INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS

Bio Diverso

REVISÃO E SÍNTESE

Uso sustentável de recursos naturais: o exemplo da pesca na Amazônia

Renato A. M. Silvano[1,2], Gustavo Hallwass[2,3]

Resumo: A pesca artesanal na Amazônia brasileira é de grande importância como fonte de renda e alimentação para a população da região. A sustentabilidade da pesca amazônica é difícil de ser avaliada devido à escassez de dados de monitoramento da atividade. Diversas ameaças e impactos ambientais, a maioria de origem antrópica, têm afetado a atividade pesqueira. Sistemas de co-manejo que se desenvolveram na Amazônia brasileira podem auxiliar a promover a sustentabilidade ecológica e econômica no uso dos recursos pesqueiros. Esses sistemas incluem o co-manejo direcionado para espécies de peixe de grande valor comercial, acordos de pesca e áreas protegidas de uso sustentável. A colaboração com os pescadores artesanais, especialmente através do seu envolvimento nas pesquisas e da valorização do seu conhecimento tradicional sobre os peixes, é fundamental para se manter uma pesca mais sustentável através do co-manejo dos recursos pesqueiros na Amazônia brasileira.

Palavras-chave: co-manejo, conhecimento ecológico local, manejo pesqueiro, pescarias continentais, segurança alimentar

1 - Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (renato.silvano@ufrgs.br)

2 - Fisheries and Food Institute (FIFO), www.fisheriesandfood.com, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

3 - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Pará, Brasil (gustavo.hallwass@gmail.com)

Abstract: *The artisanal fisheries in the Brazilian Amazon are very important as a source of food and income for the regional population. The scarcity of monitoring data makes it difficult to evaluate the sustainability of Amazonian fisheries. Several threats and environmental impacts, mostly of anthropic origin, have affected the fishing activity. Co-management systems that have developed in the Brazilian Amazon can help to promote the ecological and economic sustainability of the use of fishing resources. These systems include the co-management directed at fish species of high commercial value, fishing agreements and protected areas of sustainable use. The collaboration with artisanal fishers, especially through their inclusion in research and through the valorization of their traditional knowledge about fish, is paramount to achieve more sustainable fishing based on the co-management of fish resources in the Brazilian Amazon.*

Keywords: *co-management, fishery management, food security, inland fisheries, local ecological knowledge.*

Introdução

Importância da pesca artesanal e continental no mundo

A pesca pode ser considerada uma atividade extrativista e um serviço ecossistêmico de provisão, que fornece alimento e renda para milhões de pessoas em todo o mundo[1,2]. Segundo estimativas da FAO (*Food and Agriculture Organization*), a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 17% de toda a proteína animal consumida no mundo é oriunda de peixes[2]. Por sua vez, a pesca realizada em ambientes continentais fornece 12,7% dos peixes capturados no mundo, enquanto esses ambientes cobrem apenas 1,2% da superfície do planeta[3]. Mais de 90% das capturas de peixes continentais são direcionadas ao consumo humano[3,4]. Recentes estimativas indicam que a pesca continental pode fornecer completamente a necessidade de proteína diária para cerca de 119 a 158 milhões de pessoas em países pobres do mundo[3,4]. De fato, o peixe oriundo da pesca continental fornece proteína de boa qualidade, principalmente para populações pobres em países em desenvolvimento na África, Ásia e América do Sul[1]. Essa mesma dependência do peixe como fonte de proteína é constatada na região Amazônica, onde as taxas de consumo diário de peixe estão entre as mais altas do mundo[5–7].

Contudo, a pesca continental não é direcionada apenas para garantir a segurança alimentar das populações humanas, especialmente as mais empobrecidas. A pesca continental emprega mais de 25 milhões de pessoas direta e indiretamente no mundo, sendo que o valor de mercado estimado dessa modalidade de pesca varia entre U$D 24 e 43 bilhões anualmente[3]. Por outro lado, o valor anual de mercado dos produtos da pesca continental no Brasil foi estimado em U$D 828 milhões[3], sendo que boa parte dessas pescarias continentais ocorrem na região Amazônica. De fato, ambientes aquáticos continentais podem ser considerados “bancos naturais”, cujo capital (peixe) é capaz de prover alimento e renda para populações ribeirinhas e tem um importante

papel no alívio da pobreza e na segurança alimentar de países de baixa renda e déficit nutricional[3,8].

A pesca artensanal na Amazônia

A bacia amazônica é o maior ecossistema de água doce com a maior diversidade de peixes de água doce do mundo[9,10]. No entanto, os trabalhos publicados exclusivamente sobre a pesca continental na região Amazônica começam com José Veríssimo e seu livro intitulado "A Pesca na Amazônia" em 1895[11]. Após uma lacuna de cerca de 80 anos, na década de 70 são publicados os primeiros estudos científicos sobre a pesca continental na região Amazônica, especificamente no estado do Amazonas, com a análise geral do pescado produzido por Honda e colaboradores[12], seguido de detalhados e robustos estudos de Miguel Petrere Jr. nos anos de 1978 e 1983, que direcionaram as pesquisas subsequentes sobre a pesca na região[13-15]. Contudo, apenas na década de 90 ocorre um aumento consistente e estável no número de estudos publicados sobre a pesca continental na região Amazônica[16]. De forma similar à pesca costeira no litoral brasileiro[17], a pesca amazônica pode ser considerada como um sistema socioecológico, no qual a utilização de recursos e os modos de vida das pessoas encontram-se interligados com a biodiversidade e o funcionamento do ecossistema.

Nesse artigo iremos enfocar a pesca artesanal de pequena escala, principalmente de peixes, voltada para consumo e comercialização em escala local ou regional nos rios amazônicos (**Figura 1**). No entanto, a Amazônia apresenta ainda outras modalidades de pesca, como a pesca ornamental de peixes para aquários[18-21], pesca em maior escala, voltada principalmente para exportação, de peixes no estuário amazônico[22,23] e dos grandes bagres migradores (**Figura 2a**)[24–26], além da pesca recreativa ou esportiva[27–29]. Não abordaremos a captura e utilização de outros vertebrados aquáticos além dos peixes, como jacarés e tartarugas de água doce (quelônios), os quais também são relevantes como fontes de alimento para os ribeirinhos amazônicos[30–32], porém a captura desses animais geralmente não é considerada tecnicamente e legalmente como parte da pesca.

Apesar da dificuldade em se monitorar e estimar a produção pesqueira da região Amazônica, foram calculadas 199.000 t anuais para toda a bacia amazônica em 1989[33] e de 45.000 a 61.000 t anuais entre 2001 e 2004 exclusivamente na Amazônia brasileira[34]. A pesca amazônica pode ser considerada como multiespecífica, uma vez que os pescadores podem capturar muitas espécies de peixes, geralmente cerca de 40 a 50 espécies, para consumo próprio ou venda, utilizando variadas técnicas de pesca, como redes malhadeiras, anzol e linha, tarrafa, espinhel ou arpões[33–37]. No entanto, segundo uma análise geral da pesca artesanal comparando 46 localidades

em quatro regiões da Amazônia, apesar de potencialmente incluir muitas espécies, a pesca amazônica pode ser relativamente seletiva, uma vez que, na maioria das comunidades analisadas,

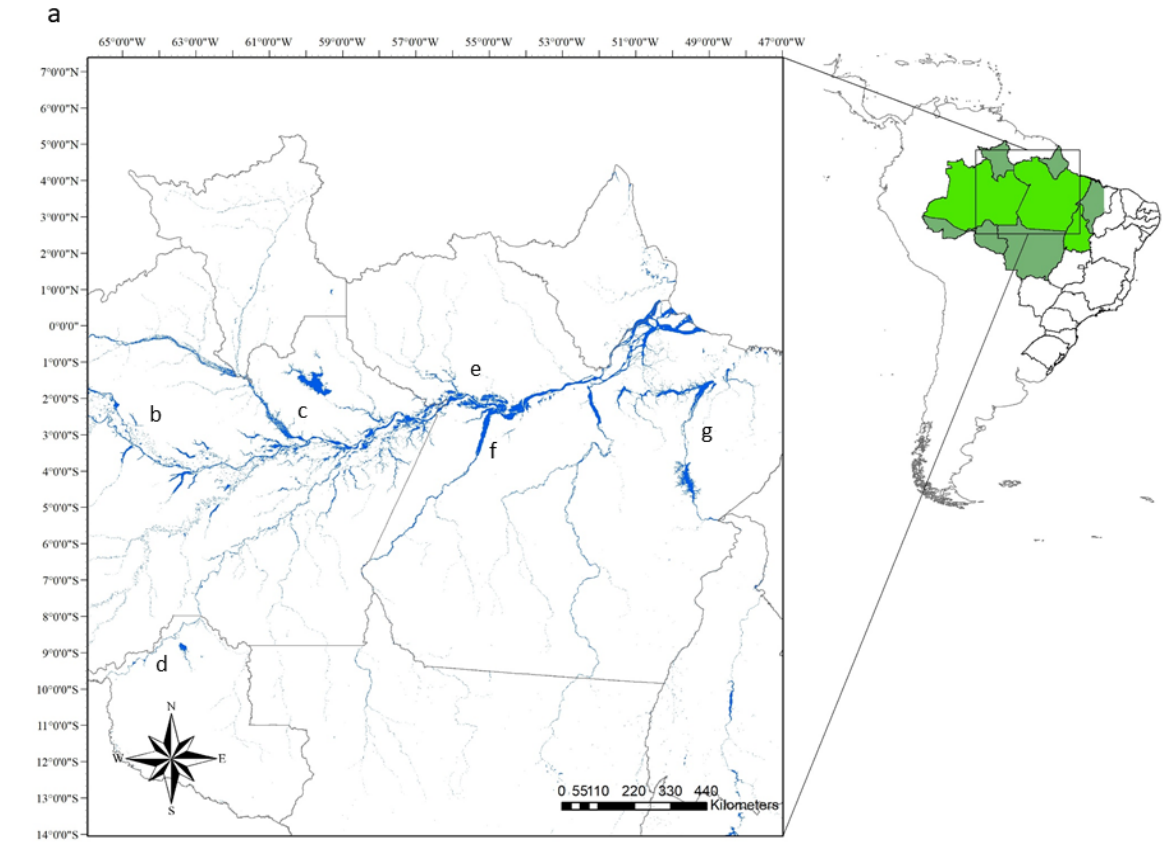

Figura 1 (pag. anterior). Localização da Bacia Amazônica e aspectos da pesca artesanal, mostrando a) mapa da hidrografia de alguns dos principais rios nos abordados nesse artigo; b) Rio Japurá e Solimões (AM), próximo à Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, onde pescadores se dirigem em conjunto para pesca coletiva do peixe pirarucu (*Arapaima gigas*) em lagos, seguindo sistema de co-manejo baseado em quotas comunitárias; c) Rio Negro (AM) e pescador com sua captura de peixes de pequeno porte, principalmente pacus e piranhas (família Serrasalmidae); d) Pescador no Rio Madeira, em frente a Porto Velho (RO), capturando uma dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*); e) Baixo Rio Amazonas (PA), com pescadores artesanais pescando no canal principal do rio com redes malhadeiras e pequenos barcos com motor de popa do tipo "rabeta", o tipo de embarcação mais utilizado na pesca artesanal fluvial amazônica; f) Baixo Rio Tapajós (PA), com pescador exibindo o peixe tucunaré (*Cichla ocellaris*) capturado durante coleta de peixes através de pesca experimental; g) Baixo Rio Tocantins (PA) e registro da pesca artesanal realizada por pesquisadores em comunidade durante a época de cheia do rio. Mapa: Kaluan C. Vieira. Fotos a, b, c , e, f, g: Renato Silvano. Foto d: Luís Fernando da Câmara.

poucas espécies de peixes (de uma a cinco espécies) correspondem a mais de 50 % da biomassa total de peixes capturada na pesca[38]. Em algumas localidades que seguem estratégias de manejo e encontram-se situadas em rios de água branca mais produtivos, mais de 80 % da biomassa de peixes capturada em algumas épocas do ano pode corresponder a somente uma ou duas espécies de maior interesse comercial[38,39].

Além disso, as pescarias amazônicas são influenciadas pela forte sazonalidade na hidrologia de seus rios, incluindo uma variação no nível dos rios de cerca de 10 metros na região do Baixo Amazonas, gerando pulsos de inundação[40]. Essa sazonalidade de secas e cheias do rio é essencial para o ciclo de vida de muitas espécies de peixes, fazendo com que os pescadores ajustem suas estratégias de pesca (apetrechos, habitats e espécies capturadas) de acordo com o nível dos rios[34-37]. Outra característica da pesca amazônica, a exemplo de várias outras pescarias artesanais fluviais tropicais, consiste na sua característica difusa. Por exemplo, no Baixo Rio Tocantins (PA) (**Figura 1g**), a quantidade de pescado produzido, consumido ou comercializado em cinco comunidades ribeirinhas pode exceder a quantidade de pescado desembarcada e comercializada no mercado municipal da cidade mais próxima[36]. Além de ressaltar a grande relevância da pesca artesanal amazônica no contexto da segurança alimentar local e regional[6,7,41], essa característica difusa, associada a sazonalidade, variedade de técnicas de pesca e espécies capturadas, dificultam o monitoramento da pesca e a definição de estratégias de manejo pesqueiro adequadas a realidade local[42]. O presente artigo apresenta tópicos gerais sobre a pesca continental (também chamada de pesca de água doce, fluvial ou de interior) para produção de alimento na região Amazônica (**Figura 1**). Os tópicos apresentados deverão apresentar uma visão atual, geral e abrangente sobre o uso e gestão dos recursos pesqueiros, com enfoque nos peixes, na região Amazônica.

Figura 2. Alguns dos principais recursos pesqueiros da Amazônia brasileira, mencionados ao longo desse artigo: a) grandes bagres migradores a venda no mercado Ver o Peso em Belém (PA), nesse caso o filhote (*Brachyplatystoma filamentosum*); b) o caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) em mercado em Bragança (PA); c) o pirarucu (*Arapaima gigas*) no Rio Solimões (AM); d) jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) em mercado de Manaus (AM); e) dourada (*Brachyplatystoma rousseauxii*); f) tambaqui (*Colossoma macropomum*) com pescador no Baixo Rio Amazonas (PA); g) matrinchã (*Brycon* spp.) em igarapé (pequeno rio) no Rio Tapajós (PA); h) curimata (*Prochilodus nigricans*) coletado no Rio Tocantins (PA). Fotos: Renato Silvano.

Sustentabilidade da pesca na Amazônia

A sustentabilidade, no que se refere ao uso sustentável dos recursos naturais (incluindo a pesca), pode ser compreendida como o uso continuado dos recursos sem comprometer o seu uso pelas gerações futuras, além da manutenção da produtividade dos recursos e do funcionamento dos ecossistemas[43]. No entanto, essa definição corresponde principalmente à sustentabilidade ecológica, sendo que a sustentabilidade apresenta três dimensões: ecológica (ambiental), econômica e social[44]. Uma grande dificuldade de se avaliar o uso sustentável dos recursos pesqueiros na Amazônia brasileira consiste na falta de dados, especialmente sobre indicadores biológicos dos recursos pesqueiros, como situação de estoques, quantidades e tamanhos dos peixes capturados, dentre outros, bem como a ausência generalizada de séries temporais de estatísticas pesqueiras com base em dados de desembarques[34]. Considerando tais limitações, o panorama apresentado a seguir baseia-se nas melhores informações disponíveis sobre alguns dos

principais recursos pesqueiros na pesca continental da Amazônia brasileira, incluindo, além de peixes, uma espécie de caranguejo muito utilizada na Amazônia brasileira.

Com o objetivo de avaliar a sustentabilidade da coleta do caranguejo-uçá *Ucides cordatus* (Linnaeus, 1763) (**Figura 2b**) no estuário do Pará, foi analisada uma série de cinco anos de dados biológicos, econômicos e sociais[44]. Essa análise indica que a atividade de coleta do caranguejo-uçá apresenta sustentabilidade ecológica, uma vez que não houve redução na captura por unidade de esforço (CPUE) e nem no tamanho dos caranguejos[44]. No entanto, os demais indicadores apontam para falta de sustentabilidade econômica e social, visto que a renda e poder de compra dos pescadores de caranguejo foram reduzidos no decorrer do período de estudo, além de se observarem conflitos sociais e trabalho infantil[44.] Esse estudo mostra que nem sempre a sustentabilidade ecológica é suficiente para garantir um sistema socioecológico totalmente sustentável em todas as suas dimensões.

Outro caso relevante de sustentabilidade na Amazônia está relacionado ao maior peixe de água doce da região Amazônica, o pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz 1822) (**Figura 2c**), que pode medir mais de 3 metros e pesar mais de 200 kg[45]. O pirarucu é historicamente apreciado pelas populações que vivem na região Amazônica, desde povos indígenas do período pré-Colombiano até os dias de hoje[11,46-48]. Contudo, o crescimento da população Amazônica aumentou a demanda pelo pirarucu que, a partir do final da década de 1950, apresentou indícios de declínio em sua abundância e consequente aumento no preço, tornando-se menos acessível para grande parte da população Amazônica[49]. Entretanto, nos últimos 20 anos, vários estudos têm demonstrado o potencial do manejo sustentável do pirarucu nas dimensões ecológica, econômica e social[47,48], conforme discutido abaixo. Apesar da maioria dos estudos abordarem a sustentabilidade ecológica da pesca de peixes amazônicos, estudos recentes têm enfatizado a necessidade de se considerar também as outras dimensões sociais e econômicas de sustentabilidade, como justiça social e inclusão de gênero[50,51].

Desafios para a sustentabilidade: impactos ambientais e pressão pesqueira

Nas últimas décadas, a região Amazônica tem sofrido diversos impactos ambientais de origem antrópica, além de um aumento gradual na pressão pesqueira. Independentemente da localização e magnitude das alterações ambientais ocorridas, rios e lagos têm sido diretamente ou indiretamente afetados, pois esses ambientes recebem os impactos e pressões ambientais resultantes da drenagem de toda a bacia hidrográfica, com fortes efeitos sobre a pesca e os meios de vida das populações ribeirinhas. Entre estas alterações destacam-se: drenagens e alterações de habitats pela agricultura e criação de gado, poluição, contaminação e degradação da qualidade da água proveniente de centros urbanos, indústrias, agricultura e mineração, e barramentos,

modificações de habitats e regulação artificial do fluxo de rios resultantes da construção de hidroelétricas para produção de energia[52]. A pesca artesanal na região Amazônica tem sofrido diversos e variados impactos de origem antrópica, incluindo desde impactos diretos da pesca excessiva, até impactos externos à pesca ou indiretos, provenientes de grandes obras que alteram todo o ecossistema ou pequenos e inúmeros garimpos ilegais que contaminam o ambiente. Esses impactos são detalhados a seguir.

Barragens

O barramento de grandes rios Amazônicos para a construção de usinas hidrelétricas pode ser considerado uma tragédia anunciada para os recursos pesqueiros em toda a extensão dos rios, mas especialmente nas regiões à jusante (rio abaixo) desses barramentos[53]. Apesar dos impactos das barragens afetarem a área do represamento e região à montante, os impactos na pesca à jusante têm sido frequentemente negligenciados na política ambiental, que considera grande parte da região à jusante como área não afetada pela barragem[53,54]. A fragmentação dos ambientes, interrupção ou bloqueio de rotas migratórias de peixes e alterações no fluxo, vazão e sedimentação dos rios impactam diretamente o ecossistema aquático e as comunidades de peixes[55–61]. No intuito de manter a conectividade dos trechos acima (reservatório e montante) e abaixo (jusante) do barramento, sistemas de transposição de peixes têm sido criados, incluindo as chamadas "escadas de peixes", que consistem em estruturas que possibilitariam a passagem de peixes migradores[62]. No entanto, essas escadas de peixes podem atrair predadores[62] e atuar como armadilhas ecológicas para os peixes, no caso de peixes que se movimentam de um ambiente favorável para um ambiente desfavorável rio acima da barragem[63], ou mesmo serem ineficientes para a transposição das espécies alvo[64]. De fato, tanto a pesca como os meios de vida das populações ribeirinhas que dependem desses recursos têm sido fortemente impactados por esses empreendimentos, através da redução da abundância de peixes e mesmo extinção local de algumas espécies, incluindo regiões à jusante das hidrelétricas, que geralmente não são consideradas em medidas de compensação ambiental[54,65–67]. Por exemplo, 22 anos após a construção da Hidrelétrica de Tucuruí, no Baixo Rio Tocantins, na região situada cerca de 100 km à jusante da hidrelétrica, foi constatada a extinção local do jaraqui (**Figura 2d**) *Semaprochilodus brama* (Valenciennes 1850) e a produção pesqueira caiu pela metade, enquanto a população humana aumentou cerca de cinco vezes[65]. No Rio Madeira, seis anos após o barramento do rio, na região situada a cerca de 200 km à jusante da hidrelétrica, a produção pesqueira anual apresentou uma redução de 39%[66].

Além dos impactos à jusante, as barragens e reservatórios formados pelas hidrelétricas geram modificações no ambiente aquático, afetando também os peixes e a pesca na área do

reservatório e a montante (rio acima). Os reservatórios modificam um ambiente previamente de águas correntes (lótico) em águas paradas ou lentas (lêntico), além do alagamento da área adjacente, causando alterações na comunidade de peixes e, consequentemente, na pesca. Por exemplo, um estudo da ecologia de comunidades de peixes no Rio Araguari (AP) comparando trechos a montante, jusante e no reservatório de Coaracy Nunes indica que o reservatório apresenta um ambiente mais perturbado, com menor riqueza de espécies de peixes e peixes de menor tamanho, devido ao represamento do rio[68]. Em uma região da Bolívia, situada mais de 1500 km à montante das hidrelétricas do Rio Madeira no Brasil, a pesca da dourada *Brachyplatystoma rousseauxii* (Castelnau, 1855) (**Figura 2e**), apresentou acentuadas quedas em sua produção e produtividade pesqueira após o barramento do rio[69]. A dourada é um grande bagre que realiza extensas migrações de mais de 4000 km, da foz do Rio Amazonas até os rios de cabeceira da bacia amazônica[26.] Portanto, a ineficiência em garantir a migração dos grandes bagres migradores pelos sistemas de transposição das hidrelétricas do Rio Madeira[64] interrompeu o padrão migratório desses bagres, impedindo o acesso de novos indivíduos adultos para repor a população e garantir o recrutamento à montante da barragem[69]. Além desses impactos, reservatórios de hidrelétricas podem acumular altas quantidades de mercúrio (Hg), que tende a se bioacumular nos peixes e, posteriormente, na população humana local que os consome[70].

Mudança de uso no solo e desmatamento

Um dos impactos ambientais mais amplamente divulgado e conhecido na região amazônica é o desmatamento de suas áreas e mudanças de uso do solo, transformando áreas originalmente de floresta em áreas de campo para a criação de gado (principal atividade) ou produção agrícola, principalmente soja[71–73]. A partir da década de 80 houve a intensificação do desmatamento na região Amazônica[74], que passou a ser controlado e diminuído a partir do início dos anos 2000, mas que recentemente tem apresentado aumento em suas taxas, principalmente nos anos de 2019 e 2020[71,75]. Alguns estudos têm demonstrado o impacto do desmatamento nas comunidades de peixes e, consequentemente, na pesca[76–79]. Na região do Baixo Rio Amazonas, a redução da cobertura vegetal nas florestas alagadas de várzea está associada a uma queda na biomassa e na diversidade funcional de comunidades de peixes[76], além de uma redução na produtividade (CPUE) pesqueira[78]. Na região do Baixo Rio Tapajós, um estudo baseado na modelagem da teia trófica indica que o desmatamento das áreas adjacentes ao rio pode causar uma redução de 23% da biomassa de peixes, especialmente espécies que dependem da biomassa vegetal, como os frugívoros, detritívoros e também onívoros[79]. Nesse contexto, as áreas protegidas da Amazônia, incluindo as que permitem a atividade da pesca (ver abaixo) apresentam potencial para evitar o desmatamento e, assim, garantir recursos alimentares e habitats para os peixes, especialmente aqueles que dependem da floresta, como os peixes frugívoros[79,80].

Contaminação por mercúrio

O mercúrio é um metal pesado que ocorre naturalmente em pequenas quantidades, mas com ampla distribuição no meio ambiente. A erosão do solo, intensificada por desmatamento, agricultura e mineração, é uma importante fonte de liberação de mercúrio de origem ambiental (endógena) ou artificial (exógena) para os sistemas aquáticos locais[81–83]. Entretanto, as atividades humanas podem aumentar a disponibilidade deste elemento na natureza, pois o mesmo é amplamente utilizado na mineração de ouro, no processo de separação do metal precioso (ouro) do sedimento, contaminando o meio ambiente[82,84]. A contaminação dos rios por mercúrio, que posteriormente passa por metilação se tornando metilmercúrio (MeHg), oferece risco para as populações ribeirinhas. De acordo com o Programa Internacional de Segurança Química (IPCS em inglês), o MeHg é uma neurotoxina considerada um dos seis químicos mais perigosos do mundo e, além disso, possui característica de bioacumulação através da cadeia trófica. Assim, a maior concentração de mercúrio em peixes tende a ocorrer em espécies com dieta carnívora ou piscívora, como já constatado em rios com alta incidência de garimpos ilegais, como os rios Tapajós e Madeira[85–87.] Dessa forma, considerando os altos índices de consumo de peixes na região Amazônica, estudos indicam que esse consumo poderia ser uma via de exposição das populações humanas ao mercúrio[84,88–91]. Contudo, ressaltamos que o peixe é uma proteína de alta qualidade, culturalmente importante e acessível às populações ribeirinhas de baixa renda na região Amazônica, sendo importante manter esse consumo de peixes.

Pressão pesqueira

De forma geral, a pesca continental na Amazônia é considerada como sendo mais sustentável, ou com estoques pesqueiros mais abundantes e menos explorados, em comparação a outras pescarias artesanais tropicais, como na África ou sudeste da Ásia[92]. Entretanto, o crescimento populacional nos centros urbanos da Amazônia, como nas principais cidades de Manaus, Belém, Porto Velho e Santarém, associado ao uso frequente de redes malhadeiras desde a década de 1970[49,93], pode ter acarretado um aumento da pressão pesqueira e uma redução populacional e do tamanho de algumas das principais espécies de peixes comerciais. De fato, atualmente existem indícios de sobre-explotação das maiores espécies, como o pirarucu (**Figura 2c**), tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier 1816) (**Figura 2f**), dourada (**Figura 2e**) e filhote *Brachyplatystoma filamentosum* (Lichtenstein 1819) (**Figura 2a**) na Amazônia[24,94,95]. Em pescarias tropicais multiespecíficas, à medida que a pesca reduz a abundância das maiores espécies, elas vão sendo substituídas por espécies de menor porte e mais abundantes, em um processo conhecido como *fishing down process*[96]. Esse processo de substituição de peixes maiores por peixes de menor tamanho pode ser constatado na Amazônia através de séries de dados em uma escala temporal

mais ampla, coletados por meio de registros de desembarques ou entrevistas com pescadores, como na região de Loreto no Peru[94] e do Baixo Rio Tapajós, no Brasil[97]. Adicionalmente, um estudo avaliando dados de coletas de peixes em quatro rios amazônicos (Tapajós, Negro, Solimões e Tocantins, **Figura 1**) constatou que peixes maiores ocorrem em locais mais distantes das grandes cidades, como Manaus e Santarém, o que pode ser um indício da pressão pesqueira[98]. Essa mesma tendência foi observada em outro estudo, no qual entrevistas com pescadores indicam uma relação positiva entre a distância de Manaus e o tamanho e captura por unidade de esforço (CPUE) do tambaqui, apontando uma redução na abundância e tamanho desse peixe em locais mais próximos da cidade[99]. A redução da abundância de grandes peixes frugívoros, como o tambaqui, pacus (várias espécies dos gêneros *Myleus* e *Myloplus*), matrinchã (*Brycon* spp.) (**Figura 2g**), entre outros, pode afetar a diversidade e sucesso de germinação de diversas espécies vegetais que dependem da ictiocoria (dispersão por peixes) para sua dispersão nas florestas alagadas da Amazônia e Pantanal[100]. No entanto, esses peixes frugívoros são importantes recursos alimentares para as populações ribeirinhas amazônicas, sendo que nem sempre ocorre um conflito entre o fornecimento dos serviços ecossistêmicos de dispersão de sementes e provisão de alimento[80].

Outras espécies de peixes que se encontram entre as mais capturadas na Amazônia[38] podem variar quanto à pressão pesqueira e tendência de redução nas suas populações. Os grandes bagres migradores (família Pimelodidae, principalmente do gênero *Brachyplatystoma* spp., **Figuras 2a, e**) por exemplo, têm sido alvo de pesca intensa, gerando preocupações quanto a sustentabilidade dessa pescaria[24]. No entanto, estudos mais recentes sugerem que ao menos algumas espécies desses grandes bagres em alguns rios têm apresentado um aumento na produção pesqueira[25,97]. Esse aumento pode estar parcialmente relacionado às mudanças na tecnologia pesqueira, como aquisição de barcos a motor e espinheis, na pesca artesanal do Rio Tapajós[97] ou ao manejo pesqueiro da pesca de maior escala na região do estuário amazônico[25.] O curimatá *Prochilodus nigricans* (Spix & Agassiz 1829) (**Figura 2h**) consiste em uma das espécies de peixes mais amplamente capturadas na pesca artesanal amazônica[38.] Algumas populações dessa espécie de peixe podem estar sofrendo sobre-explotação, segundo estudo avaliando parâmetros de biologia pesqueira em uma série temporal curta de dois anos[101]. Entretanto, um estudo anterior mostra que essa espécie foi muito capturada na pesca artesanal do Baixo Rio Tocantins, no período de 2006 a 2008[36.] Dessa forma, talvez ao menos algumas populações do curimatá não tenham sido tão afetadas pela pressão pesqueira. Outros peixes que estão entre os mais capturados na pesca artesanal amazônica[38], como o jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) (**Figuras 2d, 3a**), a matrinchã (*Brycon* spp.) (**Figura 2g**), o mapará (*Hypophthalmus* spp.), o surubim (*Pseudoplatystoma* spp.) e a pescada (**Figura 3b**) Plagioscion *squamosissimus* (Heckel 1840), além do tucunaré (*Cichla* spp.) (**Figura 1f**), têm sido menos estudados quanto à situação de suas populações e sustentabilidade da pesca. Uma análise de séries temporais de 5 a 15 anos da pesca

artesanal em três comunidades do Baixo Amazonas indica tendências variadas para algumas dessas espécies de peixes quanto ao tamanho dos indivíduos capturados: apesar de não apresentar redução no tamanho capturado ao longo do tempo, os surubins apresentaram um tamanho médio menor do que o tamanho mínimo de maturação reprodutiva, indicando captura de indivíduos juvenis[102]. Por outro lado, a maioria dos indivíduos capturados de tucunaré e de pescada são adultos, sendo que o tamanho médio do tucunaré não variou ao longo do tempo, enquanto o tamanho médio da pescada diminuiu[102].

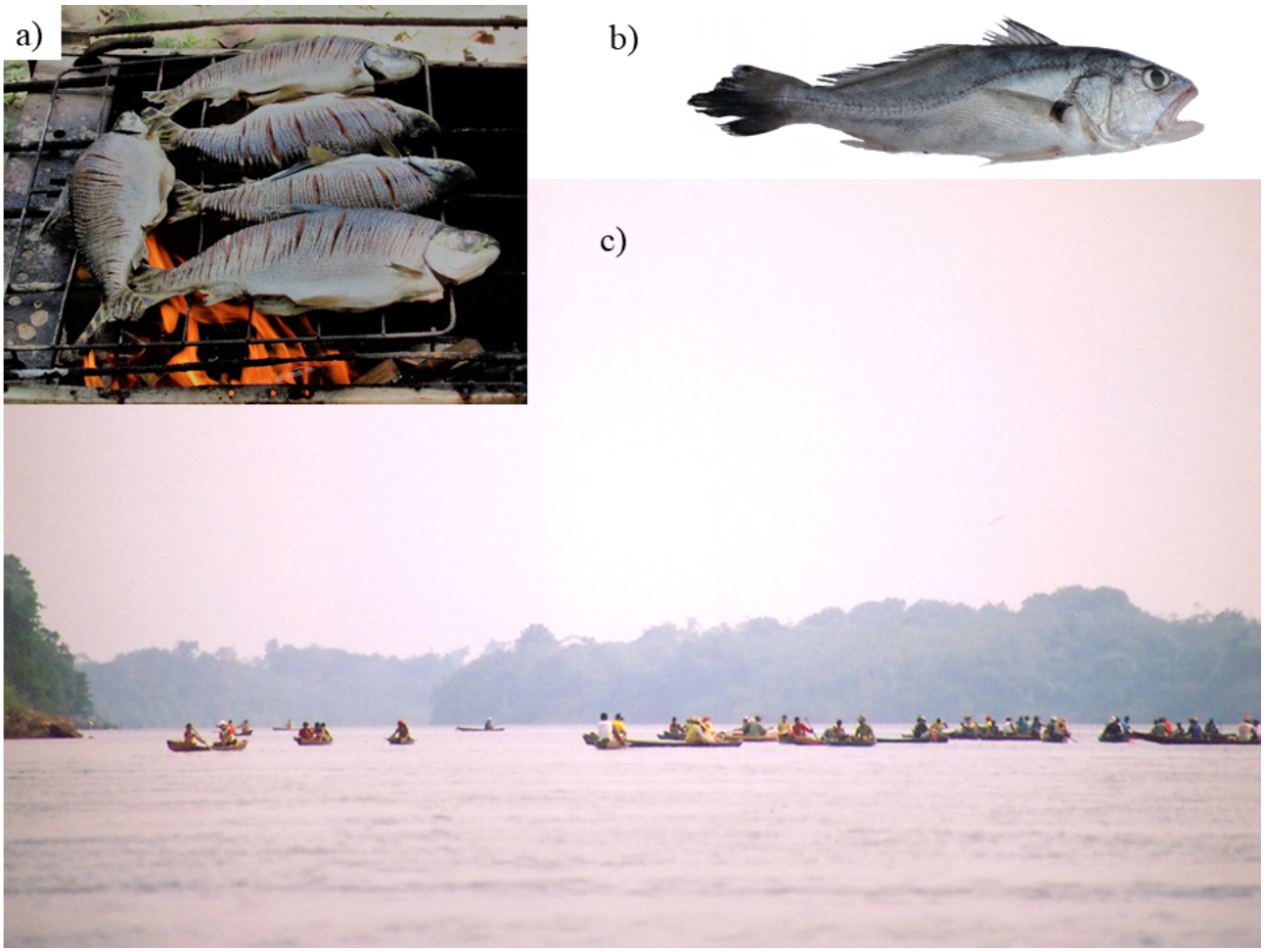

Figura 3. a) Peixes jaraqui (*Semaprochilodus* spp.) cozinhando. Esses peixes estão entre os mais consumidos na Amazônia. b) A pescada (*Plagioscion squamosissimus*), uma das espécies de peixes mais utilizadas na Amazônia brasileira. c) Pescadores no Baixo Rio Tocantins (PA), pescando com anzol e linha na época de cheia. Foto a: Gustavo Hallwass. Fotos b, c: Renato Silvano.

Desafios para a sustentabilidade: limitações do manejo convencional ou oficial

As estratégias de manejo da pesca convencionais ou oficiais, geralmente impostas pelo governo sem consulta aos pescadores em um sistema conhecido como "de cima para baixo" (*top down*), têm apresentado limitações no contexto da pesca artesanal multiespecífica, como é o caso da pesca costeira e continental no Brasil[103,104]. Entre essas limitações podemos destacar a centralização, generalização e pouca flexibilização das medidas de manejo, as quais geralmente não consideram o conhecimento dos pescadores artesanais e variações ecológicas regionais das espécies capturadas, podendo resultar em conflitos com os pescadores[42]. Outro problema consiste na falta de dados biológicos e pesqueiros para embasar as medidas de manejo, somado à falta de fiscalização das regras de manejo estabelecidas. Apresentamos a seguir alguns estudos que fornecem subsídios científicos para algumas das medidas convencionais de manejo pesqueiro aplicadas à pesca artesanal na Amazônia.

As redes malhadeiras são muito utilizadas por pescadores artesanais em vários rios da Amazônia, incluindo os rios Tocantins, Tapajós e Negro, dentre outros[37,93], mesmo considerando que essa técnica de pesca não apresenta necessariamente um maior rendimento ou CPUE[105]. As redes malhadeiras, incluindo redes com malhas pequenas que capturam peixes de menor tamanho, podem ser uma estratégia adaptativa visando aumentar a variabilidade de espécies capturadas e garantir a captura de ao menos alguns peixes em períodos de menor disponibilidade de pescado[106,107]. No Baixo Rio Tocantins, os pescadores utilizam principalmente redes malhadeiras, incluindo redes com malhas pequenas (com abertura 6 cm ou menos entre nós alternados), porém as malhadeiras com 8 cm ou mais de tamanho entre as malhas apresentam menores impactos ambientais e rendimento (CPUE) equivalente às malhas de redes com menor tamanho[93]. Dessa forma, os pescadores poderiam utilizar redes com malha de 8 cm, permitida segundo as regras de manejo e legislações vigentes, sem ocorrer uma redução na produtividade da pesca[93]. Estudos comparando a efetividade e efeitos ecológicos de diferentes técnicas de pesca[93,105] podem ser úteis para embasar uma negociação com pescadores sobre as técnicas de pesca a serem utilizadas. Muitas comunidades pesqueiras possuem regras próprias quanto ao uso de determinadas técnicas de pesca, como a proibição do uso de redes em alguns lagos ou do uso de arpão associado com mergulho (R.A.M. Silvano, observação pessoal).

O período de defeso da pesca consiste na proibição da pesca por alguns meses do ano, durante a época reprodutiva dos recursos pesqueiros, como peixes e crustáceos. Essa restrição sazonal da pesca é uma medida de manejo amplamente adotada no Brasil, tanto na pesca continental como costeira, podendo ser considerada como um pagamento por serviços de ecossistema ou compensação ambiental, uma vez que os pescadores recebem um pagamento (seguro defeso) durante os meses que ficam sem pescar[108]. Apesar da sua ampla utilização no

Brasil e boa aceitação geral tanto por biólogos como por pescadores, um problema consiste na falta de fiscalização, monitoramento e avaliação dos resultados dessa estratégia de manejo. Um dos poucos estudos disponíveis que avalia criticamente o defeso na pesca artesanal amazônica, na região do Baixo Amazonas, indica que o defeso pode não estar sendo eficaz para a manutenção dos peixes pescados, uma vez que algumas espécies são até mais capturadas durante a época de defeso e o esforço de pesca (número de pescadores) têm aumentado ao longo do tempo na região, possivelmente impulsionado pelo subsídio do seguro defeso[109]. Dessa forma, mesmo que potencialmente atraente como uma forma de compatibilizar a manutenção do pescado e a redução da pobreza dos pescadores artesanais[108], o defeso necessita de mais estudos e possivelmente de ajustes, a fim de aumentar sua eficiência do ponto de vista ecológico. O período de desova de muitas espécies de peixes está relacionado ao aumento no nível dos rios Amazônicos, que serve de gatilho para algumas espécies iniciarem sua migração[9,110]. Contudo, a bacia Amazônica abrange uma área de mais de 6 milhões de km^2, sendo que os períodos de enchente variam em cada sub-bacia[111], variando assim também o período reprodutivo das espécies de peixes. Além disso, as migrações reprodutivas variam entre as espécies de peixes com relação ao tipo (lateral ou longitudinal), distâncias percorridas e duração[9,110]. Essas diferenças regionais na reprodução, bem como períodos reprodutivos distintos dos peixes, têm gerado críticas por parte dos pescadores quanto ao período de defeso definido na Amazônia brasileira[112], que consiste em um período único para a maioria das espécies e estados da região, de 15 de novembro a 15 de março a cada ano (Portaria IBAMA Nº 48 de 05 de novembro de 2007).

O co-manejo como uma das soluções para sustentabilidade da pesca Amazônica

No contexto da pesca artesanal amazônica, as estratégias de co-manejo têm se mostrado promissoras para promover as várias dimensões (ecológica, econômica e social) da sustentabilidade[51]. Dessa forma, apresentamos a seguir alguns exemplos desses sistemas de co-manejo e discutimos suas contribuições para a conservação e sustentabilidade dos recursos pesqueiros na Amazônia.

O desenvolvimento dos sistemas de co-manejo

Muitas das comunidades de pescadores amazônicos apresentam historicamente uma forte organização comunitária, resultando na organização de territórios informais para utilização dos recursos naturais, incluindo a pesca[113]. Tal organização, associada a pressões externas, têm ocasionado o surgimento de vários sistemas de manejo comunitário nos rios amazônicos, sendo que muitos desses sistemas, originalmente informais, com o tempo foram sendo reconhecidos

pelo governo em sistemas de co-manejo, nos quais comunidades e governo dividem responsabilidades e funções quanto às atividades de manejo[114,115].

De forma geral três fatores, não mutuamente exclusivos, têm favorecido o surgimento e consolidação desses sistemas de co-manejo na Amazônia brasileira (**Figura 4**). Um fator consistiu na presença cada vez maior dos chamados barcos "geleiros" ao longo dos rios amazônicos (**Figura 4a**). Esses barcos, que possuem maior porte e capacidade de estocagem de peixe do que os pequenos barcos utilizados pelos moradores das comunidades, partem dos portos das maiores cidades e percorrem os rios rebocando vários pequenos barcos ou canoas, efetuando uma intensa pressão pesqueira nos locais por onde passam e armazenando em porões com gelo o pescado capturado, que será revendido nas cidades. A atuação continuada e intensificada desses barcos geleiros passou a gerar sérios conflitos com as comunidades locais desde os anos 80, sendo que os acordos de pesca surgiram como uma forma de minimizar esses conflitos. Esses acordos de pesca previam regras de uso dos territórios de pesca, geralmente lagos, por parte das comunidades locais, que concordavam em seguir essas regras, que normalmente restringem artes de pesca e estabelecem quotas de capturas, visando a reduzir o impacto da pesca nos peixes capturados[114]. O governo brasileiro passou a reconhecer e oficializar esses acordos de pesca, que se tornaram cada vez mais numerosos com o passar do tempo, especialmente na região do Baixo Rio Amazonas[114,116]. Outro fator consistiu em iniciativas de manejo organizadas pelo governo brasileiro (**Figura 4c**), porém muitas vezes seguindo iniciativas e demandas das comunidades envolvidas, na forma de diversos tipos de áreas protegidas de uso sustentável que incluem as comunidades locais, previstas em legislação (Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000), como as Reservas Extrativistas (RESEX), Florestas Nacionais (FLONA) ou Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS), dentre outras[115]. Essas áreas de conservação, apesar de apresentarem diversos níveis de envolvimento e participação das comunidades locais quanto à tomada de decisões e debate sobre as regras de manejo, podem ser consideradas essencialmente estratégias de co-manejo. A primeira dessas áreas protegidas foi a RESEX do Alto Juruá, no Acre, criada em 1990 em resposta às demandas e pressões das comunidades locais, que exigiam a preservação da floresta, seus recursos naturais e seus modos de vida[41,117]. Essas áreas protegidas têm sido criadas tanto como resposta à demanda de comunidades locais para impedir a exploração excessiva de recursos naturais, como por exemplo a RESEX Tapajós-Arapiuns no Rio Tapajós (PA), como para reduzir ou resolver conflitos gerados pela criação de áreas protegidas de proteção integral (não permitindo uso de recursos naturais) em regiões onde já existiam comunidades locais, como o caso da RESEX Unini, no Rio Unini (AM), que acomodou comunidades situadas dentro ou no entorno do Parque Nacional do Jaú[37,118,119]. Um terceiro fator incentivando a criação de sistemas de manejo comunitário ou co-manejo na Amazônia consiste na própria percepção dos moradores das comunidades quanto à redução dos recursos naturais, especialmente o pescado e ovos de

quelônios (tartarugas de água doce, **Figura 4b**), levando-os a se organizarem para proteger os lagos e praias das proximidades e assim garantir a manutenção desses recursos[31,115,120]. A combinação desses fatores impulsionou o surgimento de sistemas de co-manejo ao longo dos rios amazônicos, incluindo alguns sistemas bem-sucedidos, detalhados a seguir.

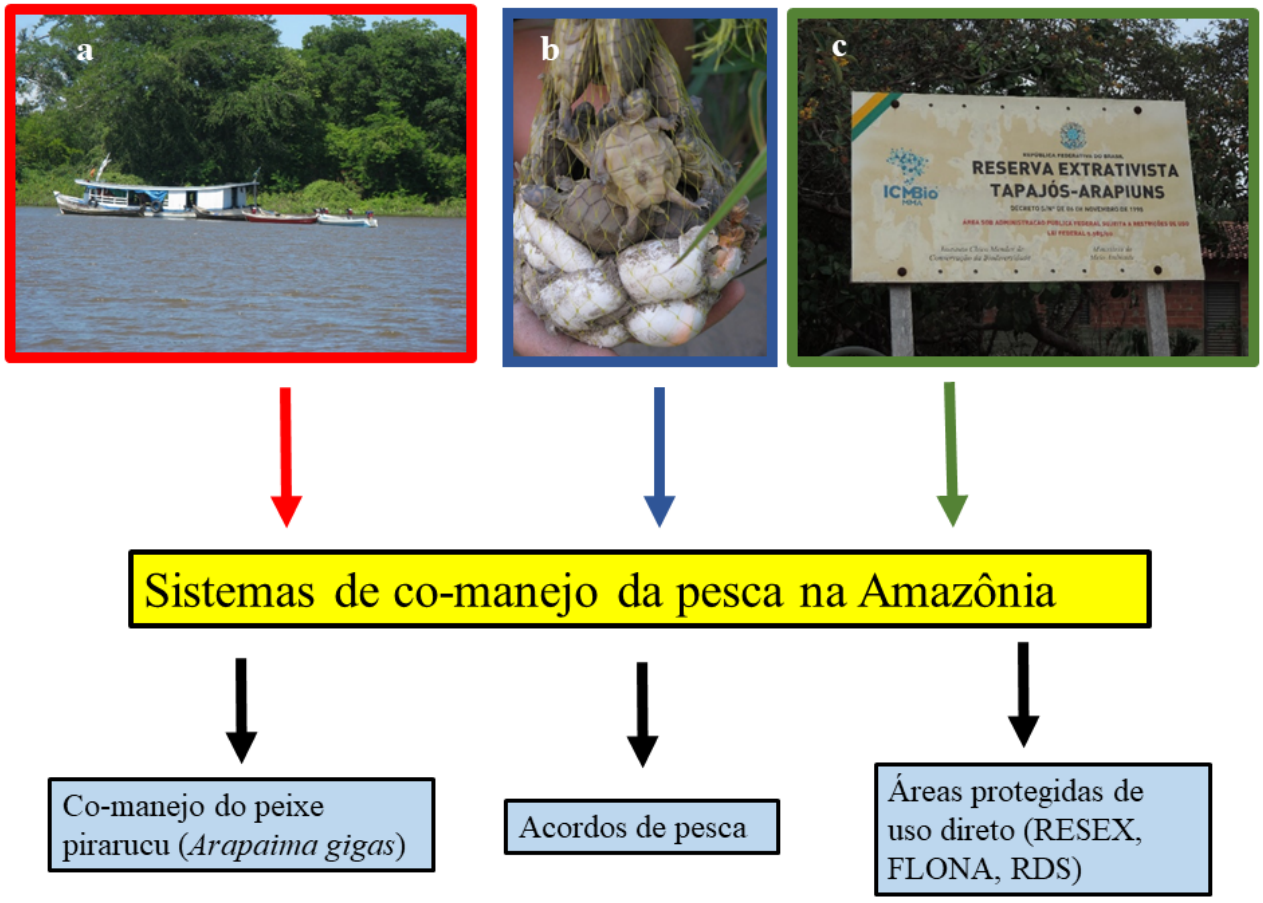

Figura 4. Resumo ilustrado dos principais fatores que influenciaram no surgimento e desenvolvimento das três principais modalidades de co-manejo na Amazônia brasileira, que podem ocorrer em conjunto (por exemplo, co-manejo de pirarucu dentro de áreas protegidas): a) pressão de pesca por pescadores externos às comunidades, como barcos grandes vindos das cidades e que percorrem os rios pescando em grandes quantidades e armazenando os peixes em porões com gelo para posterior venda; b) preocupação dos moradores das comunidades quanto à extração excessiva e redução na abundância de recursos naturais, como os peixes comerciais ou ovos de quelônios (tartarugas de água doce); c) estabelecimento de áreas protegidas de uso sustentável por parte do governo, sendo que essas áreas incluem as comunidades e moradores, os quais podem utilizar os recursos naturais seguindo regras de manejo. Essas áreas consistem principalmente nas Reservas Extrativistas (RESEX), Floresta Nacional (FLONA) e Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS). Fotos: Renato Silvano.

O emblemático co-manejo do pirarucu

O pirarucu consiste em uma das maiores e mais valiosas espécies de peixe capturadas e comercializadas na pesca da Amazônia, ao longo de centenas de anos[11,45,49]. A pesca intensiva reduziu drasticamente as populações dessa espécie de peixe[112], sendo que sua pesca foi totalmente proibida em algumas regiões da Amazônia, como no Estado do Amazonas. Uma estratégia de co-manejo dessa espécie começou a ser desenvolvida em 1999 na RDS de Mamirauá, nos rios Japurá e Solimões (AM), sendo que, no Amazonas, o pirarucu atualmente somente pode ser capturado por comunidades de pescadores envolvidas nesse sistema de co-manejo[45,47]. Esse sistema de co-manejo envolve o estabelecimento de áreas protegidas (lagos de preservação), uma época definida de pesca (fora da qual a captura é proibida) e quotas comunitárias de captura do pirarucu, através da contagem de indivíduos dessa espécie nos lagos, por parte dos próprios pescadores das comunidades[47]. Essas contagens baseiam-se no conhecimento dos pescadores mais experientes, que conseguem estimar a quantidade e o tamanho dos indivíduos de pirarucu contando as ocasiões em que esse peixe, que necessita respirar ar atmosférico, vem à tona para respirar[122]. Esse sistema de co-manejo tem contribuído efetivamente para aumentar a quantidade de indivíduos e recuperar as populações de pirarucu, além de manter e aumentar a quantidade de pirarucus capturada e comercializada através do sistema de quotas, sendo posteriormente adotado por várias comunidades amazônicas em outros rios, principalmente nos rios mais produtivos de águas brancas[39,47,48,123]. Dessa forma, o co-manejo do pirarucu é considerado um exemplo de co-manejo bem-sucedido da pesca na Amazônia, promovendo a sustentabilidade ecológica, social e econômica, uma vez que o co-manejo tem auxiliado no aumento de renda das comunidades envolvidas[47,48], além de promover uma melhor distribuição de renda e maior inclusão das mulheres na pesca[50].

O co-manejo do pirarucu pode ainda beneficiar outras espécies de peixes e o ecossistema, por exemplo através dos lagos protegidos (onde não ocorre pesca), conforme observado na RDS de Mamirauá[124] e no Rio Solimões[125]. Um estudo com base em amostragem padronizada de peixes (pesca experimental com redes malhadeiras) não registrou diferenças quanto à abundância ou diversidade de peixes coletados entre lagos de preservação e lagos abertos para a pesca na RDS de Mamirauá, cerca de três anos após o início das atividades de co-manejo[124]. No entanto, mesmo sem observar diferenças ao nível da comunidade de peixes, esse estudo indicou abundâncias muito maiores do peixe comercial tambaqui nos lagos de preservação, sugerindo que a ausência de diferença entre os lagos de diferentes categorias de manejo poderia estar relacionada ao possível repovoamento dos lagos onde ocorre a pesca por parte de peixes provenientes dos lagos protegidos[124]. Esse repovoamento de áreas sujeitas a pesca por parte de indivíduos de peixes de áreas protegidas é conhecido tecnicamente como “transbordamento” (*spillover*) em áreas marinhas[126]. Um estudo mais recente realizado no Rio Solimões (AM), utilizando a mesma

metodologia de coletas de peixes com redes malhadeiras, também não observou diferenças quanto à composição e estrutura da comunidade de peixes entre lagos de diferentes categorias de manejo[125]. No entanto, esse estudo abordou um sistema de co-manejo do pirarucu com um maior período de tempo de vigência e comparou coletas realizadas antes e depois da implementação do sistema de co-manejo, observando uma tendência de aumento na quantidade e diversidade de peixes, além da colonização de espécies de peixes, em todos os lagos (mesmo lagos abertos para a pesca) após a implementação do co-manejo, fornecendo mais uma evidência da ocorrência do repovoamento de peixes através de lagos protegidos na Amazônia[125].

Apesar de todos os resultados positivos e de ser cada vez mais adotado por muitas comunidades ao longo da Amazônia, o co-manejo do pirarucu pode apresentar alguns problemas. Uma vez que depende inteiramente do controle e gerenciamento da própria comunidade de pescadores, responsável por estabelecer as quotas e garantir o cumprimento das regras de manejo, o sistema pode estar sujeito a falhas, como no caso de comunidades que estabelecem quotas sem realizar devidamente as contagens para estimativa do tamanho da população de pirarucu[127]. Um outro fator a ser considerado é que, mesmo com todos os resultados positivos, do ponto de vista tanto ecológico como econômico, observados nos locais e comunidades onde ocorre o co-manejo do pirarucu, essa espécie continua ameaçada e sofrendo forte pressão pesqueira, muitas vezes de forma ilegal (desrespeitando regras de proibição da pesca ou de tamanho mínimo), nas regiões onde não ocorre o co-manejo[128].

Outros sistemas de co-manejo: acordos de pesca e áreas protegidas

Os sistemas de co-manejo na Amazônia são diversos, dinâmicos e não mutuamente exclusivos, sendo que as iniciativas de co-manejo do pirarucu acima descritas geralmente se inserem dentro de algum sistema maior de governança na forma de áreas protegidas (RDS ou RESEX) ou acordos de pesca[39,47,48,124,125]. Entretanto, nem todas as iniciativas de co-manejo da pesca na Amazônia incluem o manejo específico do pirarucu através do elaborado sistema de contagens e de quotas descrito acima, podendo ocorrer outros sistemas mais simples, que consistem no estabelecimento de regras que regulam a pesca nos lagos, podendo incluir lagos de preservação onde a pesca é proibida[115,120]. Esses sistemas de co-manejo incluem os acordos de pesca que, apesar de sua popularidade e ampliação de sua adoção entre as comunidades amazônicas[114], geralmente não têm sido muito estudados quanto à sua eficácia. Um estudo no Baixo Amazonas baseado em entrevistas com pescadores indicou que a produtividade da pesca foi geralmente maior em comunidades que fazem parte de acordos de pesca, em comparação com comunidades que não participam dessa modalidade de co-manejo[129]. Outro estudo na mesma região comparou dados de registro participativo da pesca, observando que a produtividade da pesca (CPUE) variou entre as

comunidades estudadas, sendo maior em comunidades onde os pescadores seguem e respeitam regras de manejo bem definidas, mesmo que os acordos de pesca sejam informais e não oficialmente reconhecidos pelo governo brasileiro[116]. Uma modalidade de co-manejo que pode apresentar bons resultados, apesar de não totalmente voltada para os peixes, consiste na proteção conjunta de lagos, trechos de rios e praias onde ocorre a desova de tartarugas de água-doce, com a finalidade principal de evitar a coleta excessiva de ovos, que consistem em importante recurso alimentar, além de auxiliar na manutenção das populações dessas tartarugas[31,130]. Esses sistemas de co-manejo no Rio Juruá (AM), além de aumentar a quantidade de ovos de tartarugas, têm apresentado efeitos ecológicos positivos para vários outros organismos, incluindo peixes[130]. No entanto, o co-manejo dos ovos de quelônios pode ser afetado por fatores ambientais, como o alagamento ou erosão das praias manejadas, o que pode influenciar na disposição das comunidades em continuar manejando a área[31].

O co-manejo da pesca na Amazônia pode ocorrer também como parte das ações de manejo dos recursos naturais nas várias modalidades de áreas protegidas de uso sustentável, geralmente envolvendo regras locais estabelecidas informalmente pelas comunidades, somadas às regras gerais oficiais estabelecidas pelo órgão ambiental responsável pelo manejo dessas áreas[115]. Essas áreas protegidas têm sido estabelecidas em várias regiões da Amazônia, principalmente através das RESEXs ou FLONAs, porém a influência dessas áreas na pesca artesanal tem sido relativamente pouco estudada, apresentando resultados variados[37,97,105,119,120]. As RESEXs Tapajós-Arapiuns, no Rio Tapajós (PA) e Unini, no Rio Unini situado na bacia do Rio Negro (AM), podem estar reduzindo a pressão pesqueira (menor esforço de pesca), porém não necessariamente aumentam a disponibilidade de peixes, uma vez que não ocorre uma maior CPUE nas comunidades dentro dessas áreas[37,105]. No entanto, um estudo anterior comparando a pesca em comunidades situadas dentro da RESEX Tapajós-Arapiuns, FLONA do Tapajós e fora dessas áreas protegidas verificou um maior rendimento da pesca (CPUE) nas comunidades situadas dentro dessas áreas protegidas, especialmente considerando a pesca realizada no ambiente do rio[119]. Apesar de baseados na análise detalhada de um grande volume de dados (desembarques pesqueiros), esses estudos possuem a limitação de avaliarem a pesca no decorrer de um ano apenas, não apresentando, portanto, uma série temporal de dados ao longo de vários anos, que permitiria uma melhor avaliação da sustentabilidade da pesca. Infelizmente tais séries temporais não existem para a grande maioria dos rios do mundo, incluindo os amazônicos. Considerando essa escassez de dados, um recente estudo se baseou em entrevistas com pescadores de diferentes idades para avaliar as mudanças temporais ao longo de um período de mais de 40 anos nos recursos pesqueiros nas áreas protegidas já mencionadas no Rio Tapajós (RESEX e FLONA) e na Área de Proteção Ambiental (APA) Alter do Chão. Os resultados demonstraram que áreas de proteção mais antigas e com regras mais restritivas têm contribuído na manutenção da pesca de

espécies de peixes de maior tamanho e alto valor comercial, como o tambaqui, pirarucu, tucunaré, grandes bagres migradores, dentre outras, enquanto nas comunidades situadas em áreas protegidas recentes e menos restritivas (sem plano de manejo e sem controle) predomina a pesca de espécies de peixes menores e de menor valor comercial, como o aracu e o jaraqui[97]. Apesar do fato de que esses padrões podem refletir parcialmente diferentes demandas comerciais, a proporção da produção pesqueira que é comercializada é maior fora das áreas protegidas[97], sendo que os pescadores mencionaram em média peixes maiores sendo capturados dentro das áreas protegidas[97]. Um exemplo de co-manejo eficiente em condições ambientais e institucionais relativamente adversas consiste na RESEX Ipaú-Anilzinho e comunidades do entorno, na região do Baixo Rio Tocantins, onde os pescadores têm implementado regras de manejo, como quotas de pescado e lagos protegidos da pesca[115,120]. Essa região do Rio Tocantins se encontra à jusante da barragem da hidrelétrica de Tucuruí, sofrendo impactos na pesca ocasionados por essa barragem[65], além do fato dessa RESEX não receber muito apoio institucional ou financiamento, se comparada com outras áreas protegidas, como a RDS de Mamirauá[115]. Apesar dessas adversidades, um estudo incluindo tanto coletas padronizadas de peixes como o registro e análise de desembarques pesqueiros indica que esse co-manejo realizado no Baixo Rio Tocantins tem se mostrado surpreendentemente eficiente: comunidades envolvidas no manejo apresentaram maior rendimento da pesca, além de peixes maiores em maior abundância e mais peixes se reproduzindo nos lagos manejados[120]. De forma geral, mesmo considerando que existem poucos estudos, os exemplos acima indicam que o co-manejo efetuado nas áreas protegidas, como as RESEXs, pode contribuir para o uso sustentável dos recursos pesqueiros na Amazônia brasileira.

Diversificação das espécies de peixes utilizadas

Não obstante as iniciativas promissoras de co-manejo descritas acima, algumas espécies de peixes, como os grandes bagres migradores (família Pimelodidae), podem não se beneficiar dos sistemas em escala mais local de co-manejo, exigindo uma estratégia de manejo em maior escala, incluindo toda a bacia hidrográfica e mesmo envolvendo mais de um país amazônico[69,131,132]. Além disso, nem todas as regiões ou comunidades amazônicas possuem espécies de grande porte e valor comercial como o pirarucu ou o tambaqui[38], ou uma demanda de mercado capaz de incentivar o desenvolvimento de sistemas mais elaborados de co-manejo. Dessa forma, a diversificação de espécies utilizadas, incluindo espécies de peixes de menor porte e que possam suportar melhor a pressão de pesca, pode ser uma estratégia adaptativa relevante para garantir a segurança alimentar das comunidades amazônicas[37,107], além de reduzir a pressão de pesca incidindo nas espécies de maior valor comercial[38,102], incluindo os peixes migradores.

A diversificação de peixes capturados e comercializados pode incluir um aumento da pesca de algumas espécies de peixes comuns na Bacia Amazônica, relativamente abundantes e que aparentemente apresentam certa resiliência tanto à pressão pesqueira quanto aos impactos ambientais, como a pescada (**Figura 3b**). Essa espécie de peixe encontra-se entre as mais capturadas na pesca artesanal da Amazônia[38], sendo regularmente capturada e comercializada nos rios Tapajós[37,54,97,133], Baixo Amazonas[102] e em rios afetados por barragens, como os rio Xingu[134] e Baixo Rio Tocantins[36,42], dentre outros. No Rio Xingu, um estudo recente analisando parâmetros populacionais e pesqueiros da pescada conclui que a pesca dessa espécie é ainda realizada de forma sustentável, mesmo considerando a intensa pressão pesqueira e a importância da pescada como fonte de renda para os pescadores[134]. No Baixo Rio Tocantins, a captura da pescada através de anzol e linha durante a época de cheia do rio (**Figura 3c**), quando outras espécies de peixes são mais difíceis de se capturar com malhadeiras, auxilia a manter a produção pesqueira ao logo do ano, além de garantir um suprimento constante de proteína de peixe para as comunidades[36,42]. Entretanto, a pescada é ainda pouco capturada, mesmo que somente para consumo, em alguns rios amazônicos onde essa espécie é relativamente abundante, como no Rio Negro[133]. Assim, a pescada e outras espécies potencialmente resilientes podem representar oportunidades de manter a pesca de forma mais sustentável, sem reduzir a renda ou disponibilidade de alimento para as populações humanas da Amazônia.

Outra possibilidade ainda pouco explorada consiste na pesca de espécies de peixes de menor porte e abundantes, como os charutos (diversas espécies da família Hemiodontidae). Esses peixes são capturados por comunidades ribeirinhas nos rios Tapajós e Negro, mas principalmente utilizados em algumas comunidades turísticas do Rio Tapajós, que os vendem como petiscos em suas praias para serem consumidos pelos turistas[37,133]. Essa estratégia de direcionar a pesca para peixes relativamente pequenos, que geralmente possuem pouco ou nenhum valor comercial na Amazônia, beneficiá-los e agregar valor em sua comercialização pode auxiliar na diversificação da pesca e oportunidades de renda para os pescadores artesanais[135]. Entretanto, apesar dessa estratégia de diversificação se mostrar promissora para promover a sustentabilidade ecológica e econômica da pesca, como uma forma de diluir a pressão pesqueira, além de agregar valor à algumas espécies de pescado pouco utilizadas, é desejável que essa ampliação do conjunto de espécies-alvo da pesca ocorra paralelamente ao desenvolvimento de monitoramento e manejo dessas pescarias. Caso contrário, o aumento da pressão pesqueira pode exceder a capacidade de recuperação mesmo dessas espécies que apresentam maior resiliência. Uma outra limitação para diversificação do pescado utilizado consiste em fatores culturais relacionados tanto à preferência quanto à aversão (tabus) pelo consumo de certas espécies de peixes amazônicos[136], o que pode em alguns casos inviabilizar mudanças nas espécies preferenciais da pesca.

Contribuições do conhecimento dos pescadores no estudo e manejo da pesca

Os pescadores artesanais brasileiros, tanto costeiros como fluviais, possuem um vasto e detalhado conhecimento sobre o seu ambiente e as espécies de peixes capturadas. Esse conhecimento ecológico local (CEL) dos pescadores consiste em contribuição valiosa para a pesquisa e manejo da pesca, especialmente em um contexto de escassez de dados científicos[103,137,138]. A Amazônia brasileira apresenta uma legião de pescadores experientes que dependem quase exclusivamente da pesca, que capturam grande diversidade de espécies de peixes, mas existem ainda poucos estudos sobre os peixes e a pesca, bem como sobre a biologia da maioria das espécies comercializadas e consumidas[7]. Nesse contexto, estudos abordando o CEL dos pescadores podem ser especialmente úteis, além de promover um maior diálogo e cooperação entre os pescadores, pesquisadores e técnicos ligados ao manejo da pesca. Além de encontrar-se na base do sistema bem-sucedido de co-manejo do pirarucu[47,122], o CEL dos pescadores pode contribuir na avaliação dos impactos ambientais decorrentes da implementação de barragens nos grandes rios amazônicos[53,54,65,67]. O CEL dos pescadores também tem auxiliado a compreender a dieta e as relações tróficas dos peixes, incluindo estimativas de nível trófico[139-142] e o consumo de plantas por peixes, incluindo frutos e sementes[143]. O CEL dos pescadores consiste muitas vezes na única fonte de informações disponíveis sobre a pesca e peixes amazônicos, como no caso das rotas e padrões de migração dos peixes[144] ou das mudanças a longo prazo (décadas) na disponibilidade de espécies de peixes capturadas na pesca, incluindo possíveis efeitos de áreas protegidas[97]. Os pescadores podem informar também sobre variações nos padrões de secas e cheias dos rios amazônicos ao longo do tempo, auxiliando dessa forma a identificar possíveis efeitos de mudanças climáticas[145].

Além de evidenciar e divulgar o conhecimento dos pescadores, pesquisas em colaboração com os pescadores podem envolvê-los ativamente na própria coleta de dados de pesquisa, através do monitoramento participativo da pesca[146]. O monitoramento participativo, que envolve o registro da pesca por parte dos próprios pescadores, tem sido frequentemente e satisfatoriamente utilizado em estudos da pesca artesanal costeira no mundo todo, incluindo no Brasil[147-149]. Esse registro geralmente ocorre de forma voluntária por parte dos pescadores envolvidos, que recebem um treinamento e material para registrar dados da pesca[146]. Esse monitoramento participativo tem sido cada vez mais utilizado em estudos da pesca artesanal em rios amazônicos, gerando uma grande base de dados de forma relativamente rápida e a um baixo custo[146], sendo que vários estudos mencionados ao longo desse artigo foram baseados no monitoramento participativo da pesca[37,105,116,119]. Assim como mencionado no caso de estudos incluindo o CEL dos pescadores, espera-se que estudos de monitoramento participativo em colaboração com os pescadores possam promover uma valorização dos pescadores e suas

contribuições para as políticas de manejo da pesca, além de promover uma capacitação dos pescadores envolvidos no monitoramento[146,147].

Conclusões e recomendações

No que se refere a pesca artesanal continental, a Amazônia brasileira pode ser considerada como uma das regiões do mundo onde essa atividade é mais importante, embora impactos ambientais têm ameaçado essa atividade. As fontes de contaminação, como os garimpos ilegais, devem ser identificadas e combatidas ou reduzidas. A política energética precisa considerar e investir em formas alternativas de produção de energia (solar, eólica), evitando barragens para hidroelétricas nos rios amazônicos e seus impactos associados. A Amazônia brasileira representa ainda uma oportunidade única de se desenvolver uma pesca artesanal sustentável e compatível com a conservação de milhares de espécies de peixes, bem como com a provisão de alimento e renda para milhões de ribeirinhos, que dependem da pesca. A Amazônia já apresenta uma base institucional, de capital social e de governança ambiental que tem possibilitado o surgimento e consolidação de diversos sistemas de co-manejo que podem contribuir para a manutenção da sustentabilidade da pesca, alguns dos quais são analisados nesse artigo. Tais sistemas de co-manejo devem ser avaliados, aprimorados se necessário, diversificados e replicados ao longo dos rios amazônicos, como uma política de uso sustentável dos recursos pesqueiros, aliada à conservação dos ecossistemas aquáticos amazônicos. Estratégias auxiliares para promover a sustentabilidade da pesca podem consistir na diversificação das espécies de peixes utilizadas e comercializadas, possivelmente em associação com os sistemas de co-manejo vigentes. A colaboração com os pescadores artesanais, especialmente através do seu envolvimento ativo nas pesquisas e da valorização do seu conhecimento sobre os peixes, é fundamental para se manter uma pesca sustentável através do co-manejo dos recursos pesqueiros na Amazônia brasileira.

Agradecimentos

Agradecemos aos pescadores por toda a valiosa colaboração em nossos estudos e aos alunos e colaboradores do laboratório de Ecologia Humana e de Peixes (LEHPE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela colaboração na realização das pesquisas.

Referências

1 - McIntyre, P.B., Reidy Liermann, C.A., Revenga, C. 2016. Linking Freshwater Fishery Management to Global Food Security and Biodiversity Conservation. Proc Natl Acad Sci USA 113: 12880-12885. doi: 10.1073/pnas.1521540113.

2 - FAO 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. ISBN 978-92-5-132692-3.

3 - Funge-Smith, S., Bennett, A. A Fresh 2019. Look at Inland Fisheries and Their Role in Food Security and Livelihoods. Fish and Fisheries 20: 1176-1195. doi: 10.1111/faf.12403.

4 - Fluet-Chouinard, E., Funge-Smith, S., McIntyre, P.B. 2018. Global Hidden Harvest of Freshwater Fish Revealed by Household Surveys. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 115: 7623–7628. doi: 10.1073/pnas.1721097115.

5 - Isaac, V.J., Almeida, M.C. 2011. El consumo de pescado en la amazonía brasileña, FAO, Rome. ISBN 978-92-5-307029-9.

6 - Isaac, V.J., Almeida, M.C., Giarrizzo, T., et al. 2015. Food Consumption as an Indicator of the Conservation of Natural Resources in Riverine Communities of the Brazilian Amazon. An. Acad. Bras. 87: 2229-2242/ doi: 10.1590/0001-3765201520140250.

7 - Begossi, A., Salivonchyk, S., Hallwass, G., 2019. Fish Consumption on the Amazon: A Review of Biodiversity, Hydropower and Food Security Issues. Brazilian Journal of Biology 79: 345-357.

8 - Béné, C., Steel, E., Luadia, B.K., et al. 2009. Fish as the “Bank in the Water”–Evidence from Chronic-Poor Communities in Congo. Food policy 34: 108-118.

9 - Welcomme, R.L. 1985. River Fisheries. FAO fisheries technical paper. FAO, Rome. ISBN 978-92-5-102299-3.

10 - Jézéquel, C., Tedesco, P.A., Bigorne, R., et al. 2020. A Database of Freshwater Fish Species of the Amazon Basin. Sci Data 7: 96. doi: 10.1038/s41597-020-0436-4.

11 - Veríssimo, J. 1895. A Pesca Na Amazônia, Livraria classica de Alves, Vol. 3.

12 - Honda, E., Correa, C., Castelo, F. et al. 1975. Aspectos Gerais Do Pescado No Amazonas. Acta Amazonica 5: 87-94.

13 - Petrere Jr, M. 1978. Pesca e Esforço de Pesca No Estado Do Amazonas I - Esforço e Captura Por Unidade de Esforço. Acta amazônica 8: 439-454.

14 - Petrere Jr, M. 1978. Pesca e Esforço de Pesca No Estado Do Amazonas. II - Locais, Aparelhos de Captura e Estatísticas de Desembarque. Acta Amazonica 8: 5-54.

15 - Petrere Jr, M. 1983. Relationships among Catches, Fishing Effort and River Morphology for Eight Rivers in Amazonas State (Brazil), during 1976-1978. Amazoniana: Limnologia et Oecologia Regionalis Systematis Fluminis Amazonas 8: 281-296.

16 - Alves, D.C., Minte-Vera, C.V. 2013. Scientometric Analysis of Freshwater Fisheries in Brazil: Repeating Past Errors? Rev Fish Biol Fisheries 23: 113-126. doi: 10.1007/s11160-012-9282-6.

17 - Begossi, A., Salyvonchyk, S., Nora, V. et al. 2012. The Paraty Artisanal Fishery (Southeastern Brazilian Coast): Ethnoecology and Management of a Social-Ecological System (SES). J Ethnobiology Ethnomedicine 8: 22. doi: 10.1186/1746-4269-8-22.

18 - Moreau, M.-A., Coomes, O.T. 2007. Aquarium Fish Exploitation in Western Amazonia: Conservation Issues in Peru. Envir. Conserv. 34: 12-22. doi: 10.1017/S0376892907003566.

19 - Guzmán Maldonado, A., Macedo Lopes, P.F., Rodríguez Fernández, C.A. 2017. Transboundary Fisheries Management in the Amazon: Assessing Current Policies for the Management of the Ornamental Silver Arawana (Osteoglossum Bicirrhosum). Marine Policy 76: 192-199. doi: 10.1016/j.marpol.2016.11.021.

20 - Evers, H., Pinnegar, J.K., Taylor, M.I. 2019. Where Are They All from? – Sources and Sustainability in the Ornamental Freshwater Fish Trade. J Fish Biol. 13930, doi: 10.1111/jfb.13930.

21 - Araújo, J.G. de, Santos, M.A.S. dos, Rebello, F.K. 2020. Economic Analysis of the Threats Posed to the Harvesting of Ornamental Fish by the Operation of the Belo Monte Hydroelectric Dam in Northern Brazil. Fisheries Research 225: 105483. doi: 10.1016/j.fishres.2019.105483.

22 - Jimenez, É.A., Barboza, R.S.L., Amaral, M.T. et al. 2019. Understanding Changes to Fish Stock Abundance and Associated Conflicts: Perceptions of Small-Scale Fishers from the Amazon Coast of Brazil. Ocean and Coastal Management 182. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2019.104954.

23 - de Souza Junior, O.G., Nunes, J.L.G., Silvano, R.A.M. 2020. Biology, Ecology and Behavior of the Acoupa Weakfish *Cynoscion acoupa* (Lacepède, 1801) according to the Local Knowledge of Fishermen in the Northern Coast of Brazil. Marine Policy 2020: 103870. doi: 10.1016/j.marpol.2020.103870.

24 - Petrere, M., Barthem, R.B., Córdoba, E.A. 2004. Review of the Large Catfish Fisheries in the Upper Amazon and the Stock Depletion of Piraíba (*Brachyplatystoma filamentosum* Lichtenstein). Reviews in Fish Biology and Fisheries 14: 403-414.

25 - Cruz, R.E.A., Kaplan, D.A., Santos, P.B. et al. 2021. Trends and Environmental Drivers of Giant Catfish Catch in the Lower Amazon River. Marine & Freshwater Research 72 (5): 647-657. doi: 10.1071/MF20098.

26 - Barthem, R.B., Goulding, M., Leite, R.G. 2017. Goliath Catfish Spawning in the Far Western Amazon Confirmed by the Distribution of Mature Adults, Drifting Larvae and Migrating Juveniles. Sci Rep 7: 41784. doi: 10.1038/srep41784.

27 - Freire, K.M.F., Tubino, R.A., Monteiro-Neto, C. et al. 2016: Brazilian Recreational Fisheries: Current Status, Challenges and Future Direction. Fish Manag Ecol 23: 276-290. doi: 10.1111/fme.12171.

28 - Barroco, L.S.A., Freitas, C.E.C., Lima, Á.C. 2017. Estimation of Peacock Bass (*Cichla* spp.) Mortality Rate during Catch-Release Fishing Employing Different Post-Capture Procedures. Braz. J. Biol. 78: 195-201. doi: 10.1590/1519-6984.18915.

29 - Thomé-Souza, M.J., Maceina, M.J., Forsberg, B.R. 2014. Peacock Bass Mortality Associated with Catch-and-Release Sport Fishing in the Negro River, Amazonas State, Brazil. Acta Amazonica 44: 527-532.

30 - Miorando, P.S., Rebêlo, G.H., Pignati, M.T 2013. Effects of Community-Based Management on Amazon River Turtles: A Case Study of *Podocnemis sextuberculat*a in the Lower Amazon Floodplain, Pará, Brazil. Chelonian Conservation and Biology 2013: 143-150. doi: 10.2744/CCB-1011.1.

31 - Pezzuti, J., De Castro, F., McGrath, D. 2018: Commoning in Dynamic Environments: Community-Based Management of Turtle Nesting Sites on the Lower Amazon Floodplain. Ecology and Society 23(3):36. https://doi.org/10.5751/ES-10254-230336

32 - Campos-Silva, J.V., Peres, C.A., Antunes, A.P. 2017: Community-Based Population Recovery of Overexploited Amazonian Wildlife. Perspectives in Ecology and Conservation 15: 266-270. doi: 10.1016/j.pecon.2017.08.004.

33 - Bayley, P.B., Petrere Jr, M. 1989. Amazon Fisheries: Assessment Methods, Current Status and Management Options. In: Dogde, P.G. (ed.): Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106, pp. 385-398.

34 - Batista, V. da S., Isaac, V., Fabré, N. 2012. Peixes e Pesca No Solimões-Amazonas: Uma Avaliação Integrada. Ibama/ProVárzea, Brasília.

35 - Isaac, V.J., Castello, L., Santos, P.R.B. et al. 2016. Seasonal and Interannual Dynamics of River-Floodplain Multispecies Fisheries in Relation to Flood Pulses in the Lower Amazon. Fisheries Research 183: 352-359. doi: 10.1016/j.fishres.2016.06.017.

36 - Hallwass, G., Lopes, P.F., Juras, A.A. et al. 2011. Fishing Effort and Catch Composition of Urban Market and Rural Villages in Brazilian Amazon. Environmental Management 47: 188-200.

37 - Hallwass, G., Silva, L.H.T., Nagl, P. 2020. Small-scale fisheries, livelihoods and food security of riverine people. In Fish and Fisheries in the Brazilian Amazon: People, Ecology and Conservation in Black and Clear Water Rivers, Springer International Publishing, São Paulo.

38 - Hallwass, G., Silvano, R.A. 2016: Patterns of Selectiveness in the Amazonian Freshwater Fisheries: Implications for Management. Journal of Environmental Planning and Management 59: 1537-1559.

39 - Maccord, P.F.L., Silvano, R.A.M., Ramires, M.S. et al. 2007. Dynamics of Artisanal Fisheries in Two Brazilian Amazonian Reserves: Implications to Co-Management. Hydrobiologia 583: 365-376, doi: 10.1007/s10750-006-0486-4.

40 - Junk, W.J., Bayley, P.B., Sparks, R.E. 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: Dodge, D.P. (ed.): Proceedings of the International Large River Symposium. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 106, pp. 110-127.

41 - Begossi, A., Silvano, R., Do Amaral, B., Oyakawa, O. Uses of Fish and Game by Inhabitants of an Extractive Reserve (Upper Juruá, Acre, Brazil). Environment, Development and Sustainability 1: 73–93.

42 - Hallwass, G., Lopes, P.F.M., Juras, A.A., et al. 2013. Behavioral and Environmental Influences on Fishing Rewards and the Outcomes of Alternative Management Scenarios for Large Tropical Rivers. Journal of Environmental Management 128: 274–28. doi: 10.1016/j.jenvman.2013.05.037.

43 - Glossary of Terms for Negotiators of Multilateral Environmental Agreements, United Nations Environment Programme, United Nations Environment Programme, Eds., UNEP: Nairobi, Kenya, 2007, ISBN 978-92-807-2809-5.

44 - Glaser, M., Diele, K. 2004. Asymmetric Outcomes: Assessing Central Aspects of the Biological, Economic and Social Sustainability of a Mangrove Crab Fishery, Ucides Cordatus (Ocypodidae), in North Brazil. Ecological Economics 49: 361-373. doi: 10.1016/j.ecolecon.2004.01.017.

45 - Queiroz, H.L. 2000. Natural History and Conservation of Pirarucu, Àrapaima Gigas', at the Amazonian Várzea: Red Giants in Muddy Waters. PhD thesis, Saint Andrews University.

46 - Prestes-Carneiro, G., Béarez, P., Bailon, S. 2015. Subsistence Fishery at Hatahara (750–1230 CE), a Pre-Columbian Central Amazonian Village. Journal of Archaeological Science: Reports 8: 454-462. doi: 10.1016/j.jasrep.2015.10.033.

47 - Castello, L., Viana, J.P., Watkins, G. 2009. Lessons from Integrating Fishers of Arapaima in Small-Scale Fisheries Management at the Mamirauá Reserve, Amazon. Environmental Management 43: 197-209. doi: 10.1007/s00267-008-9220-5.

48 - Campos-Silva, J.V., Peres, C.A. 2016. Community-Based Management Induces Rapid Recovery of a High-Value Tropical Freshwater Fishery. Sci Rep 6: 34745. doi: 10.1038/srep34745.

49 - Smith, N.J.H. 1985 The Impact of Cultural and Ecological Change on Amazonian Fisheries. Biological Conservation 32: 355-373/ doi: 10.1016/0006-3207(85)90023-0.

50 - Freitas, C.T., Espírito-Santo, H.M.V., Campos-Silva, J.V. 2020. Resource Co-Management as a Step towards Gender Equity in Fisheries. Ecological Economics 176: 106709. doi: 10.1016/j.ecolecon. 2020.106709.

51 - Lopes, P.F.M., Freitas, C.T., Hallwass, G. 2021. Just Aquatic Governance: The Amazon Basin as Fertile Ground for Aligning Participatory Conservation with Social Justice. Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst. 31 (5): 1190-1205. aqc.3586, doi: 10.1002/aqc.3586.

52 - Welcomme, R.L., Cowx, I.G., Coates, D. 2010. Inland Capture Fisheries. Phil. Trans. R. Soc. B 365: 2881-2896. doi: 10.1098/rstb.2010.0168.

53 - Baird, I.G., Silvano, R.A.M., Parlee, B. 2021. The Downstream Impacts of Hydropower Dams and Indigenous and Local Knowledge: Examples from the Peace–Athabasca, Mekong, and Amazon. Environmental Management 67: 682-696. doi: 10.1007/s00267-020-01418-x.

54 - Runde, A., Hallwass, G., Silvano, R.A.M. 2020. Fishers' Knowledge Indicates Extensive Socioecological Impacts Downstream of Proposed Dams in a Tropical River. One Earth 2: 255-268. doi: 10.1016/j.oneear.2020.02.012.

55 - Ponton, D., Vauchel, P. 1998. Immediate Downstream Effects of the Petit-Saut Dam on Young Neotropical Fish in a Large Tributary of the Sinnamary River (French Guiana, South America). Regulated Rivers: Research & Management: An International Journal Devoted to River Research and Management 14: 227-243.

56 - de Mérona, B., Mendes dos Santos, G., Gonçalves de Almeida, R. 2001. Short Term Effects of Tucuruí Dam (Amazonia, Brazil) on the Trophic Organization of Fish Communities. Environmental Biology of Fishes 60: 375-392. doi: 10.1023/A:1011033025706.

57 - Agostinho, A.A., Gomes, L.C., Veríssimo, S. 2004. Dam Regulation and Fish in the Upper Paran River: Effects on Assemblage Attributes, Reproduction and Recruitment. Rev Fish Biol Fisheries 14: 11-19. doi: 10.1007/s11160-004-3551-y.

58 - Forsberg, B.R., Melack, J.M., Dunne, T. 2017. The Potential Impact of New Andean Dams on Amazon Fluvial Ecosystems. PLoS ONE 12: e0182254. doi: 10.1371/journal.pone.0182254.

59 - Winemiller, K.O., McIntyre, P.B., Castello, L. et al. 2016. Balancing Hydropower and Biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. Science 351: 128-129. doi: 10.1126/science.aac7082.

60 - Latrubesse, E.M., Arima, E.Y., Dunne, T. 2017. Damming the Rivers of the Amazon Basin. Nature 546: 363-369. doi: 10.1038/nature22333.

61 - Almeida, R.M., Hamilton, S.K., Rosi, E.J. 2020. Hydropeaking Operations of Two Run-of-River Mega-Dams Alter Downstream Hydrology of the Largest Amazon Tributary. Front. Environ. Sci. 8: 120. doi: 10.3389/fenvs.2020.00120.

62 - Agostinho, A.A., Agostinho, C.S., Pelicice, F.M. 2012. Safe Fish Passage or Hotspot for Predation? Neotrop. Ichthyol. 10: 687-696. doi: 10.1590/S1679-62252012000400001.

63 - Pelicice, F.M., Agostinho, A.A. 2008. Fish-Passage Facilities as Ecological Traps in Large Neotropical Rivers: Fish Passages as Ecological Traps. Conservation Biology 22: 180–188. doi: 10.1111/j.1523-1739.2007.00849.x.

64 - Hahn, L., Martins, E.G., Nunes, L.D. 2020. Semi-Natural Fishway Efficiency for Goliath Catfish (Brachyplatystoma Spp.) in a Large Dam in the Amazon Basin. Hydrobiologia 849: 323–338. doi: 10.1007/s10750-020-04438-0.

65 - Hallwass, G., Lopes, P.F., Juras, A.A. et al. 2013. Fishers' Knowledge Identifies Environmental Changes and Fish Abundance Trends in Impounded Tropical Rivers. Ecological Applications 23: 392-407. doi: 10.1890/12-0429.1.

66 - Santos, R.E., Pinto-Coelho, R.M., Fonseca, R. 2018. The Decline of Fisheries on the Madeira River, Brazil: The High Cost of the Hydroelectric Dams in the Amazon Basin. Fish Manag Ecol 25: 380–391. doi: 10.1111/fme.12305.

67 - Santos, R.E., Pinto-Coelho, R.M., Drumond, M.A. et al. 2020. Damming Amazon Rivers: Environmental Impacts of Hydroelectric Dams on Brazil's Madeira River According to Local Fishers' Perception. Ambio 49: 1612-1628. doi: 10.1007/s13280-020-01316-w.

68 - Sá-Oliveira, J.C., Isaac, V.J., Ferrari, S.F. 2015. Fish Community Structure as an Indicator of the Long-Term Effects of the Damming of an Amazonian River. Environ Biol Fish 98: 27-286. doi: 10.1007/s10641-014-0288-x.

69 - Damme, P.A.V., Córdova-Clavijo, L., Baigún, C. 2019. Upstream Dam Impacts on Gilded Catfish *Brachyplatystoma rousseauxii* (Siluriformes: Pimelodidae) in the Bolivian Amazon. Neotropical Ichthyology 17 (4). https://doi.org/10.1590/1982-0224-20190118.

70 - Arrifano, G.P.F., Martín-Doimeadios, R.C.R., Jiménez-Moreno, M. et al. 2018. Large-Scale Projects in the Amazon and Human Exposure to Mercury: The Case-Study of the Tucuruí Dam. Ecotoxicology and Environmental Safety 147: 299-305. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.08.048.

71 - Nepstad, D., McGrath, D., Stickler, C. et al. 2014. Slowing Amazon Deforestation through Public Policy and Interventions in Beef and Soy Supply Chains. Science 344: 1118-1123. doi: 10.1126/science.1248525.

72 - Nepstad, D.C., Stickler, C.M., Almeida, O.T. 2006. Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries: Opportunities for Conservation. Conservation Biology 20: 1595-1603. doi: 10.1111/j.1523-1739.2006.00510.x.

73 - Tyukavina, A., Hansen, M.C., Potapov, P.V. et al. 2017. Types and Rates of Forest Disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. Sci. Adv. 3: e1601047. doi: 10.1126/sciadv.1601047.

74 - da Cruz, D.C., Benayas, J.M.R., Ferreira, G.C. et al. 2021. An Overview of Forest Loss and Restoration in the Brazilian Amazon. New Forests 52: 1-16. doi: 10.1007/s11056-020-09777-3.

75 - Junior, C.H.S., Pessôa, A.C., Carvalho, N.S. 2021. The Brazilian Amazon Deforestation Rate in 2020 Is the Greatest of the Decade. Nature Ecology & Evolution 5: 144–145. https://doi.org/10.1038/s41559-020-01368-x

76 - Arantes, C.C., Winemiller, K.O., Asher, A. et al. 2019. Floodplain Land Cover Affects Biomass Distribution of Fish Functional Diversity in the Amazon River. Sci Rep 9: 16684. doi: 10.1038/s41598-019-52243-0.

77 - Arantes, C.C., Winemiller, K.O., Petrere, M. et al. 2018. Relationships between Forest Cover and Fish Diversity in the Amazon River Floodplain. J Appl Ecol 55: 386-395. doi: 10.1111/1365-2664.12967.

78 - Castello, L., Hess, L.L., Thapa, R., 2018. Fishery Yields Vary with Land Cover on the Amazon River Floodplain. Fish Fish 19: 431-440. doi: 10.1111/faf.12261.

79 - Capitani, L., Angelini, R., Keppeler, F.W. et al. 2021. Food Web Modeling Indicates the Potential Impacts of Increasing Deforestation and Fishing Pressure in the Tapajós River, Brazilian Amazon. Reg Environ Change 21: 42. doi: 10.1007/s10113-021-01777-z.

80 - Nagl, P., Hallwass, G., Tomazoni-Silva, L.H. et al. 2021. Protected Areas and Frugivorous Fish in Tropical Rivers: Small-scale Fisheries, Conservation and Ecosystem Services. Aquatic Conserv: Mar Freshw Ecosyst 2021: aqc.3673. doi: 10.1002/aqc.3673.

81 - Roulet, M., Lucotte, M., Canuel, R. et al. Distribution and Partition of Total Mercury in Waters of the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon. Science of The Total Environment 213: 203-211. doi: 10.1016/S0048-9697(98)00093-X.

82 - Crespo-Lopez, M.E., Augusto-Oliveira, M., Lopes-Araújo, A. et al. 2021. Mercury: What Can We Learn from the Amazon? Environment International 146: 106223. doi: 10.1016/j.envint.2020.106223.

83 - Roulet, M., Lucotte, M., Farella, N. et al. 1999. Effects of Recent Human Colonization on the Presence of Mercury in Amazonian Ecosystems. Water, Air, and Soil Pollution 112: 297-313.

84 - Berzas Nevado, J.J., Rodríguez Martín-Doimeadios, R.C., Guzmán Bernardo, F.J. et al. 2010. Mercury in the Tapajós River Basin, Brazilian Amazon: A Review. Environment International 36: 593-608. doi: 10.1016/j.envint.2010.03.011.

85 - Bastos, W.R., Dórea, J.G., Bernardi, J.V.E. et al. 2015. Mercury in Fish of the Madeira River (Temporal and Spatial Assessment), Brazilian Amazon. Environmental Research 140: 191-197. doi: 10.1016/j.envres.2015.03.029.

86 - Lino, A.S., Kasper, D., Guida, Y.S. et al. 2019. Total and Methyl Mercury Distribution in Water, Sediment, Plankton and Fish along the Tapajós River Basin in the Brazilian Amazon. Chemosphere 235: 690-700. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.06.212.

87 - Azevedo, L.S., Pestana, I.A., da Costa Nery, A.F. et al. 2020. Mercury Concentration in Six Fish Guilds from a Floodplain Lake in Western Amazonia: Interaction between Seasonality and Feeding Habits. Ecological Indicators 111: 106056. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.106056.

88 - Passos, C.J.S., Da Silva, D.S., Lemire, M. et al. 2008. Daily Mercury Intake in Fish-Eating Populations in the Brazilian Amazon. J Expo Sci Environ Epidemiol 18: 76-87/ doi: 10.1038/sj.jes.7500599.

89 - Faial, K., Deus, R., Deus, S. et al. 2015. Mercury Levels Assessment in Hair of Riverside Inhabitants of the Tapajós River, Pará State, Amazon, Brazil: Fish Consumption as a Possible Route of Exposure. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 30: 66-76. doi: 10.1016/j.jtemb.2014.10.009.

90. Hacon, S. de S., Oliveira-da-Costa, M., Gama, C. de S. et al. 2020. Mercury Exposure through Fish Consumption in Traditional Communities in the Brazilian Northern Amazon. IJERPH 17: 5269. doi: 10.3390/ijerph17155269.

91 - Vasconcellos, A.C.S. de, Hallwass, G., Bezerra, J.G. et al. 2021. Health Risk Assessment of Mercury Exposure from Fish Consumption in Munduruku Indigenous Communities in the Brazilian Amazon. IJERPH 18: 7940. doi: 10.3390/ijerph18157940.

92 - Allan, J.D., Abell, R., Hogan, Z. et al. 2005. Overfishing of Inland Waters. BioScience 55: 1041-1051. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[1041:OOIW]2.0.CO;2

93 - Silvano, R.A.M., Hallwass, G., Juras, A.A. et al. 2017. Assessment of Efficiency and Impacts of Gillnets on Fish Conservation in a Tropical Freshwater Fishery. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 27: 521-533, doi: 10.1002/aqc.2687.

94 - Garcia, A., Tello, S., Vargas, G. et al. 2009. Patterns of Commercial Fish Landings in the Loreto Region (Peruvian Amazon) between 1984 and 2006. Fish Physiol Biochem 35: 53-67. doi: 10.1007/s10695-008-9212-7.

95 - Isaac, V.J., Da Silva, C., Ruffino, M.L. 2008. The Artisanal Fishery Fleet of the Lower Amazon. Fisheries Management and Ecology 15: 179-187. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2008.00599.x

96 - Welcomme, R.L. 1999. A Review of a Model for Qualitative Evaluation of Exploitation Levels in Multi-species Fisheries. Fisheries Management and Ecology 6: 1-19. doi: 10.1046/j.1365-2400.1999.00137.x.

97 - Hallwass, G., Schiavetti, A., Silvano, R.A.M. Fishers' Knowledge Indicates Temporal Changes in Composition and Abundance of Fishing Resources in Amazon Protected Areas. Animal Conservation 2020, 23, 36–47. doi: 10.1111/acv.12504.

98 - Keppeler, F.W., de Souza, A.C., Hallwass, G. et al. 2018. Ecological Influences of Human Population Size and Distance to Urban Centres on Fish Communities in Tropical Lakes. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 28: 1030-1043.

99 - Tregidgo, D.J., Barlow, J., Pompeu, P.S. et al. 2017. Rainforest Metropolis Casts 1,000-Km Defaunation Shadow. Proceedings of the National Academy of Sciences 114: 8655-8659.

100 - Correa, S.B., Araujo, J.K., Penha, J.M. et al. 2015. Overfishing Disrupts an Ancient Mutualism between Frugivorous Fishes and Plants in Neotropical Wetlands. Biological Conservation 191: 159-167.

101 - Catarino, M.F., Kahn, J.R., Freitas, C.E.C. 2019. Stock Assessment of *Prochilodus Nigricans* (Actinopterygii: Characiformes: Prochilodontidae) Using Two Distinct Algorithms, in the Context of a Small-Scale Amazonian Fishery. Acta Ichthyologica et Piscatoria 49: 373-380. doi: 10.3750/AIEP/02623.

102 - Castello, L., McGrath, D.G., Beck, P.S. 2011. Resource Sustainability in Small-Scale Fisheries in the Lower Amazon Floodplains. Fisheries Research 110: 356-364.

103 - Begossi, A. 2008. Local Knowledge and Training towards Management. Environment, Development and Sustainability 10: 591-603. doi: 10.1007/s10668-008-9150-7.

104 - Begossi, A. 2014. Ecological, Cultural, and Economic Approaches to Managing Artisanal Fisheries. Environment, Development and Sustainability 16: 5-34. doi: 10.1007/s10668-013-9471-z.

105 - Keppeler, F.W., Hallwass, G., Santos, F., et al. 2020. What Makes a Good Catch? Effects of Variables from Individual to Regional Scales on Tropical Small-Scale Fisheries. Fisheries Research 229: 105571. doi: 10.1016/j.fishres.2020.105571.

106 - Silvano, R.A., Begossi, A. 2001. Seasonal Dynamics of Fishery at the Piracicaba River (Brazil). Fisheries Research 51: 69-86.

107 - Huntington, H.P., Begossi, A., Gearheard, S.F. 2017. How Small Communities Respond to Environmental Change: Patterns from Tropical to Polar Ecosystems. Ecology and Society 2017: 22.

108 - Begossi, A., May, P.H., Lopes, P.F. et al. 2011. Compensation for Environmental Services from Artisanal Fisheries in SE Brazil: Policy and Technical Strategies. Ecological Economics 71: 25-32. doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.09.008.

109 - Corrêa, M.A. de A., Kahn, J.R., Freitas, C.E. de C. 2014. Perverse Incentives in Fishery Management: The Case of the Defeso in the Brazilian Amazon. Ecological Economics 106: 186-194. doi: 10.1016/j.ecolecon.2014.07.023.

110 - Fernandes, C.C. 1997. Lateral Migration of Fishes in Amazon Floodplains. Ecol Freshwater Fish 6: 36-44, doi: 10.1111/j.1600-0633.1997.tb00140.x.

111 - Goulding, M., Barthem, R., Ferreira, E. 2003. The Smithsonian Atlas of the Amazon. Smithonian Books, Washington (D.C.).

112 - Doria, C.R. da C., Araújo, T.R. de, Souza, S.T.B. et al. 2008. Contribuição Da Etnoictiologia à Análise Da Legislação Pesqueira Referente Ao Defeso de Espécies de Peixes de Interesse Comercial No Oeste Da Amazônia Brasileira, Rio Guaporé, Rondônia, Brazil. Biotemas 21: 119–132. doi: 10.5007/2175-7925.2008v21n2p119.

113 - McGrath, D.G., Cardoso, A., Almeida, O.T. et al. 2008. Constructing a Policy and Institutional Framework for an Ecosystem-Based Approach to Managing the Lower Amazon Floodplain. Environment, Development and Sustainability 10: 677-695.

114 - De Castro, F., McGrath, D.G. 2003. Moving toward Sustainability in the Local Management of Floodplain Lake Fisheries in the Brazilian Amazon. Human Organization 62 (2): 123–133.

115 - Lopes, P.F.M., Silvano, R.A.M., Begossi, A. 2011. Extractive and Sustainable Development Reserves in Brazil: Resilient Alternatives to Fisheries? Journal of Environmental Planning and Management 54: 421-443. doi: 10.1080/09640568.2010.508687.

116 - Lopes, P.F.M., Hallwass, G., Begossi, A. et al. 2019. The Challenge of Managing Amazonian Small-Scale Fisheries in Brazil. In: Salas, S., Barragán-Paladines, M.J., Chuenpagdee, R. (eds.): Viability and Sustainability of Small-Scale Fisheries in Latin America and The Caribbean, p. 219-241. Springer International Publishing, Cham.

117 - Ferreira, R.P., Lopes, P.F.M., Campos-Silva, J.V. 2022. The Upper Juruá Extractive Reserve in the Brazilian Amazon: Past and Present. Braz. J. Biol. 82: e239188. doi: 10.1590/1519-6984.239188.

118 - Sobreiro, T., de Carvalho Freitas, C.E., Prado, K.L. et al. 2010. An Evaluation of Fishery Co-Management Experience in an Amazonian Black-Water River (Unini River, Amazon, Brazil). Environ Dev Sustain 12: 1013-1024. doi: 10.1007/s10668-010-9238-8.

119 - Keppeler, F.W., Hallwass, G., Silvano, R.A.M. 2017. Influence of Protected Areas on Fish Assemblages and Fisheries in a Large Tropical River. ORYX 51. 268-279. doi: 10.1017/S0030605316000247.

120 - Silvano, R.A.M., Hallwass, G., Lopes, P.F. 2014. Co-Management and Spatial Features Contribute to Secure Fish Abundance and Fishing Yields in Tropical Floodplain Lakes. Ecosystems 17: 271-285. doi: 10.1007/s10021-013-9722-8.

121 - Castello, L., Arantes, C.C., Mcgrath, D.G. et al. 2015. Understanding Fishing-induced Extinctions in the Amazon. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 25. 587-598.

122 - Castello, L. 2004. A Method to Count Pirarucu Arapaima Gigas: Fishers, Assessment, and Management. North American Journal of Fisheries Management 24: 379-389.

123 - Petersen, T.A., Brum, S.M., Rossoni, F., Silveira, G.F.V., Castello, L. Recovery of Arapaima Sp. Populations by Community-Based Management in Floodplains of the Purus River, Amazon: Recovery of Arapaima Sp. Populations. J Fish Biol 2016, 89, 241–248, doi: 10.1111/jfb.12968.

124 - Silvano, R.A.M., Ramires, M., Zuanon, J. 2009. Effects of Fisheries Management on Fish Communities in the Floodplain Lakes of a Brazilian Amazonian Reserve. Ecology of Freshwater Fish 18: 156-166. doi: 10.1111/j.1600-0633.2008.00333.x.

125 - Medeiros-Leal, W.M., Castello, L., Freitas, C.E.C. et al. 2021. Single-Species Co-Management Improves Fish Assemblage Structure and Composition in a Tropical River. Front. Ecol. Evol. 9: 604170. doi: 10.3389/fevo.2021.604170.

126 - Gell, F.R., Roberts, C.M. 2003. Benefits beyond Boundaries: The Fishery Effects of Marine Reserves. Trends in Ecology & Evolution 18: 448-455.

127 - de Araújo Andrade, L.C., Amaral, E.S.R., da Silva, N.B. et al. 2011. Recount Pirarucu: A Method for Assessing the Quality of Pirarucu Countings. Scientific Magazine UAKARI 7: 29-40.

128 - Cavole, L.M., Arantes, C.C., Castello, L. 2015. How Illegal Are Tropical Small-Scale Fisheries? An Estimate for Arapaima in the Amazon. Fisheries Research 168: 1-5. doi: 10.1016/j.fishres.2015.03.012.

129 - Almeida, O.T., Lorenzen, K., McGrath, D.G. 2009. Fishing Agreements in the Lower Amazon: For Gain and Restraint. Fisheries Management and Ecology 16: 61-67. doi: 10.1111/j.1365-2400.2008.00647.x.

130 - Campos-Silva, J.V., Hawes, J.E., Andrade, P.C.M. 2018. Unintended Multispecies Co-Benefits of an Amazonian Community-Based Conservation Programme. Nat Sustain 1: 650-656. doi: 10.1038/s41893-018-0170-5.

131 - Goulding, M., Venticinque, E., Ribeiro, M.L. de B. 2019. Ecosystem-Based Management of Amazon Fisheries and Wetlands. Fish Fish 20: 138-158. doi: 10.1111/faf.12328.

132 - Doria, C.R.C., Athayde, S., Lima, H.M. et al. 2020. Challenges for the Governance of Small-Scale Fisheries on the Brazil-Bolivia Transboundary Region. Society & Natural Resources 33: 1213-1231. doi: 10.1080/08941920.2020.1771492.

133 - Silvano, R.A.M. (ed.). 2020. Fish and Fisheries in the Brazilian Amazon: People, Ecology and Conservation in Black and Clear Water Rivers. Springer International Publishing, Cham, 2020.

134 - Mesquita, E.M.C., Cruz, R.E.A., Hallwass, G. et al. 2019. Fishery Parameters and Population Dynamics of Silver Croaker on the Xingu River, Brazilian Amazon. Bol. Inst. Pesca 45: e.423. doi: 10.20950/1678-2305.2019.45.2.423.

135 - Hallwass, G., Lopes, P.F., Silvano, R.A. 2013. Could Payment for Environmental Services Reconcile Fish Conservation with Small-Scale Fisheries in the Brazilian Amazon. In: Mohammed, E.Y. (ed.): Economic Incentives for Marine and Coastal Conservation: Prospects, Challenges and Policy Implications, pp. 157-169. Taylor & Francis, London.

136 - Begossi, A., Hanazaki, N., Ramos, R.M. 2004. Food Chain and the Reasons for Fish Food Taboos among Amazonian and Atlantic Forest Fishers (Brazil). Ecological Applications 14: 1334-1343.

137 - Silvano, R.A.M., Begossi, A. 2012. Fishermen's Local Ecological Knowledge on Southeastern Brazilian Coastal Fishes: Contributions to Research, Conservation, and Management. Neotropical Ichthyology 10: 133-147. doi: 10.1590/S1679-62252012000100013.

138 - Silvano, R.A.M., Valbo-Jørgensen, J. 2008. Beyond Fishermen's Tales: Contributions of Fishers' Local Ecological Knowledge to Fish Ecology and Fisheries Management. Environment, Development and Sustainability 2008: 657-675. doi: 10.1007/s10668-008-9149-0.

139 - Silvano, R.A.M., Begossi, A. 2016. From Ethnobiology to Ecotoxicology: Fishers' Knowledge on Trophic Levels as Indicator of Bioaccumulation in Tropical Marine and Freshwater Fishes. Ecosystems 19: 1310-1324. doi: 10.1007/s10021-016-0002-2.

140 - Batista, V.S., Lima, L.G. 2010. In Search of Traditional Bio-Ecological Knowledge Useful for Fisheries Co-Management: The Case of Jaraquis Semaprochilodus Spp.(Characiformes, Prochilodontidae) in Central Amazon, Brazil. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 6: 1-9.

141 - Jacobi, C.M., Villamarín, F., Campos-Silva, J.V. et al. 2020. Feeding of *Arapaima* sp.: Integrating Stomach Contents and Local Ecological Knowledge. Journal of Fish Biology 97: 265-272.

142 - Pereyra, P.E.R., Hallwass, G., Poesch, M. et al. 2021. Taking Fishers' Knowledge to the Lab': An Interdisciplinary Approach to Understand Fish Trophic Relationships in the Brazilian Amazon. Front. Ecol. Evol. 9: 723026. doi: 10.3389/fevo.2021.723026.

143 - Silvano, R.A.M., Silva, A.L., Ceroni, M. et al. 2008. Contributions of Ethnobiology to the Conservation of Tropical Rivers and Streams. Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 18: 241-260. doi: 10.1002/aqc.825.

144 - Nunes, M.U.S., Hallwass, G., Silvano, R.A.M. 2019. Fishers' Local Ecological Knowledge Indicate Migration Patterns of Tropical Freshwater Fish in an Amazonian River. Hydrobiologia 833: 197-215.

145 - Camacho Guerreiro, A.I., Ladle, R.J., da Silva Batista, V. 2016. Riverine Fishers' Knowledge of Extreme Climatic Events in the Brazilian Amazonia. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 12: 50. doi: 10.1186/s13002-016-0123-x.

146 - Silvano, R.A.M., Hallwass, G. 2020. Participatory Research with Fishers to Improve Knowledge on Small-Scale Fisheries in Tropical Rivers. Sustainability 12: 4487. doi: 10.3390/su12114487.

147 - Schemmel, E., Friedlander, A.M., Andrade, P. 2016. The Codevelopment of Coastal Fisheries Monitoring Methods to Support Local Management. Ecology and Society 21 (4): 34. doi: 10.5751/ES-08818-210434.

148 - Begossi, A., Salivonchyk, S., Silvano, R. 2016. Collaborative Research on Dusky Grouper (Epinephelus Marginatus): Catches from the Small-Scale Fishery of Copacabana Beach, Rio de Janeiro, Brazil. J Coast Zone Manag 19: 21-23.

149 - Dias, A.C.E., Cinti, A., Parma, A.M. et al. 2020. Participatory Monitoring of Small-Scale Coastal Fisheries in South America: Use of Fishers' Knowledge and Factors Affecting Participation. Rev Fish Biol Fisheries 30: 313-333. doi: 10.1007/s11160-020-09602-2.