águas desse empreendimento (Ramos *et al.* 2018) e podem servir, para espécies de peixes invasoras, como área de refúgio contra predadores, área de alimentação, ou para o desenvolvimento de seus ciclos de vida, principalmente no período chuvoso. Estudo recente, com inventário atualizado das espécies, em quatro diferentes bacias hidrográficas com inúmeros riachos intermitentes como afluentes (bacias dos rios Jaguaribe (CE), Apodi-Mossoró (RN), Piranhas-Açu (RN) e Paraíba do Norte (PB)) registrou 13 espécies endêmicas [*Apareiodon davisi* (Characiformes, Parodontidae), *Cheirodon*

jaguaribensis (Characiformes, Characidae), *Corydoras* sp. (Siluriformes, Callichthyidae), *Hypostomus sertanejo*, *Parotocinclus spilurus*, *P. seridoenses*, *P. spilosoma* (todas Siluriformes, Loricariidae), *Pimelodella dorseyi*, *P. enochi* (ambas Siluriformes, Heptapteridae), *Cynolebias microphthalmus*, *Hypsolebias antenori* (ambas Cyprinodontiformes, Rivulidae)] e potencialmente ameaçadas por esse empreendimento (Silva *et al.* 2020). Monitoramento é necessário para acompanhar os impactos desse empreendimento sobre a ictiofauna dos riachos intermitentes. Também é fundamental para propor medidas mitigadoras e para dar base à elaboração de planos de conservação da ictiofauna.

ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS EM ECOLOGIA DE PEIXES DE RIACHOS INTERMITENTES DA REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL

A avaliação retrospectiva de estudos publicados em ecologia de peixes de riachos intermitentes da região semiárida do Brasil iniciados há vinte e três anos, indica um grupo de pesquisadores pioneiros localizado no estado da Paraíba, iniciado no final da década de 90 pelo Prof. Dr. Leonardo Maltchik e atualmente coordenado pelo Prof. Dr. Elvio Sergio Figueredo Medeiros. Esses estudos, realizados principalmente no riacho intermitente Taperoá (PB), avaliaram inicialmente a interação parasita-hospedeiro e sua relação com as fases do ciclo hidrológico (Medeiros & Maltchik 1997; 1999). Posteriormente, estudos nesse ecossistema testaram hipóteses relacionadas à variação hidrológica na estrutura, estabilidade, dinâmica e aspectos reprodutivos da ictiofauna (Medeiros & Maltchik 2001a, Medeiros & Maltchik 2001b).

Pesquisas realizadas por Rosa *et al.* (2003), Rosa & Groth (2004) e Lima *et al.* (2017) foram importantes para os estudos em ecologia de peixes na região semiárida do Brasil. Embora o eixo central dessas pesquisas tenha sido atualizar a composição e distribuição geográfica de espécies de peixes na região, o valor ecológico é revelado na riqueza de espécies anteriormente subestimada, e no alto número de endemismos na região. Consequentemente, informações fornecidas nesses estudos levantam as premissas para novas perguntas em ecologia, tais como: a) Existe

relação entre aspectos da estrutura da ictiofauna da Caatinga com outros biomas brasileiros?; b) Quais foram os processos que levaram à atual composição da ictiofauna em riachos da região semiárida?; c) Quais são os efeitos de distúrbios naturais e antrópicos na ictiofauna?; d) Qual a relação entre estratégias adaptativas dos peixes e as condições ambientais da região semiárida?; e) Como é a dinâmica populacional dos peixes em rios intermitentes?; f) Quais são os efeitos das espécies de peixes introduzidas na fauna nativa?

Estas e outras perguntas vêm sendo respondidas nos últimos 20 anos, após a inclusão de novos pesquisadores a Universidades públicas na região Nordeste do Brasil (Universidades Federal do Piauí, do Ceará, do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco, da Rural de Pernambuco, da Rural do Semi-Árido, de Sergipe, das Universidades Estaduais da Paraíba, de Feira de Santana e do Vale do Acaraú), com aplicação de novos métodos e, principalmente, pela maior valorização ecológica da ictiofauna que compõe os ecossistemas de riachos. Assim, a diversidade de estudos relacionados a ecologia de peixes do semiárido (Figura 1) aumentou com o conhecimento acumulado, com as novas ferramentas metodológicas de campo e laboratório, com análises mais aprimoradas dos dados e com fontes de financiamento apoiando a linha de pesquisa.

Lima *et al.* (2017) dividem a região semiárida do Brasil em quatro ecorregiões e 49 bacias. A análise de 27 publicações permite concluir que os estudos sobre ecologia de peixes em riachos intermitentes concentraram-se em apenas 37,7% destas bacias. Destes, 88,9% foram para a ecorregião Caatinga Médio-oriental, 3,7% para a Mata Atlântica Nordeste, 3,7% na ecorregião de São Francisco, e 3,7% para região do Maranhão-Piauí. Aproximadamente três quartos dos estudos (66,3%) descrevem aspectos da estrutura nas comunidades, relação peso – comprimento, ecologia trófica e reprodutiva de peixes. Os demais estudos (33,3%) abrangem outros seis aspectos ecológicos de comunidades, populações e interações (Figura 2). Todos esses podem ser considerados estudos de caso, realizados principalmente em pequenas escalas temporais e espaciais, embora o número de réplicas amostrais tenha aumentado nas pesquisas da última década

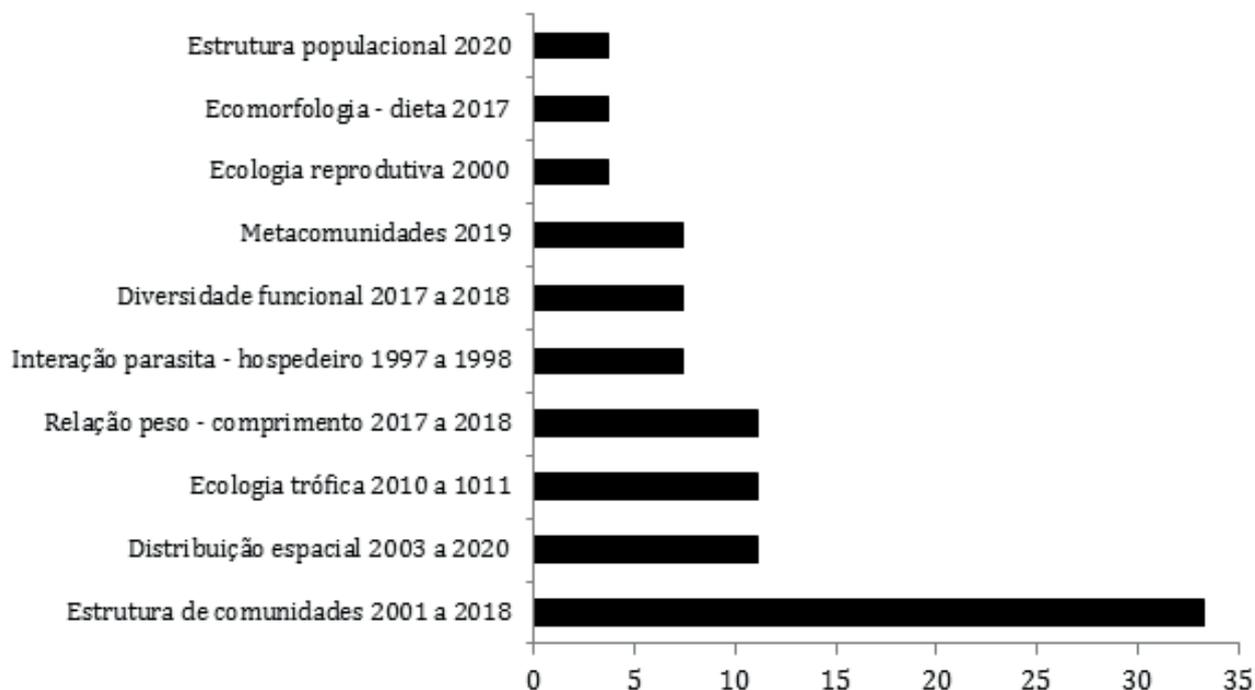


Figura 2. Frequência relativa de estudos publicados em ecologia de peixes de rios intermitentes da região semiárida do Brasil, por ano de publicação (de 1997 a 2020).

Figure 2. Relative frequency of studies published in fish ecology of intermittent rivers in the semi-arid region of Brazil, by year of publication (from 1997 to 2020).

(2010 a 2020) (Material Suplementar, Tabela S1). De fato, a intermitência desses ecossistemas, somada à alta intervenção antrópica (poluição, barramentos, transposições, demandas crescentes por água, introdução de espécies, destruição da mata ciliar, entre outros) dificultam o delineamento amostral, limitando as coletas aos curtos períodos em que os riachos intermitentes apresentam fluxo de água superficial e, especialmente, aos trechos acessíveis.

Estudos mais recentes acrescentaram outros elementos relacionados a ecomorfologia e dieta (Botero *et al.* 2017), diversidade funcional (Rodrigues-Filho *et al.* 2017 e 2018) e metacomunidades (Faustino e Terra 2019, Rodrigues-Filho *et al.* 2019) (Figura 1). Entretanto, o maior desafio nos avanços desses estudos está no estabelecimento de referenciais teóricos que orientem as pesquisas, na busca por entender dinâmicas, padrões e processos. Para tal, é fundamental aumentar as escalas espacial e temporal nos estudos, procurando desta forma, respostas mais holísticas e aplicadas. Paralelamente, os conhecimentos sobre a autoecologia das espécies de peixes, integrando

paradigmas ecossistêmicos, da ecologia da paisagem e geomorfológicos, serão fundamentais ao conhecimento ecológico deste grupo faunístico, em uma região com amplos contrastes ambientais.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

A coleta de peixes em riachos intermitentes da região semiárida brasileira tem sido feita através da utilização de diferentes artes de pesca. Na maior parte dos estudos, os pesquisadores utilizam rede de arrasto, rede de espera, tarrafa e puçá. O estudo desenvolvido por Medeiros *et al.* (2010) mostra a eficiência da rede de arrasto em amostragem de peixes durante os períodos de seca e cheia, em comparação com a rede de espera e a tarrafa. Nesse estudo, os autores ressaltam que a rede de arrasto deve ser utilizada com cautela, pois ela pode afetar a abundância das populações principalmente dentro das poças remanescente dos riachos intermitentes, quando os peixes estão aprisionados em uma área menor e delimitada, o que inviabiliza a fuga dos mesmos. Em rios e riachos intermitentes de outros países, a coleta

de peixes tem sido feita com as mesmas artes (*e.g.* Beesley & Prince 2010), porém, prioritariamente tem sido utilizada a pesca elétrica (*e.g.* Kadye & Chakona 2012, Vardakas *et al.* 2015). Essa metodologia, embora difundida e reconhecida como arte de pesca eficiente na maioria dos riachos perenes em diversas partes do Brasil (Mazzoni *et al.* 2000, Terra *et al.* 2013) e do mundo (Hughes & Peck 2008, Hughes *et al.* 2012), ainda não foi extensamente explorada em riachos intermitentes da região semiárida do país e, quando testada, na maioria dos casos, não se mostrou eficiente. Suspeita-se que a elevada condutividade da água possa ser o principal fator limitante da utilização da pesca elétrica nesses rios. No entanto, com o desenvolvimento de aparelhos com regulação para diferentes parâmetros (*e.g.* tipo de onda, frequência, voltagem), mais testes são necessários para que a pesca elétrica possa ser experimentada nos riachos intermitentes da Caatinga Médio-Oriental. No estado da Bahia, particularmente na Chapada Diamantina, por sua vez, a utilização da pesca elétrica, com equipamento do tipo portátil, vem sendo bem-sucedida para riachos das cabeceiras dos rios Paraguaçu e de Contas (Souza *et al.*, 2020).

As maiores dificuldades encontradas para a determinação de técnicas de coleta de peixes nos ambientes intermitentes é a mudança drástica do ambiente entre as épocas do ano. As diferentes artes de pesca apresentadas também têm sua eficiência alterada pela interrupção do fluxo e diminuição da área de amostragem nos leitos em que as poças são formadas. Desta maneira, agregar diferentes artes de pesca pode ser a melhor alternativa para trabalhos que envolvam riachos heterogêneos e em diferentes fases do ciclo hidrológico. A observação subaquática também tem se mostrado uma alternativa eficiente para a amostragem de peixes em riachos intermitentes, principalmente na época da seca (metodologia aplicada por Manna *et al.* 2017; 2018). O extenso período de estiagem favorece a sedimentação e conseqüentemente aumenta a visibilidade dentro da água em trechos perenizados e em poças remanescentes. Deste modo, a observação subaquática, embora exija treinamento, é uma abordagem promissora para esses ambientes (ver Sabino, 1999 para protocolo básico da metodologia).

Outra dificuldade metodológica associada a esses ambientes é a disponibilidade de trechos de rio sem a influência de açudes ou modificações feitas pelas populações ribeirinhas (*e.g.* poços, cercas, passagens, lavagem de roupa). Mesmo as pesquisas que envolvem a compreensão da influência desses fatores na organização das assembleias, carecem de áreas não perturbadas para comparação. Além disso, a falta de registros históricos também dificulta esse tipo de estudo. Embora trechos de rios sem influência de ações antrópicas sejam raros até mesmo para rios perenes, em rios intermitentes essas modificações alteram drasticamente o fluxo do rio interferindo no ciclo natural de cheia e seca, este com poças remanescentes ou não.

DESAFIOS PARA O FUTURO

Pesquisas ao longo das últimas décadas demonstram os riachos intermitentes como ecossistemas de grande importância para as comunidades biológicas e diversidade de processos ecológicos, servindo como habitat para uma grande variedade de espécies, atuando no processamento de carbono e outros nutrientes e agindo como corredores, conectando diferentes áreas das redes hidrográficas (Datry *et al.* 2014). Por outro lado, esses sistemas continuam sendo pouco estudados, além de estarem em constante ameaça por atividades antrópicas, como mineração, regulação e/ou perenização do seu fluxo natural de água, entre outros (Chiu *et al.* 2011, Vorste *et al.* 2020). No contexto atual de mudanças climáticas, os rios e riachos intermitentes funcionam como importantes amplificadores do desequilíbrio climático global, tendo em vista sua sensibilidade ao aquecimento global, o que permite acompanhar as respostas do meio ambiente às variações climáticas atuais. Portanto, os rios e riachos intermitentes podem atuar como emuladores de como as mudanças climáticas podem afetar os ecossistemas aquáticos de regiões úmidas com o possível aumento das zonas áridas.

Deste modo, é imprescindível a junção de ações de gestão desses ambientes para uso humano com a conservação e recuperação dos mesmos. Ao longo de décadas, os rios e riachos intermitentes da região semiárida vêm sofrendo alterações com a construção de grandes barragens

para abastecimento humano, o que modifica as características naturais dos rios e de todo o ambiente no seu entorno. Conseqüentemente, a introdução histórica de espécies (espécies mais comuns: *Cichla ocellaris*, *Oreochromis niloticus* (ambas Cichliformes, Cichlidae), *Colossoma macropomum* (Characiformes, Serrasalmidae) e *Cyprinus carpio* (Cypriniformes, Cyprinidae)) para o abastecimento de proteína de fonte animal nos açudes oriundos dos barramentos tem sido feita de forma sistêmica posicionando os açudes da região Nordeste como os mais produtivos do país (Agostinho *et al.* 2007). Ademais, o crescimento de áreas urbanas tem favorecido a modificação da paisagem e o aumento do lançamento de resíduos diretamente na calha dos rios. Portanto, as pesquisas em rios e riachos intermitentes da região semiárida brasileira devem subsidiar a construção de políticas públicas de gestão hídrica que viabilizem e incentivem pesquisas que não somente estejam ligadas ao uso eficiente dos recursos, mas também que fortaleçam e suportem ações de recuperação e conservação dos rios e riachos intermitentes e das comunidades bióticas associadas.

CONCLUSÃO

Para o direcionamento de pesquisas em ecologia de peixes de riachos intermitentes da região semiárida brasileira sugerimos a realização de estudos básicos para o conhecimento da biologia reprodutiva e trófica das espécies, bem como para a resolução de confusões taxonômicas. Esses estudos devem ser desenvolvidos em paralelo a estudos explicativos que busquem compreender as estratégias desenvolvidas pelas espécies para resistirem à severidade do ciclo hidrológico, e a dinâmica e organização das assembleias de peixes nos rios e sistemas associados, como reservatórios. Os estudos devem levar em consideração as variações temporais de pequena e larga escala, pois as respostas ecológicas são a base para a conservação e uso sustentável das espécies de peixes. Junto a esses elementos, a recuperação de ecossistemas degradados, a manutenção de ambientes estratégicos, como poças temporárias, lagoas marginais, nascentes e riachos em cavernas, assim como o cumprimento da legislação ambiental, são necessários para a

manutenção dos processos naturais e o equilíbrio da ictiofauna. Essas ações, além de serem subsídio para a implementação de políticas públicas de gestão hídrica e de unidades de conservação, também favorecem a recuperação e preservação dos rios intermitentes e de seus serviços ambientais.

AGRADECIMENTOS

BFT agradece à FUNCAP pela bolsa de Produtividade em Pesquisa, Estímulo à Interiorização e Inovação Tecnológica dos projetos BP3-0139-00111.01.00/18 e BP4-00172-00184.01.00/20; JISBAR agradece ao CNPq/PPBIO proposta #457463/2012-0 e CNPq/ICMBio proposta #552009/2011-3; JLCN agradece a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, por todo o apoio logístico e ao CNPq processo 479884/2012-2; CFR agradece à FUNCAP pelo projeto PNE-0112-00026.01.00/16.

REFERÊNCIAS

- Acreman, M., Hughes, K. A., Arthington, A. H., Tickner, D., & Dueñas, M. A. 2019. Protected areas and freshwater biodiversity: a novel systematic review distills eight lessons effective conservation. *Conservation Letter*, 13:e12684. DOI: 10.1111/conl.12684
- Agostinho, A. A., Thomaz, S. M., & Gomes, L. C. 2005. Conservation of the biodiversity in Brazil's inland waters. *Conservation Biology*, 19(3), 646–652. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00701.x
- Agostinho, A. A., Gomes, L. C., & Pelicice, F. M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. Maringá: EDUEM: p. 501.
- Azevedo-Santos, V. M., Frederico, R. G., Fagundes, C. K., Pompeu, P. S., Pelicice, F. M., Padial, A. A., Nogueira, M. G., Fearnside, P. M., Lima, L. B., Daga, V. S., Oliveira, J. F. M., Vitule, J. R. S., Callisto, M., Agostinho, A. A., Esteves, F. A., Lima-Junior, D. P., Magalhães, A. L. B., Sabino, J., Mormul, R. P., Grasel, D., Zuanon, J., Vilella, F. S., & Henry, R. 2018. Protected areas: A focus on Brazilian freshwater biodiversity. *Diversity and Distributions*, 25(3), 442–448. DOI: 10.1111/ddi.12871
- Barbosa, J. E. L., Medeiros, E. S. F., Brasil, J.,

- Cordeiro, R. S., Crispim, M. C. B., & Silva, G. H. G. 2012. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 24(1), 103–118. DOI: 10.1590/S2179-975X2012005000030
- Bayly, I. A. E., & Williams, W. D. 1973. *Inland waters and their ecology*. 1st ed. Melbourne: Longman: p. 316.
- Beesley, L. S., & Prince, J. 2010. Fish community structure in an intermittent river: the importance of environmental stability, landscape factors and within-pool habitat descriptors. *Marine and Freshwater Research*, 61(5), 605–614. DOI: 10.1071/MF09137
- Botero, J. I. S., Lima, S. M. Q., & Garcez, D. S. 2014. Peixes. In: J. I. Sánchez-Botero & D. S. Garcez (Eds.), *Anfíbios e peixes do Parque Nacional de Ubajara e entorno*. Guia Ilustrado. pp. 77–106. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará/LABOMAR/NAVE.
- Botero, J. I. S., de Sousa, C. A. R. S., Lourenço, R. C. G., Valões, B. L. A., Sousa, W. A., Chaves, F. D. N., Lima, S. M. Q., Oliveira, E. F., & Garcez, D. S. 2017. Ecomorfologia de peixes como ferramenta na avaliação da Unidade de Conservação Parque Nacional de Ubajara (Ceará/Brasil). In: W. Mantovani, R. F. Monteiro, Anjos, L. dos & M. O. Cariello (Eds.). *Pesquisas em Unidades de Conservação no domínio da Caatinga: subsídios a gestão*. pp. 465–479. Fortaleza: Edições UFC.
- Brasil. 2012. Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012. Lex: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa: edição federal, Brasília, Brasil.
- Capagnolo, K., Siveira, G. L., & Miola, A. C. 2017. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de Proteção da vegetação nativa. *Ciência Florestal*, 27(3), 831–842. DOI: 10.5902/1980509828633
- Cardoso, M. M. L., Torelli, J. E. R. S., Crispim, M. C. & Siqueira, R. 2012. Diversidade de peixes em poças de um rio intermitente do semi-árido paraibano, Brasil. *Biotemas*, 25(3), 161–171. DOI: 10.5007/2175-7925.2012v25n3p161
- Carvalho, L. K., Farias, R. L., & Medeiros, E. S. F. 2013. Benthic invertebrates and the habitat structure in an intermittent river of the semi-arid region of Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 8(2), 57–67. DOI: 10.4013/nbc.2013.82.01
- Casatti, L. 2010. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna. *Biota Neotropica*, 10(4), 31–34. DOI: 10.1590/S1676-06032010000400002
- Castro, S. L. L., May, L. R., & Garcias, C. M. 2018. Meio ambiente e cidades – áreas de preservação permanente (APPs) marginais urbanas na lei federal n. 12.651/12. *Ciência Florestal*, 28(3), 1340–1349. DOI: 10.5902/1980509833353
- Costa, S. Y. L., Barbosa, J. E. DE L., Viana, L. G. & Ramos, T. P. A. 2017. Composition of the ichthyofauna in Brazilian semiarid reservoirs. *Biota Neotrop.* 17(3), 1–11. DOI: 10.1590/1676-0611-bn-2017-0334
- Chessman, B. C. 2013. Do protected areas benefit freshwater species? A broad-scale assessment for fish in Australia's Murray–Darling Basin. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 969–976. DOI: 10.1111/1365-2664.12104
- Chiu, M-C., Leigh, C., Mazor, R., Cid, N., & Resh, V. 2011. Anthropogenic threats to intermittent rivers and ephemeral streams. In: H, Elliot & L. Martin (Eds.), *River Ecosystems: Dynamics, Management and Conservation*. pp. 433–454. New York: Nova Science Publishers.
- Dala-Corte, R. B., Melo, A. S., Siqueira, T., Bini, L. M., Martins, R.T., Cunico, A. M., Pes, A. M., Magalhães, A. L. B., Godoy, B. S., Leal, C.G., Monteir-Junior, C. S., Stenert, C., Castro, D. M. P., Macedo, D. R., Lima-Junior, D. P., Gubiani, É.A., Massariol, F. C., Teresa, F.B., Becker, F. G., Souza, F. N., Valente-Neto, F., Souza, F. L., Salles, F. F., Brejão, G. L., Brito, J. G., Vitule, J. R. S., Simião-Ferreira, J., Dias-Silva, K., Albuquerque, L., Juen, L., Maltchik, L., Casatti, L., Montag, L., Rodrigues, M. E., Callisto, M., Nogueira, M. A. M., Santos, M. R., Hamada, N., Pamplin, P. A. Z., Pompeu, P. S., Leitão, R. P., Ruaro, R., Mariano, R., Couceiro, S. R. M., Abilhoa, V., Oliveira, V. C., Shimano, Y., Moretto, Y., Suárez, Y. R., & Roque, F.O. 2020. Thresholds of freshwater biodiversity in response to riparian vegetation loss in the Neotropical region. *Journal of Applied Ecology*, 57(7), 1391–1402. DOI:10.1111/1365-2664.13657
- Datry, T., Larned, S. T., & Tockner, K. 2014. Intermittent rivers: a challenge for freshwater ecology. *BioScience*, 64(3), 229–235. DOI: 10.1093/biosci/bit027
- Faustino, A. C. Q., & Terra, B. F. 2020. Ecological drivers of fish metacommunities:

- Environmental and spatial factors surpass predation in structuring metacommunities of intermittent rivers. *Ecology of Freshwater Fish*, 29(1), 145–155. DOI: 10.1111/eff.12502
- Guidotti, V., Ferraz, S. F. B., Pinto, L. F. G., Sparovek, G., Taniwaki, R. H., & Brancalion, P. H. S. 2020. Changes in Brazil's forest code can erode the potential of riparian buffers to supply watershed services. *Land Use Policy*, 94(2020), 1–11. DOI: 10.1016/j.landusepol.2020.104511
- Hughes, R. M., & Peck, D. V. 2008. Acquiring data for large aquatic resource surveys: the art of compromise among science, logistics, and reality. *Journal of the North American Benthological Society*, 27(4), 837–859. DOI: 10.1899/08-028.1
- Hughes, R. M., Herlihy, A. T., Gerth, W. J., & Pan, Y. 2012. Estimating vertebrate, benthic macroinvertebrate, and diatom taxa richness in raftable Pacific Northwest rivers for bioassessment purposes. *Environmental Monitoring Assessment*, 184(5), 3185–3198. DOI: 10.1007/s10661-011-2181-9
- Ilha, P., Rosso, S., & Schiesari, L. 2019. Effects of deforestation on headwater stream fish assemblages in the Upper Xingu River basin, Southeastern Amazonia. *Neotropical Ichthyology*, 17(1), e180099. DOI: 10.1590/1982-0224-20180099
- Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VI – Peixes. 1st ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 7 v.: il. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/component/content/article/10187>
- Izique, C. 2005. As águas vão rolar; transposição do rio São Francisco divide opiniões e instiga polêmica entre governo e pesquisadores. *Pesquisa FAPESP*, 112, 26–29.
- Junior, E. S. O. 2012. Invertebrados aquáticos em poças temporárias de um riacho de cerrado. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 12(2), 29–33.
- Kadye, W. T., & Chakona, A. 2012. Spatial and temporal variation of fish assemblage in two intermittent streams in north-western Zimbabwe. *African Journal of Ecology*, 50(4), 428–438. DOI: 10.1111/j.1365-2028.2012.01338.x
- Karunaratna, S., Amarasinghe, A. A. T., Henkanaththegedara, S., Surasinghe, T., Madawala, M., Gabadage, D., & Botejue, M. 2017. Distribution, habitat associations and conservation implications of Sri Lankan freshwater terrapins outside the protected area network. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(6), 1301–1312. DOI: 10.1002/acq2792
- Larned, S. T., Datry, T., Arscott, D. B., & Tockner, K. 2010. Emerging concepts in temporary-river ecology. *Freshwater Biology*, 55(4), 717–738. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2009.02322.x
- Leal, I. R., Silva, J. M. C., Tabarelli, M., & Lacher, T. E. Jr. 2005. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of northeastern Brazil. *Conservation Biology*, 19(3), 701–706. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00703.x
- Lévêque, C., Oberdorff, T., Paugy, D., Stiassny, M. L. J., & Tedesco, P. A. (2007). Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595(1), 545–567. doi:10.1007/s10750-007-9034-0
- Lima, S. M. Q., Ramos, T. P. A., da Silva, M. J., & Rosa, R. S. 2017. Diversity, distribution, and conservation of the Caatinga fishes: Advances and challenges. In J. M. C. da Silva, I. R. Leal, & M. Tabarelli (Eds.), *Caatinga: The largest tropical dry Forest region in South America*. pp. 97–131. Cham: Springer International Publishing.
- Liu, W. T., Juárez, R. I. N. 2001. ENSO drought onset prediction in northeast Brazil using NDVI. *International Journal of Remote Sensing*, 22(17), 3483–3501. DOI: 10.1080/01431160010006430
- Lobón-Cerviá, J., Mazzoni, R., & Rezende, C. F. 2016. Effects of riparian forest removal on the trophic dynamics of a Neotropical stream fish assemblage. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 50–64. DOI: 10.1111/jfb.12973
- Magalhães, L. T. S., Gomes, J. B. V., Vasco, A. N., Aguiar- Netto, A. O., & Ferreira, R. A. 2012. Caracterização geo-pedológica das áreas de nascentes na bacia hidrográfica do rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. *Ambi-Agua*, 7(1), 169–181. DOI: 10.4136/ambi-agua.767
- Maltchik, L., & Florin, M. 2002. Perspectives of hydrological disturbance as the driving force of Brazilian semiarid stream ecosystems. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14(3), 35–41. DOI: 10.4322/actalb

- Maltchik, L., & Medeiros, E. S. F. 2006. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(7), 665–677. DOI:10.1002/aqc.805
- Maltchik, L. 1990. Ecologia de rios intermitentes tropicais. In: M. L. M. Pompêo (ed.), *Perspectiva da Limnologia no Brasil*. pp. 77–89. São Luís: Gráfica e editora União.
- Manna L. R., Villéger, S., Rezende, C. F., & Mazzoni, R. 2018. High intraspecific variability in morphology and diet in tropical stream fish communities. *Ecology of Freshwater Fish*, 28(1), 41–52. DOI: 10.1111/eff.12425
- Manna, L. R., Rezende, C. F., & Mazzoni, R. 2017. Effect of body size on microhabitat preferences in stream-dwelling fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(2), 193–202. DOI: 10.1111/jai.13320
- Marques, O. A. V., Nogueira, C., Martins, M., & Sawaya, J. 2010. Impactos potenciais das mudanças propostas no Código Florestal Brasileiro sobre os répteis brasileiros. *Biota Neotropica*, 10(4), 39--42. DOI: 10.1590/S1676-06032010000400004
- Matthews, W. J. 1998. *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. New York: Springer: p. 779.
- Matthews, W. J., & Marsh-Matthews, E. 2017. *Stream fish community dynamics: A critical synthesis*. 1st ed. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press: p. 330.
- Mazzoni, R., Fenerich-Verani, N., & Caramasch, E. P. 2000. Electrofishing as a sampling technique for coastal stream fish populations in the southeast of Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 60(2), 205–216. DOI: 10.1590/S0034-71082000000200003
- McDonough, O. T., Hosen, J. D., & Palmer, M. A. 2011. Temporary streams: the hydrology, geography, and ecology of non-perennially flowing waters. In: H. S., Elliot, & L. E. Martin LE (Eds.), *River Ecosystems: Dynamics, Management and Conservation*. pp. 259–290. New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Medeiros, E. S. F., & Maltchik, L. 1997. Parasita ataca peixes nos rios do semi-árido. *Ciência Hoje*, 130, 66–7.
- Medeiros, E. S. F., & Maltchik, L. 1999. The effects of hydrological disturbance on the intensity of infestation of *Lernaea cyprinacea* in an intermittent stream fish community. *Journal of Arid Environments*, 43(3), 351–356. DOI: 10.1006/jare.1999.0545
- Medeiros, E. S. F., & Maltchik, L. 2001a. Effects of flood and drought on diversity and stability of fishes in a temporary river from the Brazilian semiarid region. *Iheringia Série Zoologia*, 90, 157–166. DOI: 10.1590/S0073-47212001000100016
- Medeiros, E. S. F., & Maltchik, L. 2001b. Fish assemblage stability in an intermittently flowing stream from the Brazilian semiarid region. *Austral Ecology*, 26(2), 156–164. DOI: 10.1046/j.1442-9993.2001.01099.x
- Medeiros, E. S. F., Silva, M. J., Figueiredo, B. R. S., Ramos, T. P. A., & Ramos, R. T. C. 2010. Effects of fishing technique on assessing species composition in aquatic systems in semi-arid Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 70(2), 255–262. DOI: 10.1590/S1519-69842010000200004
- Medeiros, E. S. F., Silva, D. J., & Ometto, J. P. H. B. 2010. Fontes de energia em rios do semiárido. Isótopos estáveis indicam origens do carbono que mantém diversidade do ambiente aquático. *Ciência Hoje*, 46(271), 34–39.
- Melo, T. X., & Medeiros, E. S. F. 2013. Spatial distribution of zooplankton diversity across temporary pools in a semiarid intermittent river. *International Journal of Biodiversity*, 2013(ID946361), 1–13. DOI:10.1155/2013/946361
- Moura, A. D., Shukla, J. 1981. On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38(12), 2653–2675. DOI: <https://doi.org/d3jzkz5>
- Neto, S. F., Melo, G. K. R. M. M., Lima, V. L. A., Neto, J. D. 2015. Áreas de Preservação Permanente: a aplicabilidade da legislação ambiental frente aos recursos hídricos do semiárido brasileiro. *Ciência e Natura*, 37(42), 210–219. DOI: 105902/2179460X17298
- Neves, M. P., Amorim, J. P., & Delariva, R. L. 2018. Influence of land use on the health of a detritivorous fish (*Ancistrus mullerae*) endemic to the Iguassu ecoregion: relationship between agricultural land use and severe histopathological alterations. *Environmental*

- Science and Pollution Research, 25(12), 11670-11682. DOI: 10.1007/s11356-018-1283-0
- Nimer, E. 1977. Clima. In: IBGE (ed) Região Nordeste Geografia do Brasil. vol 2. SERGRAF-IBGE, Rio de Janeiro.
- Nimet, J., Neves, M. P., Viana, N. P., Amorim, J. P. A., & Delariva, R. L. 2019. Histopathological alterations in gills of a fish (*Astyanax bifasciatus*) in neotropical streams: negative effects of riparian forest reduction and presence of pesticides. *Environmental Monitoring and Assessment*, 198(58), 1–13. DOI: 10.1007/s10661-019-8030-y
- Nunes da Cunha, & C., Junk, W. J. 2011. A preliminary classification of habitats of the Pantanal of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, and its relation to national and international wetland classification systems. In: W. J. Junk, C. J. da Silva, C. Nunes da Cunha, & K. M. Wantzen (Eds.) *The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland*. pp. 127–141. Sofia [et al.]: Pensoft.
- Perez, A. B. A., Santos, C. I., Sá, J. H. M., Arienti, P. F., & Chaffe, P. L.B. 2020. Connectivity of ephemeral and intermittent streams in a subtropical atlantic forest headwater catchment. *Water*, 12(6), 1526. DOI: 10.3390/w12061526
- Pusey, B. J., & Arthington, A. H. 2003. Importance of the riparian zone to the conservation and management of freshwater fish: a review. *Marine and Freshwater Research*, 54(1), 1–16.
- Ramos, T. P. A., Lima, J. A. S., Costa, S. Y. L., Silva, M. J., Avelar, R. C., & Oliveira-Silva, L. 2018. Continental ichthyofauna from the Paraíba do Norte River basin pre-transposition of the São Francisco River, Northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 18(4), e20170471. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2017-0471
- Renner, S., Périco, E., Ely, G.J., Sahlén, G. 2017. Preliminary dragonfly (Odonata) species list from the Pampa biome in Rio Grande do Sul, Brazil, with ecological notes for 19 new records for the State Biota Neotropica, 17(4), e20170374. DOI: 10.1590/1676-0611-BN-2017-0374
- Rodrigues-Filho, C. A. S., Gurgel-Lourenço, R. C., Lima, S. M. Q., Oliveira, E. F., & Sánchez-Botero, J. I. 2017. What governs the functional diversity patterns of fishes in the headwater streams of the humid forest enclaves: environmental conditions, taxonomic diversity or biotic interactions? *Environmental Biology of Fishes*, 100(9), 1023–1032. DOI: 10.1007/s10641-017-0603-4
- Rodrigues-Filho, C. A. S., Gurgel-Lourenço, R. C., Ramos, E. A., Novaes, J. L. C., Garcez, D. S., Costa, R. S., & Sánchez-Botero, J. I. 2019. Metacommunity organization in an intermittent river in Brazil: the importance of riverine networks for regional biodiversity. *Aquatic Ecology*, 54(1), 145–161. DOI: 10.1007/s10452-019-09732-1
- Rodrigues-Filho, C. A. S., Leitão, R. P., Zuanon, J., Sánchez-Botero, J. I., & Baccaro, F. B. 2018. Historical stability promoted higher functional specialization and originality in Neotropical stream fish assemblages. *Journal of Biogeography*, 45(6), 1345–1354. DOI: <https://doi.org/10.1111/jbi.13205>
- Rosa, R. S., & Groth, F. 2004. Ictiofauna dos ecossistemas de brejos de altitude de Pernambuco e Paraíba. In: K. C. Porto, J. J. P. Cabral, & M. Tabarelli (Eds), *Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação*. pp. 201–210. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Rosa, R. S., Menezes, N. A., Britski, H. A., Costa, W. J. E. M., & Groth, F. 2003. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: I. R. Leal, M. Tabarelli, & J. M. C. Silva (Eds.), *Ecologia e conservação da Caatinga*. pp. 135–162. Recife: Ed. Universitária UFPE.
- Sabino, J. 1999. Comportamento de peixes de riachos: métodos de estudo para uma abordagem naturalística. In: Caramaschi, E. P.; Mazzoni, R. & Peres-Neto, P. R. eds. *Ecologia de peixes de riachos*. UFRJ. VI: *Oecologia Brasiliensis*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ. p.183-208.
- Sarmiento-Soares, L.M., Santos, A.C.A., Martins-Pinheiro, R.F., & Takako, AK. 2018. c. *E-letters Science*, 361: 6404, 748–750.
- Silva, M. J., Ramos, T. P. A., Carvalho, F. R., Brito, M. F. G., Ramos, R. T. C., Rosa, R. S., Sánchez-Botero, J.I., Novaes, J. L.C., Costa, R. S., Lima, S. M. Q. 2020. Freshwater fish richness baseline from the São Francisco Interbasin Water Transfer Project in the Brazilian Semiarid,

- Neotropical Ichthyology. 18(4), e200063. DOI: org/10.1590/1982-0224-2020-0063
- Souza, F. B., Santos, A. C.A., & Silva, A. T. (2020): Trophic structure of ichthyofauna in streams of the Contas River basin, Brazil, *Studies on Neotropical Fauna and Environment*. DOI: 10.1080/01650521.2020.1809610
- Stanley, E. H., & Fisher, S.G. 1992. Intermittency, disturbance, and stability in stream ecosystems. In: R. D. Robarts, & M. L. Bothwell (Eds.) *Aquatic ecosystems in semi-arid regions: implications for resource management*. pp 271–280. N.H.R.I. Symposium Series 7, Saskatoon: Environment Canada.
- Steffan, E. R. 1977. Hidrografia. In: IBGE (Ed) *Região Nordeste Geografia do Brasil*. vol 2. SERGRAF-IBGE, Rio de Janeiro.
- Stegmann, L., Leitão, R., Zuanon, J., & Magnusson, W. 2019. Distance to large rivers affects fish diversity patterns in highly dynamic streams of Central Amazonia. *PLoS ONE*, 14(10), e0223880. DOI: 10.1371/journal.pone.0223880
- Stromberg, J. C., Hazelton, A. F., White, M. S., White, J.M., & Fischer, R.A. 2009. Ephemeral wetlands along a spatially intermittent river: temporal patterns of vegetation development. *Wetlands*, 29(1), 330–342. DOI: 10.1672/08-124.1
- SUDENE (2020) Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/area-de-atuacao/regiao-nordeste-estatisticas/hidrografia>. Acesso em: Janeiro 2020
- Teresa, F. B., & Casatti, L. 2010. Importância da vegetação ripária em regiões intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(3), 444–453.
- Terra, B. F., Hughes, R. M., & Araújo, F. G. 2013. Sampling Sufficiency for Fish Assemblage Surveys of Tropical Atlantic Forest Streams, Southeastern Brazil Sampling Sufficiency for Fish Assemblage Surveys of Tropical Atlantic Forest Streams, Southeastern Brazil. *Fisheries*, 38(4), 150–158. DOI: 10.1080/03632415.2013.775572
- Towns, D. R. 1985. Limnological characteristics of a South Australian intermittent stream, Brown Hill Creek. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* 36(6), 821–837. DOI: 10.1071/MF9850821
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences*, 37(1), 130–137. DOI: 10.1139/f80-017
- Vardakas, L., Kalogianni, E., Zogaris, S., Koutsikos, N., Vavalidis, T., Koutsoubas, D., & Skoulikidis, N. 2015. Distribution patterns of fish assemblages in an Eastern Mediterranean intermittent river. *Knowledge Management Aquatic Ecosystems*, 416, 30. DOI: 10.1051/kmae/2015026
- Vorste, R. V., Sarrajame, R., & Datry, T. 2020. Intermittent rivers & ephemeral streams: a unique biome with important contributions to biodiversity and ecosystem services. *Encyclopedia of the World's Biomes*, 419–429. DOI:10.1016/B978-0-12-409548-9.12054-8
- Welcomme, R. L. (1979). *Fisheries Ecology of Floodplain Rivers*. London: Longman: p. 317.
- Zimmer, M. A., McGlynn, B. L. 2017. Bidirectional stream-groundwater flow in response to ephemeral and intermittent streamflow and groundwater seasonality. *Hydrological Processes*, 31(22), 3871–3880. DOI: 10.1002/hyp.11301
- Zolderdo, A. J., Abrams, A. E. I., Reid, C. H., Suski, C. D., Midwood, J. D., & Cook, S. J. 2019. Evidence of spillover from freshwater protected areas in lakes of eastern Ontario. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(7), 1106–1122. DOI: 10.1002/acq3155

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela S1. Lista dos estudos sobre ecologia de peixes de riachos intermitentes realizados na região semiárida brasileira nos últimos 23 anos.

Table S1. List of studies on the ecology of fish from intermittent streams carried out in the Brazilian semi-arid region in the last 23 years.

Submitted: 28 July 2020

Accepted: 04 May 2021

Associate Editors: Érica Pellegrini Caramaschi,
Rosana Mazzoni
e Rafael Pereira Leitão