

Ictiofauna do maior fragmento florestal urbano da Amazônia: sobrevivendo ao concreto e à poluição

Ichthyofauna of the major urban forest fragment of the Amazon: Surviving concrete and pollution

Hélio Beltrão¹
heliodosanjose@gmail.com

Esner Robert Santos
Magalhães²
esnermagalhaes@gmail.com

Samuel Barbosa da Costa³
samuelcossta_19@hotmail.com

Sara de Castro Loebens⁴
sara.loebens2@gmail.com

Kedma Cristine Yamamoto²
kcyamamoto@gmail.com

Resumo

A área urbana da cidade de Manaus, Amazonas, a maior metrópole da Amazônia Brasileira, possui poucos fragmentos florestais com igarapés íntegros, e grande parte deles é seriamente ameaçada pelas atividades antrópicas. O *checklist* da fauna aquática desses igarapés é uma importante ferramenta para se conhecer a biodiversidade desses ambientes. Amostragens de peixes foram realizadas entre 2007 e 2017 em 10 igarapés do fragmento florestal da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), cuja área possui aproximadamente 700ha. Um total de 23 espécies de peixes de 6 ordens, 10 famílias e 19 gêneros foram coletados, incluindo uma espécie exótica e uma alóctone. Igarapés íntegros apresentaram a ocorrência de 4 a 10 espécies, com abundância média de 54,8 indivíduos ($\pm 25,1$), densidade de 2,87 indivíduos/m³ ($\pm 1,85$), alta diversidade ($H' = 1,41 \pm 0,35$) e baixa dominância ($d = 0,47 \pm 0,14$). Já nos igarapés poluídos, foram encontradas no máximo 2 espécies, com abundância média de 176 espécimes ($\pm 216,1$), densidade de 7,43 indivíduos/m³ ($\pm 9,14$), baixa diversidade ($H' = 0,02 \pm 0,03$) e alta dominância ($d = 1,00 \pm 0,005$). Este estudo mostrou que, apesar dos distúrbios antropogênicos detectados nas bordas do fragmento, a área estudada desempenha um papel fundamental na conservação das espécies nativas de peixes de igarapés da área urbana da cidade.

Palavras-chave: diversidade, peixes, desmatamento, monitoramento, conservação.

Abstract

The urban area of Manaus city, in the Amazonas state, the main metropolis of the Brazilian Amazonian, has few forest remnants with preserved streams and most of them are seriously threatened by human activities. The checklist of the aquatic fauna of the streams is an important tool for learning about the biodiversity of these fragile environments. Fish samplings were made between 2007 and 2017 in 10 streams of the Forest Fragment of the Federal University of Amazonas (UFAM), which has approximately 700ha. A total of 23 fish species of 6 orders, 10 families and 19 genera were collected, including an exotic and an allochthonous species. Preserved streams presented the occurrence of 4 to 10 species, with an average abundance of 54.8 (± 25.1) individuals, density of 2.87 individuals/m³ (± 1.85), high diversity ($H' = 1.41 \pm 0.35$), and low dominance ($d = 0.47 \pm 0.14$). In polluted streams, a maximum of 2 species was found. These streams show average abundance of 176 (± 216.1) individuals, density of 7.43 individuals/m³ (± 9.14), low diversity ($H' = 0.02 \pm 0.03$), and high dominance ($d = 1.00 \pm 0.005$). This study shows that, despite the anthropogenic disturbances detected in remnant borders, the studied area accomplish a fundamental role in the conservation of native fish species of streams of the urban area.

Keywords: diversity, fish, deforestation, monitoring, conservation.

¹ Universidade Federal do Amazonas. Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3578, Coroado, 69080-900, Manaus, AM, Brasil.

² Universidade Federal do Amazonas. Departamento de Ciências Pesqueiras. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3578, Coroado, 69080-900, Manaus, AM, Brasil.

³ Universidade Federal do Amazonas. Faculdade de Ciências Agrárias. Curso de Engenharia de Pesca. Av. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3578, mini-campus, Setor Sul, Coroado, 69080-900, Manaus, AM, Brasil.

⁴ Universidade Federal de Pernambuco. Pós-Graduação, Departamento de Oceanografia, Laboratório de Oceanografia Pesqueira. Av. Arquitetura, s/n, Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE, Brasil.

Introdução

Na Amazônia Central, pequenos igarapés de águas ácidas e pobres em nutrientes (principalmente cálcio e magnésio), constituem uma densa rede hídrica com importância fundamental para manutenção da qualidade da água e da biodiversidade aquática (Mendonça *et al.*, 2005; Zuanon *et al.*, 2015). Esses igarapés abrigam uma fauna de peixes diversificada e pouco conhecida e, a qual mantém uma íntima associação com a floresta, responsável pelo aporte de material orgânico, garantindo alimento e abrigo para a ictiofauna (Knöppel, 1970; Silva, 1993; Mendonça *et al.*, 2005; Zuanon *et al.*, 2015). No entanto, o crescimento populacional, associado à urbanização, tem levado a profundas alterações nesses ambientes, que vêm sendo gradativamente impactados devido ao desmatamento, à fragmentação florestal, à poluição aquática, causada principalmente por despejo de esgoto doméstico e outras alterações físicas e químicas da água (Silva e Silva, 1993; Lima-Junior *et al.*, 2006; Beltrão, 2007; Lins *et al.*, 2010; Laurance *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2012; Haddad *et al.*, 2015). Outra importante ameaça é a introdução de espécies exóticas que pode ocasionar perda de diversidade biológica em ambientes aquáticos como os igarapés (Revenga *et al.*, 1998; Revenga e Kura, 2003; Gurevitch e Padilla, 2004; Revenga *et al.*, 2005; Dudgeon *et al.*, 2006; Leprieur *et al.*, 2008; Cassemiro *et al.*, 2017).

Os peixes e outros organismos aquáticos presentes em igarapés respondem rapidamente a perturbações ambientais, sofrendo alterações na estrutura da comunidade local (Couceiro *et al.*, 2006; Beltrão, 2007; Lins *et al.*, 2010). Alterações dessa natureza maximizam a importância de se conhecer melhor os efeitos dos diferentes fatores na estrutura da ictiofauna de pequenos igarapés urbanos, especialmente nos fragmentos florestais remanescentes das cidades amazônicas.

Um exemplo claro dessa situação é a cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas, sétima cidade mais populosa do Brasil e a maior cidade da Amazônia brasileira (IBGE, 2016), que está completamente inserida na floresta e depende de suas microbacias de drenagem. Assim, as perturbações causadas pela remoção da floresta ou a poluição dos cursos d'água, têm efeitos diretos sobre a biodiversidade, a saúde da população humana e o ambiente urbano de forma geral (Silva e Silva, 1993; Waichman e Borges, 2003; Beltrão, 2007; Ferreira *et al.*, 2012).

Em Manaus, os fragmentos florestais remanescentes encontram-se em áreas muito reduzidas, em consequência do crescimento horizontal acelerado e desordenado da cidade, principalmente em virtude da falta de planejamento urbano, ocupações ilegais e da intensificação das atividades agroindustriais ocorridas nas últimas décadas (Silva e Silva, 1993; Waichman e Borges, 2003; Oliveira *et al.*, 2003; Oliveira, 2010). Os fragmentos florestais, encontram-se

restritos geralmente a áreas particulares ou de instituições governamentais que ainda preservam seus mananciais (Beltrão, 2007). Entretanto, poucos estudos têm sido realizados sobre as comunidades biológicas desses fragmentos, sendo desconhecida a magnitude dos efeitos antrópicos sobre eles.

Como consequência dos impactos da fragmentação florestal e da poluição, pode haver o desaparecimento de muitas espécies que sequer foram descritas ou estudadas (Laurance *et al.*, 2011; Haddad *et al.*, 2015) e, que tendem ao desaparecimento local, devido ao intenso processo de antropização já evidenciado em fragmentos florestais da cidade de Manaus (Beltrão, 2007; Ferreira *et al.*, 2012). Nesse sentido, esse estudo teve como objetivo principal fornecer um inventário da ictiofauna de um fragmento florestal urbano, na busca de contribuir com informações que possam subsidiar ações para a conservação da biodiversidade aquática em áreas urbanas da Amazônia.

Material e métodos

Área de estudo

A cidade de Manaus está localizada na porção central da Amazônia, na margem esquerda do rio Negro, próxima à confluência com o rio Amazonas. A superfície total do município é de 11.458 Km², com uma área urbanizada que se estende por aproximadamente 491 Km² (PMM, 2016). Estimativas atuais consideram que Manaus tenha aproximadamente 2.130.000 habitantes, sendo que desse total, 99% vivem na área urbana (IBGE, 2016) (Figura 1).

Atualmente, na área urbana de Manaus, são encontrados cerca de 1000 igarapés, perfazendo cerca de 100 km de rede hídrica (PMM, 2016). Grande parte desses igarapés apresentam diferentes níveis de perturbações antropogênicas, ocasionadas principalmente pela remoção completa ou parcial da floresta ripária para ocupação habitacional, além do despejo de esgotos domésticos e industriais sem tratamento. Por outro lado, uma pequena parte desses igarapés, situada em fragmentos florestais urbanos como os da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), apresenta boa integridade.

A área do campus da UFAM, foi criada em 1968, sendo constituída por uma imensa área de floresta primária e algumas áreas degradadas (Cavalcante *et al.*, 2014). Até o final da década de 1970, a área apresentava conexões com a floresta contínua das zonas norte e nordeste da cidade. No entanto, no final da década 1980, todo o perímetro do campus já havia sido ocupado por comunidades que habitam os bairros de entorno (Cavalcante *et al.*, 2014). Atualmente o Campus da UFAM ocupa uma área de aproximadamente 700 ha, localizado no meio da cidade de Manaus, e pertence a uma rede de áreas protegidas que compõem um mosaico de 759,15 ha (Decreto Municipal N° 1.503, de 27/03/2012).

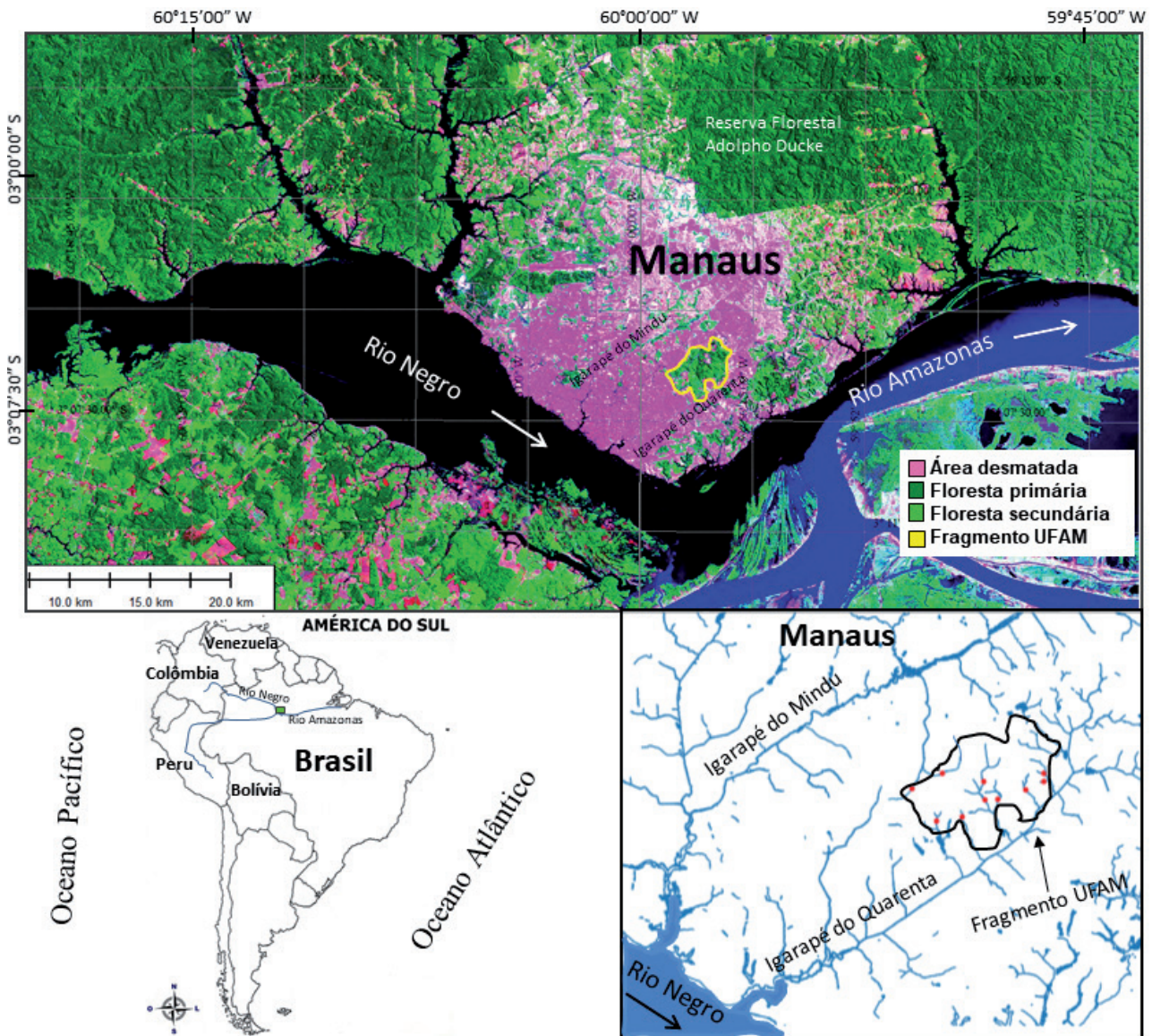


Figura 1. Localização da cidade de Manaus, Amazonas, norte do Brasil, com polígono indicando o fragmento florestal da Universidade Federal do Amazonas e parte das microbacias de drenagem dos igarapés do Quarenta e Mindu. Pontos vermelhos indicam os pontos de coleta no fragmento (Imagem LandSat).

Figure 1. Location of Manaus city, Amazonas, northern Brazil, with a polygon indicating the forest fragment of the Federal University of Amazonas and part of the Quarenta and Mindu drainage basins. Red dots indicate collection points in the fragment (Image LandSat).

Embora fragmentada, em consequência da expansão da zona urbana, ainda podem ser encontradas áreas potenciais de refúgio de fauna, como uma imensa área verde de floresta, contendo cerca de 20 pequenos igarapés (Beltrão, 2007). Esses igarapés apresentam dois tipos de situação conforme metodologia de Nessimian *et al.* (2008) e Couceiro *et al.* (2012): (i) igarapés íntegros, com pouco, ou nenhum impacto antropogênico evidente (que nascem no fragmento e drenam para a microbacia do Quarenta) e (ii) igarapés poluídos, com indícios de poluição orgânica (que

nascem em áreas urbanizadas e margeiam as bordas do fragmento, drenando para a microbacia do Mindu).

Procedimento de campo

No total foram amostrados 10 igarapés entre os anos de 2007 a 2017. Destes, oito fazem parte das nascentes que constituem a drenagem da microbacia do igarapé do Quarenta e dois são nascentes da microbacia do igarapé do Mindu (Figura 1).

Foram realizadas medidas de parâmetros físicos dos igarapés e físicos e químicos da água em dois pontos ao longo de um trecho de 100 metros. As variáveis medidas foram a largura do canal (m), profundidade (sondagem vertical a cada 10 cm), tipo de substrato, velocidade da correnteza (m/s), vazão (m³/s) e abertura do dossel (de acordo com metodologia de Engelbrecht e Herz, 2001). O tipo de substrato foi determinado a partir das sondagens da profundidade, sendo divididas em nove categorias: areia, liteira, argila, macrófita, raiz, tronco, seixo, pedregulho e lixo. Para medir a velocidade da correnteza, utilizou-se o tempo de deslocamento de um objeto flutuante em uma distância conhecida. A vazão foi calculada relacionando-se velocidade média, largura e profundidade, pela fórmula $Q = A \cdot V_m$; onde, Q = vazão e V_m = velocidade média da corrente; A = área média na seção transversal do curso de água.

Os parâmetros físicos e químicos da água, como temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L), foram determinados na camada subsuperficial com termômetro/oxímetro digital portátil (Yellow Springs). O potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) foram determinados com potenciômetro/condutivímetro digital portátil (Yellow Springs). Amostras de água foram coletadas para posterior análise da concentração de amônia e nitrito, seguindo a metodologia de análise colorimétrica modificadas por Boyd e Tucker (1992).

Posteriormente, foi realizada a coleta dos peixes com o uso de redes de cerco (2 m comprimento x 1 m altura, com malhas de 3 mm entre nós), peneiras metálicas e puçás de malha fina (2 mm entre nós). Foram utilizadas também redes de bloqueio para facilitar a “varredura” nos trechos dos igarapés amostrados. O esforço de pesca foi padronizado entre os igarapés e consistiu na atuação de três coletores durante aproximadamente duas horas de trabalho em cada igarapé.

Em se tratando de uma área de fragmentação florestal urbana, fortemente ameaçada pelo isolamento das espécies nativas e pela poluição aquática, optou-se por eutanasiar apenas uma parte dos exemplares das amostras realizadas (3 a 5 exemplares por espécie), para serem utilizados como material testemunho depositado nas coleções de peixes da Universidade Federal do Amazonas e do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) (Licença IBAMA Nº 30479-1). Os demais exemplares foram devolvidos, ainda com vida, ao ambiente, logo após a biometria (comprimento padrão [cm] e peso total [g]).

Os exemplares testemunhos foram anestesiados com dose letal de solução de Benzocaína (conforme recomendado pela *American Veterinary Medical Association* -AVMA, 2013) e, posteriormente fixados em solução de formalina a 10%. Em seguida, os espécimes foram acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados, para posterior transporte ao laboratório de Ictiologia, onde

foram lavadas com água corrente por um período de 24 horas. Após esse procedimento, os exemplares foram fotografados e conservados em etanol 70%. A identificação das espécies foi realizada até o menor nível taxonômico possível, utilizando bibliografia especializada e ajuda de especialistas do INPA e da UFAM.

Análise de dados

Estimativas de riqueza para cada igarapé foram calculadas para analisar a efetividade dos valores de riqueza obtida nas capturas através do uso do método Jackknife e a eficiência da amostragem pela curva de rarefação (Krebs, 1989). A abundância de peixes nos igarapés foi representada pelo número de exemplares coletados. A densidade de peixes foi calculada por meio da razão entre o número de indivíduos dos peixes e o volume (m³) do trecho amostrado, calculado com base na área transectiva do igarapé, em um trecho de 100 m de comprimento. Foram calculados também os valores de diversidade (através do índice de Shannon-Wiener; Krebs, 1989), dominância (índice proposto por Berger e Parker, 1970), equitabilidade (abundância relativa das espécies (Magurran, 1988) e frequência de ocorrência das espécies de peixes (% de igarapés que a espécie ocorreu). Todas as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico R 3.3.0 (R Development Core Team 2017).

Resultados

Ictiofauna

A ictiofauna registrada nos igarapés, apresentou 23 espécies, distribuídas em 6 ordens, 10 famílias e 19 gêneros (Tabela 1; Figuras 2 e 3). Nos igarapés íntegros, afluentes do igarapé do Quarenta, foi observada a dominância de Characiformes (9 espécies, 45,0%) e Perciformes (6 espécies, 30,0%), seguido de Cyprinodontiformes (2), Synbranchiformes (2) e uma espécie de Gymnotiformes (Tabela 1). Já nos igarapés poluídos, afluentes do igarapé Mindu, foram encontradas apenas três espécies, *Callichthys callichthys* (LINNAEUS 1758) da ordem Siluriformes, *Cichlasoma amazonarum* KULLANDER 1983, ordem Perciformes e um Cyprinodontiformes, *Poecilia reticulata* PETERS 1859. Importante ressaltar que nenhuma dessas espécies ocorreu nos igarapés íntegros (Tabela 1).

Em geral, os Characiformes constituíram o grupo de maior abundância (75,5%) dos exemplares coletados nos igarapés íntegros, sendo *Copella cololepis* (REGAN 1912) (29,6%), *Pyrrhulina brevis* STEINDACHNER 1876 (26,9%), *Anablepsoides micropus* (STEINDACHNER 1863) (10,4%), *Hyphessobrycon melazonatus* DURBIN 1908 (6,0%) e *Crenuchus spilurus* GÜNTHER 1863 (5,5%) as espécies mais abundantes, representando juntas 78,4% da abundância

Tabela 1. Composição da ictiofauna capturada no fragmento florestal urbano da UFAM, Manaus, norte do Brasil, indicando o número de exemplares e biomassa, coletados ao longo dos últimos 10 anos e o número de tombamento dos espécimes.**Table 1.** Ichthyofauna composition captured in the urban forest fragment of UFAM, Manaus, northern Brazil, indicating the number of specimens and biomass collected during the last 10 years and the voucher number of specimens.

ORDEM/ Família/ espécie	2007		2012		2016/17		Total		No. de tombo
	N	(g)	N	(g)	N	(g)	N	(g)	
CHARACIFORMES									
Characidae									
Hyphessobrycon melazonatus DUBIN 1908	9	5,05			34	21,07	43	26,12	INPA-28249
Crenuchidae									
Characidium cf. pellucidum EIGENMANN 1909					1	0,12	1	0,12	UFAM-0226
Crenuchus spilurus GÜNTHER 1863	11	5,22	14	9,62	14	12,61	39	27,45	INPA-28246
Elachocharax pulcher MYERS 1927					1	0,06	1	0,06	UFAM-0243
Poecilocharax weitzmani GÉRY 1965			5	1,3	2	0,56	7	1,86	UFAM-0228
Erythrinidae									
Erythrinus erythrinus (BLOCH & SCHNEIDER 1801)	2	7,62	29	42,52	3	34,25	34	84,39	INPA-28247
Hoplias malabaricus (BLOCH 1794)			4	0,18	6	42,66	10	42,84	UFAM-0247
Lebiasinidae									
Copella callolepis (REGAN 1912)	48	9,29	88	23,64	75	19,91	211	52,84	INPA-28245
Pyrrhulina brevis STEINDACHNER 1876	10	5,34	168	46,78	14	16,59	192	68,71	INPA-28250
GYMNOTIFORMES									
Gymnotidae									
Gymnotus cf. coropinae HOEDEMAN 1962	1	0,50					1	0,50	INPA-28248
SILURIFORMES									
Callichthyidae									
Callichthys callichthys (LINNAEUS 1758)			5	2,67			5	2,67	INPA-28235
CYPRINODONTIFORMES									
Poeciliidae									
Poecilia reticulata PETERS 1859			418	70,10	103	6,49	521	76,59	INPA-28330
Rivulidae									
Anablepsoides micropus (STEINDACHNER 1863)	4	0,72	49	9,86	21	16,73	74	27,31	INPA-28257
Anablepsoides ornatos (GARMAN 1895)					5	1,43	5	1,43	UFAM-0242
SYNBRACHIFORMES									
Synbranchidae									
Synbranchus cf. marmoratus BLOCH 1795	1	0,06					1	0,06	INPA-28252
Synbranchus sp. "reticulado"			2	0,55	1	3,5	3	4,05	UFAM-0236
PERCIFORMES									
Cichlidae									
Aequidens pallidus (HECKEL 1840)	3	40,88	27	57,05	6	38,83	36	136,76	INPA-28243
Acaronia nassa (HECKEL 1840)					1	11,3	1	11,30	UFAM-0254
Apistogramma agassizii (STEINDACHNER 1875)	6	2,65			31	17,33	37	19,98	INPA-28244
Apistogramma geophyra KULLANDER 1980			6	2,07			6	2,07	INPA-26272
Apistogramma hippolytae KULLANDER 1982					2	0,32	2	0,32	INPA-28308
Cichlasoma amazonarum KULLANDER 1983			1	29,09	1	13,0	2	42,09	INPA-28294
Crenicichla inpa PLOEG 1991	1	7,13			8	17,69	9	24,82	UFAM-0252
Total N/Biomassa (g)	96	84,46	816	295,43	329	274,45	1241	654,34	

nesses igarapés. Já nos igarapés poluídos a espécie *P. reticulata* (ordem Cyprinodontiformes) foi a espécie mais abundante (98,7%), seguida de *C. amazonarum* (0,38%) (Tabela 1).

Quatorze espécies tiveram baixa abundância entre um e 10 exemplares; destas, 12 foram capturadas exclusivamente nos igarapés íntegros (*Poecilocharax weitzmani* GÉRY 1965,

Characidium cf. *pellucidum* EIGENMANN 1909, *Elachocharax pulcher* MYERS 1927, *Hoplias malabaricus* (BLOCH 1794), *Gymnotus* cf. *coropinae* HOEDEMAN 1962, *Anablepsoides ornatus* (GARMAN 1895), *Synbranchus* cf. *marmoratus* BLOCH 1795, *Synbranchus* sp. "reticulado", *Acaronia nassa* (HECKEL 1840), *Apistogramma geophyra* KULLANDER 1980, *Apistogramma hippolytae* KULLANDER 1982 e *Creni-*

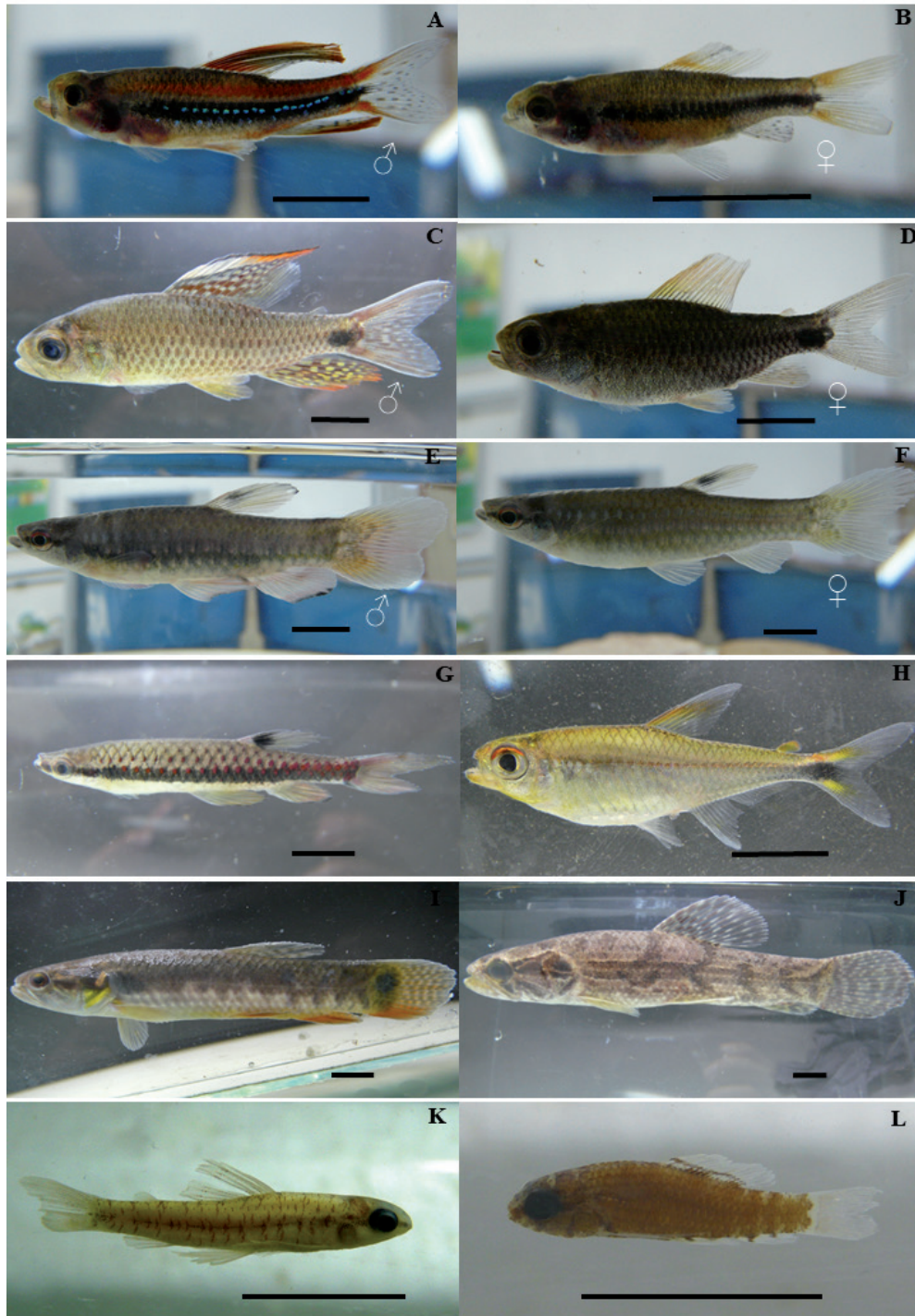


Figura 2. Espécies de Characíformes coletadas no fragmento florestal da UFAM, Manaus, norte do Brasil, com seus respectivos números de tombo, depositadas na Coleção de peixes do INPA e da UFAM. (A-B) *Poecilocharax weitzmani* (UFAM - 0228), (C-D) *Crenuchus spilurus* (INPA-28246), (E-F) *Pyrrhulina brevis* (INPA-28250), (G) *Copella callolepis* (INPA-28245), (H) *Hyphessobrycon melazonatus* (INPA-28249), (I) *Erythrinus erythrinus* (UFAM-0224), (J) *Hoplias malabaricus* (UFAM-0247), (K) *Characidium cf. pellucidum* (UFAM-0226) e (L) *Elachocharax pulcher* (UFAM-0243). (Barra = 1 cm).

Figure 2. Characiformes species collected in the forest fragment of UFAM, Manaus, northern Brazil, with their respective voucher numbers, deposited in the Fish Collection of the National Research Institute of the Amazon-INPA and UFAM. (A-B) *Poecilocharax weitzmani* (UFAM-0228), (C-D) *Crenuchus spilurus* (INPA-28246), (E-F) *Pyrrhulina brevis* (INPA-28250), (G) *Copella callolepis* (INPA-28245), (H) *Hyphessobrycon melazonatus* (INPA-28249), (I) *Erythrinus erythrinus* (UFAM-0224), (J) *Hoplias malabaricus* (UFAM-0247), (K) *Characidium cf. pellucidum* (UFAM-0226) and (L) *Elachocharax pulcher* (UFAM-0243). (Bar = 1 cm).

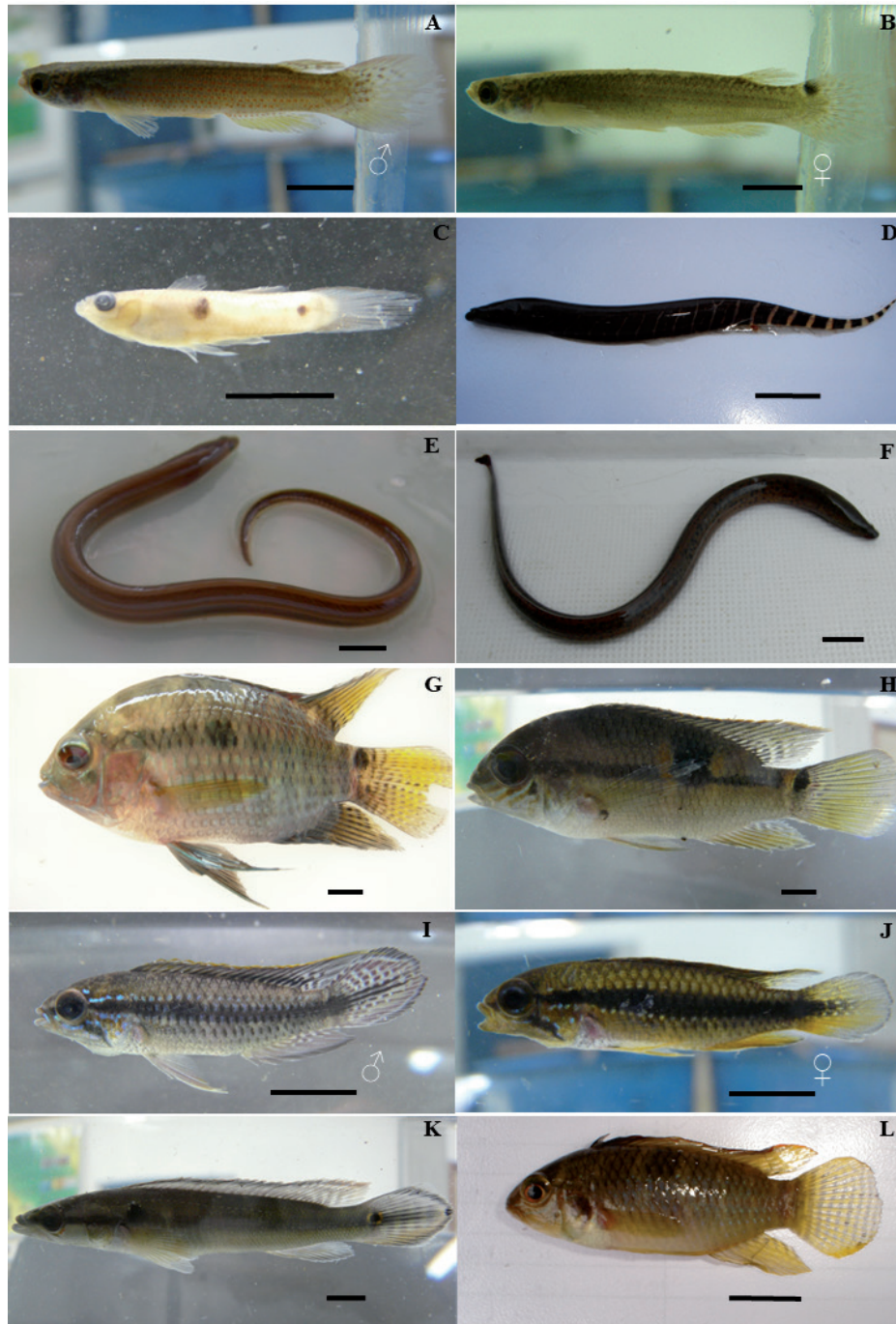


Figura 3. Espécies de Cyprinodontiformes, Gymnotiformes, Synbranchiformes e Perciformes, coletadas no fragmento florestal da UFAM, Manaus, norte do Brasil, com seus respectivos números de tombos, depositadas na Coleção de peixes do INPA e da UFAM. (A-B) *Anablepsoides micropus* (INPA-0244, INPA-28257), (C) *Poecilia reticulata* (INPA-28330), (D) *Gymnotus* cf. *coropinae* (INPA-28248), (E) *Synbranchus* sp. “reticulado” (UFAM-0236), (F) *Synbranchus* cf. *marmoratus* (INPA-28252), (G) *Cichlasoma amazonarum* (UFAM-0238), (H) *Aequidens pallidus* (INPA-28243), (I-J) *Apistogramma agassizii* (INPA-28244), (K) *Crenicichla inpa* (UFAM-0252) e (L) *Apistogramma hippolytae* (UFAM-0222). (Barra = 1 cm).

Figure 3. Species of Cyprinodontiformes, Gymnotiformes, Synbranchiformes and Perciformes, collected in the forest fragment of UFAM, Manaus, northern Brazil, with their respective voucher numbers, deposited in the Fish Collection of the National Research Institute of the Amazon-INPA and UFAM. (A-B) *Anablepsoides micropus* (INPA-0244, INPA-28257), (C) *Poecilia reticulata* (INPA 28330), (D) *Gymnotus* cf. *coropinae* (INPA- 28248), (E) *Synbranchus* sp. “reticulado” (UFAM-0236), (F) *Synbranchus* cf. *marmoratus* (INPA-28252), (G) *Cichlasoma amazonarum* (UFAM- 0238), (H) *Aequidens pallidus* (INPA-28243), (I-J) *Apistogramma agassizii* (INPA- 28244), (K) *Crenicichla inpa* (UFAM-0252) and (L) *Apistogramma hippolytae* (UFAM- 0222). (Bar = 1 cm).

cichla inpa PLOEG 1991, e duas apenas nos igarapés poluídos (*C. callichthys* e *C. amazonarum*). Quase todas essas espécies apresentaram a maior parte dos exemplares coletados em apenas um ou no máximo dois igarapés.

A densidade média total em número de exemplares por igarapé foi de 3,8 peixes/m³ ($\pm 4,1$). A maior densidade encontrada em um igarapé íntegro foi de 8,2 ind./m³ devido à abundância de *Pyrrhulina brevis*, e para os poluídos foi de 17,7 ind./m³, devido à grande abundância de *Poecilia reticulata*. Para os igarapés íntegros a densidade média foi de 2,87 peixes/m³ ($\pm 1,85$) e para os poluídos 7,43 peixes/m³ ($\pm 9,14$). O peso total de peixes capturados somou 654,34g. As espécies mais representativas em biomassa foram *Aequidens pallidus* (HECKEL 1840) (136,76g; 20,9% da biomassa total), *Erythrinus erythrinus* (BLOCH & SCHNEIDER 1801) (84,4g; 12,9%), *Pyrrhulina brevis* (68,7g; 10,5%), *Copella collolepis* (52,8g; 8,1%) e *Hoplias malabaricus* (42,8g; 6,5%), todas capturadas em igarapés íntegros. Já nos igarapés poluídos as mais representativas foram *Poecilia reticulata* (76,6g; 11,7%) e *C. amazonarum* (42,0g; 6,4%) (Tabela 1).

Nenhuma espécie foi tão frequente a ponto de ocorrer em todos os igarapés, *Copella collolepis*, *Pyrrhulina brevis* e *Anablepsoides micropus*, ocorreram em 75% das coletas realizadas ao longo do período amostral, *Aequidens pallidus* e *Erythrinus erythrinus* (56,2%), *Crenuchus spilurus* (43,7%) e *Apistogramma agassizii* (STEINDACHNER 1875) (31%), demonstrando serem as espécies mais comumente encontradas nos igarapés desse remanescente florestal (Tabela 1).

Além dos peixes coletados, foram amostrados como fauna acompanhante, três espécies de camarão (ordem Decapoda), *Pseudopalaemon amazonensis* RAMOS-PORTO, 1979, *Macrobrachium nattereri* (HELLER, 1862) e *Macrobrachium inpa* KENSLEY & WALKER, 1982 (Figura 4). As três espécies foram capturadas exclusivamente em duas nascentes do igarapé do Quarenta. *M. nattereri* foi a espécie mais abundante (34 indivíduos; 88,8%), seguida de *P. amazonensis* (2; 5,5%) e *M. inpa* (2; 5,5%).

Índices ecológicos

A riqueza de espécies estimada pelo índice Jackknife, calculada para os igarapés íntegros foi 29,0 espécies ($\pm 3,6$), com intervalo de confiança entre 26,5 a 31,6. Assim, as espécies capturadas representaram cerca de 79,3% das espécies de peixes esperadas nos igarapés íntegros. Já para os igarapés poluídos, o índice Jackknife apontou 3,67 espécies esperadas ($\pm 0,1$), sendo que 3 espécies ou 81,7% foram capturadas. A curva de rarefação gerada para todos os igarapés amostrados apresentou tendência à estabilização, indicando um padrão crescente no número de espécies coletadas em função do número de exemplares amostrados nos igarapés íntegros, alcançando quase a assíntota na curva (Figura 5). Esse padrão sugere que o número de

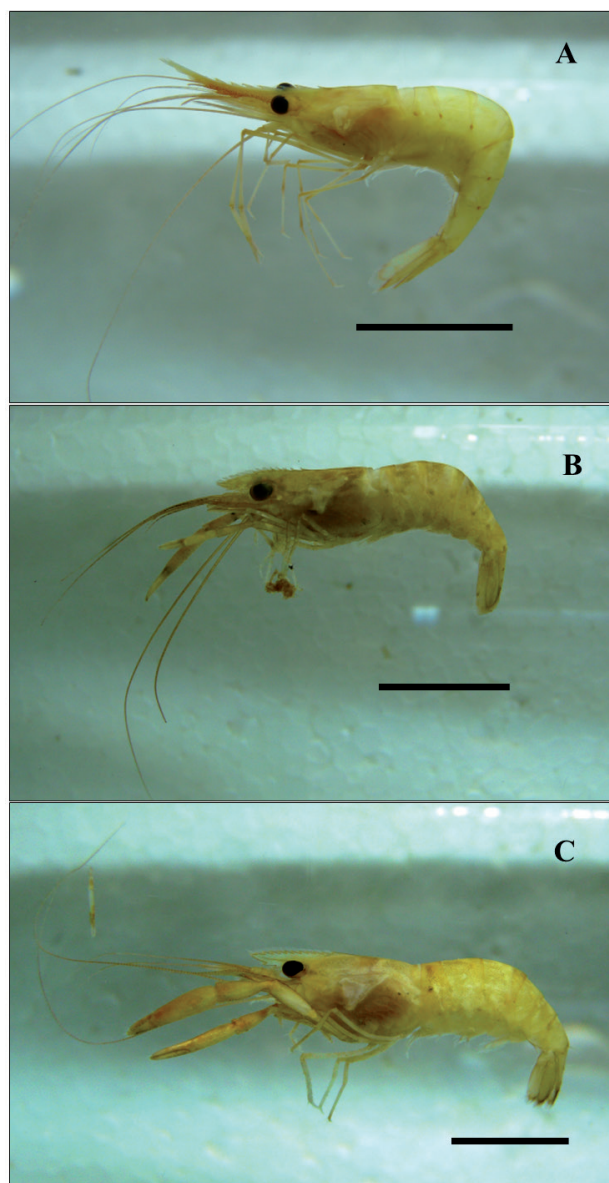


Figura 4. Espécies de camarão (ordem Decapoda), (A) *Pseudopalaemon amazonensis*, (B) *Macrobrachium nattereri* e (C) *Macrobrachium inpa*, coletadas juntamente com os peixes nos igarapés do fragmento florestal da UFAM, Manaus, norte do Brasil, e depositadas na Coleção de peixes da UFAM. (Barra = 1 cm).

Figure 4. Shrimp species (order Decapoda), (A) *Pseudopalaemon amazonensis*, (B) *Macrobrachium nattereri* and (C) *Macrobrachium inpa*, collected together with fish in the igarapés of the UFAM forest fragment, Manaus, northern Brazil, and deposited in the UFAM Fish Collection. (Bar = 1 cm).

espécies coletadas, tanto nos igarapés íntegros, quanto nos poluídos, está próximo ao número real do ambiente. Tanto o índice Jackknife quanto a curva de rarefação demonstraram a possibilidade da inclusão de novas espécies, além das já capturadas, com um provável aumento de esforço de pesca nos igarapés, principalmente nos igarapés íntegros.

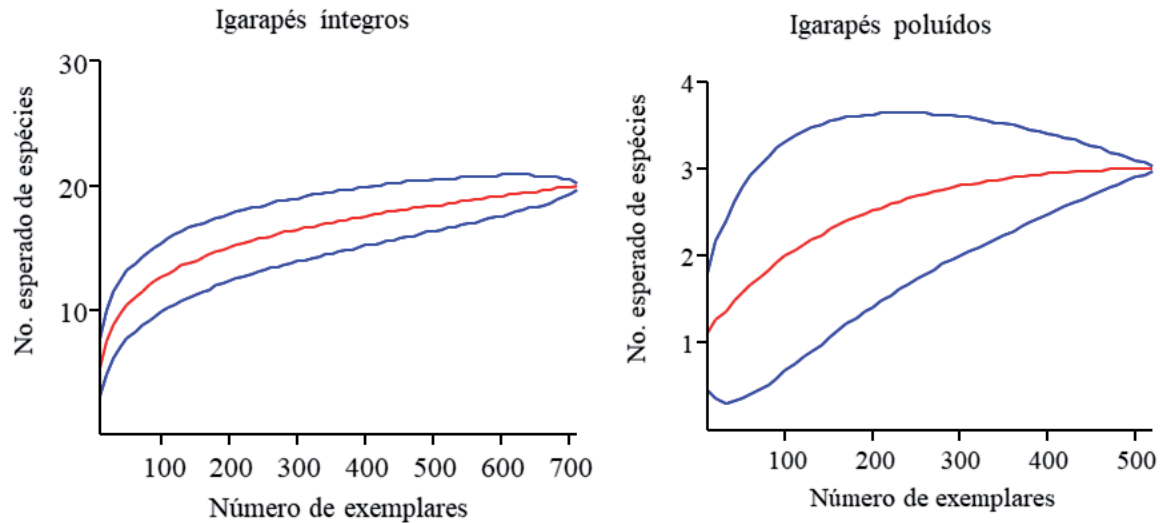


Figura 5. Curvas de rarefação das assembleias de peixes (95% de confiança), observadas nos igarapés íntegros (afluentes do igarapé Quarenta) e poluídos (afluentes do igarapé Mindu) localizados dentro do fragmento florestal da UFAM, Manaus, norte do Brasil.

Figure 5. Rarefaction curves of fish assemblies (95% of confidence), observed in the preserved (tributaries of the Quarenta stream) and polluted *igarapés* (tributaries of the Mindu stream) located inside the forest fragment of UFAM, Manaus, northern Brazil.

Os maiores valores de riqueza de espécies foram encontrados nos igarapés íntegros, entre 4 a 10 espécies por igarapé, com média de 7,0 espécies ($\pm 2,1$), enquanto que, os igarapés poluídos tiveram no máximo duas espécies capturadas, com média de 1,67 ($\pm 0,58$) por igarapé. Já a abundância foi maior nos igarapés poluídos, com média de 176,0 ($\pm 216,2$), devido à alta abundância da espécie exótica *Poecilia reticulata*. Para os igarapés íntegros a abundância média foi de 54,8 ($\pm 25,1$) indivíduos por trecho de 100m amostrados.

A diversidade foi considerada alta para os igarapés íntegros, com valor médio de $H' = 1,41$ ($\pm 0,35$) e variação entre $H' = 0,95$ a 1,96, além de altos valores de equitabilidade $E = 0,74$ ($\pm 0,12$) e, baixa dominância, com média de $d = 0,47$ ($\pm 0,14$). Já para os igarapés poluídos a diversidade e equitabilidade foram baixas, com valores de $H' = 0,02$ ($\pm 0,03$) e $E = 0,05$ ($\pm 0,04$), porém com alto valor de dominância ($d = 1,00 \pm 0,005$).

Características dos ecossistemas

Nos dez igarapés do fragmento florestal da UFAM amostrados, foram encontrados dois tipos de situação: (a) oito igarapés íntegros, com água transparente e límpida, com pouco ou nenhum impacto antropogênico evidente. Alguns desses igarapés apresentam alagados marginais (charcos com áreas de buritizal, *Mauritia flexuosa* LINNAEUS) com abundante liteira (resto de galhos, troncos, folhas, frutos e sementes). Esses igarapés nascem dentro do fragmento florestal e desembocam, já poluídos, em um igarapé maior localizado fora do fragmento (igarapé

do Quarenta) (Figura 6); (b) dois igarapés poluídos, que nascem em área urbanizada e percorrem longos trechos de floresta nas bordas do fragmento, e apresentam indícios de poluição, assoreamento, dentre outras perturbações antrópicas. Os igarapés poluídos possuem águas turvas e com mau cheiro, além de trazerem consigo grandes quantidades de materiais sólidos em suspensão (lixo). Esses igarapés poluídos são afluentes da bacia do igarapé Mindu (Figura 6).

Os igarapés íntegros apresentaram largura média 1,48 m ($\pm 0,39$), profundidade média de 13,6 cm ($\pm 6,1$) e com abertura do dossel média 14,5% ($\pm 3,0$). A velocidade da corrente média 0,123 m/s ($\pm 0,053$), com vazão média de 0,022 m³/s ($\pm 0,010$) e a maior parte de seus leitos continha liteira (46,1%), areia (18,9%), argila (17,4%), raízes (12,3%) e tronco (5,3%). As águas apresentaram-se fracamente ácidas, com valores de pH em média de 5,2 ($\pm 0,45$), com baixa condutividade elétrica 10,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\pm 5,1$) e bem oxigenadas, com valor médio de O₂ dissolvido 6,1 mg/L ($\pm 0,5$). A temperatura mostrou-se pouco variável, com média de 25,1°C ($\pm 1,1$). Os valores de amônia e nitrato foram baixos (0,019 mg/L $\pm 0,025$ e 0,016 mg/L $\pm 0,013$, respectivamente).

Por outro lado, os igarapés poluídos apresentaram média de largura de 1,33 m ($\pm 0,17$), profundidade de 17,6 cm ($\pm 2,9$), com abertura do dossel de 38,0 % ($\pm 3,4$). A velocidade da correnteza foi de 0,10 m/s ($\pm 0,014$) e a vazão de 0,023 m³/s ($\pm 0,002$). Grande parte dos seus leitos eram cobertos por areia (49,0%), seixo/pedregulho/lixo (20,5%), raízes (13,0%), argila (8,0%) e tronco (2,5%). Suas águas apresentam valores de pH próximos ao neutro,



Figura 6. Ambientes aquáticos (igarapés e alagados marginais) íntegros, afluentes do igarapé do Quarenta (A-D) e poluídos afluentes do igarapé do Mindu (E-F) localizados no fragmento florestal urbano da UFAM, em Manaus, Amazonas, Brasil.

Figure 6. Conserved aquatic environments (igarapés and marginal wetlands), tributaries of the Quarenta stream (A-D) and polluted tributaries of the Mindu stream (E-F) found in the UFAM urban forest fragment in Manaus, Amazonas State, Brazil.

com média de $6,6 (\pm 0,5)$, com alta condutividade elétrica $180,4 \mu\text{S}/\text{cm} (\pm 81,1)$ e valores mais baixos de O_2 dissolvido, em média de $2,8 \text{ mg}/\text{L} (\pm 0,4)$. A temperatura apresentou média de $27,6^\circ\text{C} (\pm 0,3)$. Os valores de amônia e nitrito mostraram-se altos, $3,89 \text{ mg}/\text{L} (\pm 0,14)$ e $0,101 \text{ mg}/\text{L} (\pm 0,080)$, respectivamente.

Discussão

Nos igarapés poluídos do fragmento da UFAM foram verificados baixa transparência da água, forte odor devido à decomposição de matéria orgânica em suspensão, altos níveis de amônia e nitrito, baixos níveis de oxigênio, além

de modificações físicas do leito dos igarapés, com maior quantidade de areia, pedregulho e lixo (69,5% do leito coberto por esses compostos) e maior abertura do dossel. Essas características certamente modificaram a qualidade da água e o microclima desses igarapés poluídos do fragmento da UFAM. Estudos têm demonstrado que esses fatores interferem na ecologia e nos microhabitats de igarapés, influenciando a disponibilidade e variedade de nutrientes, e a taxa de decomposição da serapilheira e seus componentes, que, em parte, são responsáveis pela diversidade de peixes e invertebrados aquáticos (Walker, 1990; Silva, 1993, 1995; Cleto-Filho e Walker, 2001; Cleto-Filho, 2003; Beltrão, 2007; Couceiro *et al.*, 2006, 2011; Couceiro, 2007; Ferreira *et al.*, 2012).

Além disso, estudos revelam que os fragmentos urbanos de Manaus (incluindo o fragmento da UFAM) são constantemente invadidos para extração de madeira, palha, areia, terra, além de coleta de frutos silvestres, como o tucumã (*Astrocaryum aculeatum* HUBER), o açaí (*Euterpe precatoria* MART) e o buriti (*Mauritia flexuosa* MART) que ocorrem principalmente em alagados marginais ao longo dos igarapés (Gontijo, 2008). Nesse contexto, a ação antrópica vem interferindo na preservação da floresta urbana da UFAM, provocando desequilíbrio ambiental e à destruição da área florestada e, por consequência, prejuízos às nascentes de água (Caldas, 2016). No entanto, mesmo com esses fatores negativos, a área do fragmento florestal da UFAM, ainda possui igarapés com características de boa integridade, que fornecem microhabitats para a manutenção das espécies de peixes e invertebrados aquáticos, como os constatados no presente estudo, em nascentes da microbacia do igarapé do Quarenta.

A maioria das características de boa integridade observadas nos igarapés da UFAM é comumente encontrada em igarapés de terra firme da Amazônia Central (Kirovsky, 2001; Cleto-Filho e Walker, 2001; Beltrão, 2007; Couceiro *et al.*, 2011; Zuanon *et al.*, 2015). Segundo Beltrão (2007), igarapés em áreas de fragmentos florestais urbanos de Manaus suportam um número razoável de espécies de peixes nativos, com razoável valor de diversidade Beta (41 espécies). Nos igarapés da Reserva Ducke, uma Área de Preservação Florestal Federal, com 10000 ha, localizado na periferia de Manaus, é grande a ocorrência de pequenos Characiformes (24 espécies), Siluriformes (17), Perciformes (13) e Gymnotiformes (12) (Mendonça *et al.*, 2005; Zuanon *et al.*, 2015), sendo esses quatro grupos as principais ordens encontradas em pequenos igarapés da Amazônia Central (Zuanon *et al.*, 2015). Entretanto, apenas Characiformes (9 espécies) e Perciformes (7), possuem um número razoável de espécies nos igarapés do fragmento da UFAM. Para as outras duas ordens (Siluriformes e Gymnotiformes), foi amostrada apenas uma única espécie, cada.

É possível que espécies de Siluriformes e Gymnotiformes sejam mais vulneráveis à fragmentação e à poluição,

sendo sua baixa ocorrência nos igarapés do fragmento da UFAM provavelmente decorrente desses fatores, embora, não tenhamos um histórico de coletas mais amplos ao longo do tempo. Contudo, a baixa ocorrência de Siluriformes e Gymnotiformes é corroborada pelo estudo de Beltrão (2007), que encontrou 13 espécies de Characiformes, 11 de Perciformes, além de apenas duas espécies da ordem dos Siluriformes e uma de Gymnotiformes, em igarapés de 15 fragmentos florestais urbanos de Manaus.

Já as espécies exóticas e alóctones mais generalistas, podem ser favorecidas pela interferência antrópica nos igarapés que compõem as paisagens desse fragmento, especificamente nos ambientes poluídos, afluentes do igarapé Mindu, devido à elevada carga de efluentes domésticos, onde a espécie *Poecilia reticulata* (guppy) foi coletada com maior abundância. Essa espécie exótica, com distribuição natural para ilhas do Caribe e norte da Venezuela (Eschmeyer *et al.*, 2018) e uma das espécies mais populares do aquarismo mundial (Chapman, 2000), foi a espécie mais abundante nos igarapés poluídos do fragmento da UFAM.

Cichlassoma amazonarum, um ciclíldeo de médio porte, alóctone, com distribuição natural restrita aos lagos de várzea da Amazônia Central (Soares *et al.*, 2007) e, que invade os igarapés poluídos da cidade de Manaus (Beltrão, 2007), também foi capturada nos igarapés poluídos do fragmento florestal da UFAM. Além disso, *Callichthys callichthys*, um pequeno Siluriformes ocorrente em igarapés Amazônicos (Zuanon *et al.*, 2015), também foi coletado em um igarapé poluído. Acredita-se que essas espécies, certamente apresentam mecanismos de tolerância à poluição, para suportarem os elevados níveis de amônia e nitrito, além de baixos níveis de oxigênio que ocorrem nesses ambientes poluídos. Um exemplo é a espécie *P. reticulata*, já relatada em igarapés poluídos de outras cidades do Brasil (Castro *et al.*, 2003, 2004; Oliveira e Bennemann, 2005; Cunico *et al.*, 2006; Magalhães, 2008; Magalhães e Jacobi, 2013), além de *C. amazonarum*, comum em outros igarapés poluídos da cidade de Manaus (Beltrão, 2007). Isso sugere que essas espécies podem viver em ambientes sinantrópicos, ou seja, espécies que se beneficiam das condições ecológicas criadas pela atividade humana no processo de urbanização. Assim, sugere-se que as espécies *P. reticulata* e *C. amazonarum* sejam classificadas como indicadoras biológicas de igarapés alterados (poluídos) em áreas urbanas da Amazônia Central. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Beltrão (2007) que relata que as espécies exóticas *Oreochromis niloticus* (exótica de origem africana), *P. reticulata* e a alóctone *C. amazonarum* como indicadores biológicos de igarapés poluídos de fragmento florestal da cidade de Manaus.

Já as espécies nativas *Copella collolepis*, *Pyrrhulina brevis*, *Anablepsoides micropus*, *Erythrinus erythrinus*, *Crenuchus spilurus* e *Aequidens pallidus* podem ser classificadas como indicadoras de ambientes íntegros dos iga-

Referências

rapés de terra firme da Amazônia Central, visto que são abundantes e comumente encontradas em trabalhos realizados nessa região (Silva, 1995; Mendonça *et al.*, 2005; Beltrão, 2007; Anjos e Zuanon, 2007; Espírito-Santo *et al.*, 2008; Kemenes e Forsberg, 2014).

O monitoramento futuro de todas as espécies encontradas neste estudo representa uma importante ferramenta para avaliar a situação dos ambientes, uma vez que em 2007, apenas 11 espécies foram registradas, em 2012 foram acrescentadas mais sete espécies e em 2016/2017 mais cinco espécies foram incluídas (ver Tabela 1). Este estudo adicionou 6 espécies à lista taxonômica de peixes em igarapés de fragmentos florestais urbanos da região da cidade de Manaus, somadas as 41 espécies encontradas no estudo de Beltrão (2007), sendo elas: *Poecilocharax weitzmani*, *Anablepsoides ornatus*, *Synbranchus* sp. “reticulado”, *Elachocharax pulcher*, *Characidium* cf. *pellucidum*, e *Apistogramma geophyra*.

No presente estudo, as barreiras químicas impostas pela urbanização (nascentes íntegras que drenam para o igarapé do Quarenta, ao fluírem para a borda do fragmento e chegarem a áreas habitacionais, ficam altamente poluídas, devido ao despejo de esgoto doméstico e industrial (Silva *et al.*, 1999; Melo *et al.*, 2005; Beltrão, 2007). Essas mudanças certamente podem ser responsáveis pelo isolamento de populações, bem como por parte das diferenças observadas na composição de espécies entre as nascentes que compõem a rede de drenagem da microbacia do igarapé do Quarenta. A poluição observada em dois dos igarapés desse fragmento e que drenam para a microbacia do Mindu, certamente pode ser responsável pelo desaparecimento das espécies nativas e pela invasão de espécies exóticas e/ou alóctones nessas nascentes. As duas microbacias estudadas (Quarenta e Mindu) são consideradas as mais importantes da cidade de Manaus (Silva e Silva, 1993; Waichman e Borges, 2003), e possuem nascentes na área do fragmento florestal da UFAM. Assim, a poluição e a degradação podem dificultar, ou mesmo, impossibilitar, processos de recolonização nas nascentes de diferentes microbacias. Finalmente, a integridade dos igarapés e a manutenção da floresta, podem ser determinantes para a continuação e manutenção das espécies de peixes nativas nesse remanescente florestal urbano, e são fatores cruciais para a conservação e sustentação da biodiversidade urbana na Amazônia Central.

Agradecimentos

Ao Dr. Célio de Magalhães (Pesquisador do INPA) pela identificação dos Decapoda. A Jansen Zuanon (Pesquisador do INPA) pela orientação. Ao Dr. Marcelo Gordo, do Instituto de Ciências Biológicas da UFAM, pela ajuda na localização dos igarapés e pelo apoio fundamental à preservação dos mananciais urbanos do fragmento da UFAM.

- ANJOS, M.B.; ZUANON, J. 2007. Sampling effort and fish species richness in small terra firme forest streams of central Amazonia, Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **5**(1):45-52. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252007000100006>
- AVMA, 2013. American Veterinary Medical Association: Guidelines for the Euthanasia of Animals. vol. 1. Disponível em: <https://www.avma.org/KB/Policies.pdf>. Acesso em: 03/08/2016.
- BELTRÃO, H.D.A. 2007. *Os efeitos da fragmentação florestal sobre as assembleias de peixes de pequenos igarapés da zona urbana da cidade de Manaus, Amazonas*. Manaus, AM. Dissertação de mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 101 p.
- BERGER, W.H.; PARKER, F.L. 1970. Diversity of planktonic foraminifera in deep sea sediments. *Science*, **168**(3937):1345-1347. <https://doi.org/10.1126/science.168.3937.1345>
- BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. 1992. *Water quality and pond soil. Analyses for aquaculture*. Auburn, Auburn University, 183 p.
- CALDAS, S.R. 2016. *Impactos Ambientais sobre a Floresta da UFAM*. Manaus, AM. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, 175 p.
- CASSEMIRO, F.A.S.; BAILLY, D.; GRAÇA, W.J.; AGOSTINHO, A.A. 2017. The invasive potential of tilapias (Osteichthyes, Cichlidae) in the Americas. *Hydrobiologia*, **817**(1):133-154. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3471-1>
- CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L.; SANTOS, H.F.; FERREIRA, K.M.; RIBEIRO A.C.; BENINE, R.C.; DARDIS, G.Z.P.; MELO, A.L.A.; STOPIGLIA, R.; ABREU, T.X.; BOCKMANN, F.A.; CARVALHO, M.; GIBRAN, F.Z.; LIMA, F.C.T. 2003. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos do rio Parapanema, sudeste e sul do Brasil. *Biota Neotropica*, **3**(1):1-31. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032003000100007>
- CASTRO, R.M.C.; CASATTI, L.; SANTOS, H.F.; MELO, A.L.A.; MARTINS, L.S.F.; FERREIRA, K.M.; GIBRAN, F.Z.; BENINE, R.C.; CARVALHO, M.; RIBEIRO A.C.; ABREU, T.X.; BOCKMANN, F.A.; PELIÇÃO, G.Z.; STOPIGLIA, R.; LANGEANI F. 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do Rio Grande no Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, **4**(1):1-39. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032004000100006>
- CAVALCANTE, K.V.; CARVALHO, A.S.; PINHEIRO, E.S.; GORDO, M.; FRAXE, T. 2014. Gestão Ambiental: Zoneamento Ambiental do Campus da UFAM. In: V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, V, Belo Horizonte, 2014. *Proceedings...* Belo Horizonte, **1**:1-4.
- CHAPMAN, F.A. 2000. Ornamental fish culture, freshwater. *Encyclopedia of Aquaculture*, **3**(1):602-610.
- CLETO-FILHO, S.E.N. 2003. Urbanização, poluição e biodiversidade na Amazônia. *Ciência Hoje*, **33**(192):72-75.
- CLETO-FILHO, S.E.N.; WALKER, I. 2001. Efeitos da ocupação urbana sobre a macrofauna de invertebrados aquáticos de um igarapé da cidade de Manaus/AM – Amazônia Central. *Acta Amazonica*, **31**(1):69-89. <https://doi.org/10.1590/1809-43922001311089>
- COUCEIRO, S.R.M. 2007. Impactos da urbanização na vida aquática amazônica. *Ciência hoje*, **40**(236):64-67.
- COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B.R.; FONSECA, C.P. 2011. Trophic structure of macroinvertebrates in Amazonian streams impacted by anthropogenic siltation. *Austral Ecology*, **36**(6):628-637.
- COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T.P.; LUZ, S.L.B. 2012. A macroinvertebrate multimetric index to evaluate the biological condition of streams in the Central Amazon region of Brazil. *Ecological Indicators*, **18**(2012):118-125. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.11.001>
- COUCEIRO, S.R.M.; HAMADA, N.; LUZ, S.L.B.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T.P. 2006. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. *Hydrobiologia*, **575**(1):271-284. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0373-z>

- CUNICO, A.M.; AGOSTINHO, A.A.; LATINI, J.D. 2006. Influência da urbanização sobre as assembléias de peixes em três córregos de Maringá, Paraná. *Revista Brasileira de Zoologia*, **23**(4):1101-1110. <https://doi.org/10.1590/S0101-81752006000400018>
- DUDGEON, D.; ARTHINTON, A.H.; GESSNER, M.O.; KAWABATA, Z.; KNOWLER, D.J.; LÉVÊQUE, C.; NAIMAN, A.H.P.R.; SOTO, D.; STIASSNY, M.L.J.; SULLIVAN, C.A. 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Freshwater Biodiversity*, **81**(2):163-182. <https://doi.org/10.1017/S1464793105006950>
- ENGELBRECHT, B.M.J.; HERZ, H.M. 2001. Evaluation of different methods to estimate understorey light condition in tropical Forest. *Journal Tropical Ecology*, **17**(2):207-224. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001146>
- ESCHMEYER, W.N.; FRICKE, R.; LAAN, R.V.D. 2018. Catalog of Fishes: Genera, Species, References. Disponível em: <http://researcharchive.calacademy.org/>. Acesso em: 02/01/2018.
- ESPÍRITO-SANTO, H.M.V.; MAGNUSSON, W.E.; ZUANON, J.; MENDONÇA, F.P.; LANDEIRO, V.L. 2008. Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, **54**(3):536-548. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02129.x>
- FERREIRA, S.J.F.; MIRANDA, S.A.F.; FILHO, A.O.M.; SILVA, C.C. 2012. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, **42**(4):533-540. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000400011>
- GONTIJO, J.C.F. 2008. *Uso e características dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Manaus/AM*. Manaus, AM. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas, 99p.
- GUREVITCH, J.; PADILLA, D.K. 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends Ecology and Evolution*, **19**(9):470-474. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.005>
- HADDAD, N.M.; BRUDVIG, L.A.; CLOBERT, J. C.; DAVIES, K.F.; GONZALEZ, A.; HOLT, R.D.; LOVEJOY, T.E.; SEXTON, J.O.; AUSTIN, M.P.; COLLINS, C.D.; COOK, W.M.; DAMSCHEN, E.I.; EWERS, R.M.; FOSTER, B.L.; JENKINS, C.N.; KING, A.J.; LAURENCE, W.F.; LEVEY, D.J.; MARGULES, C.R.; MELBOURNE, B.A.; NICHOLLS, A.O.; ORROCK, J.L.; SONG, O.X.; TOWNSHEND, J.R. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science Advancement*, **1**(2):e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2016. Resultados do Universo do Censo 2015: cidade de Manaus, AM. Disponível em: www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php Acesso em: 03/08/2016.
- KEMENES, A.; FORSBERG, B.R. 2014. Factors influencing the structure and spatial distribution of fishes in the headwater streams of the Jaú River in the Brazilian Amazon. *Brazilian Journal Biology*, **74**(3):23-32. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.06812>
- KIROVSKY, A.L. 2001. Peixes de Igarapés: Conhecer para Proteger. *Ciência Hoje*, **30**(177):65-69.
- KNÖPPEL, H.A. 1970. Food of Central Amazonian fishes: contribution to the nutrient ecology of Amazonian rainforest streams. *Amazoniana*, **2**(3):257-352.
- KREBS, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. 2nd ed., Menlo Park, Benjamin/Cummings, 620 p.
- LAURANCE, W.F.; CAMARGO, J.L.C.; LUIZÃO, R.C.C.; LAURANCE, S.G.; PIMM, S.L.; BRUNA, E.M.; STOUFFER, P.C.; WILLIAMSON, G.B.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; VASCONCELOS, H.L.; VAN HOUTAN, K.S.; ZARTMAN, C.E.; BOYLE, S.A.; DIDHAM, R.K.; ANDRADE, A.; LOVEJOY, T.E. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, **144**(1):56-67. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.021>
- LEPRIEUR, F.; BEAUCHARD, O.; BLANCHET, S.; OBERDORFF, T.; BROSE, S. 2008. Fish Invasions in the World's River Systems: When Natural Processes Are Blurred by Human Activities. *Plos Biology*, **6**(2):404-410. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060028>
- LIMA-JUNIOR, S.E.; CARDONE, I.B.; GOITEIN, R. 2006. Fish assemblage structure and aquatic pollution in a Brazilian stream: some limitations of diversity indices and models for environmental impact studies. *Ecology of Freshwater Fish*, **15**(3):284-290. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00156.x>
- LINS, J.A.P.N.; KIRSCHNIK, P.G.; QUEIROZ, V.C.; CIRIO, S.M. 2010. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais*, **8**(4):469-484. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v8i4.11018>
- MAGALHÃES, A.L.B. 2008. O gupi *Poecilia reticulata* Peters (Osteichthyes, Poeciliidae) introduzido na Serra do Espinhaço, Minas Gerais. *Boletim Sociedade Brasileira de Ictiologia*, **92**(3):5-7.
- MAGALHÃES, A.L.B.; JACOBI, C.M. 2013. Invasion risks posed by ornamental freshwater fish trade to southeastern Brazilian rivers. *Neotropical Ichthyology*, **11**(2):433-441. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252013005000003>
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. New York, Chapman and Hall, 215 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- MELO, E.G.F.; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F. 2005. Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas. *Caminhos de Geografia*, **5**(16):40-47. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9441-x>
- MENDONÇA, F.P.; MAGNUSSON, W.E.; ZUANON, J. 2005. Relationships between habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazônia. *Copeia*, **4**(4):750-763. [https://doi.org/10.1643/0045-8511\(2005\)005\[0751:RBHCAF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1643/0045-8511(2005)005[0751:RBHCAF]2.0.CO;2)
- NESSIMIAN, J.L.; VENTICINQUE, E.M.; ZUANON, J.; MARCO-JR, P.D.; GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J.D.; JÜEN, L. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia*, **614**(1):117-131. <https://doi.org/10.1007/s10750-008-9441-x>
- OLIVEIRA, D.C.; BENNEMANN, S.T. 2005. Ictiofauna, recursos alimentares e relações com as interferências antrópicas em um riacho urbano no sul do Brasil. *Biota Neotropica*, **5**(1):95-107. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032005000100011>
- OLIVEIRA, J.A. 2010. *Cidades brasileiras, territorialidades, sustentabilidade e demandas sociais*. Manaus, UFAM-EDUA. 579 p.
- OLIVEIRA, J.A.; ALECRIM, J.D.; GASNIER, T.R.J. 2003. *Cidade de Manaus: visões interdisciplinares*. Manaus, UFAM-EDUA, 295 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MANAUS (PMM). 2016. Disponível em: www.pmm.am.gov.br Acesso em: 03/12/2016.
- REVENGA, C.; CAMPBELL, I.; ABELL, R.; VILLIERS, P.; BRYER, M. 2005. Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, **360**(1454):397-413. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1595>
- REVENGA, C.; KURA, Y. 2003. *Status and trends of biodiversity of inland water ecosystems*. Montreal, Secretary of the Convention on Biological Diversity, 143 p. (Technical Series, 11).
- REVENGA, C.; MURRAY, S.; ABRAMOVITZ, J.; HAMMOND, A. 1998. *Watersheds of the World: Ecological Value and Vulnerability*. Washington, DC, World Resources Institute, 365 p.
- SILVA, C.P.D. 1993. Alimentação e distribuição espacial de algumas espécies de peixes do igarapé do Candirú, Amazonas, Brasil. *Acta amazonica*, **23**(2-3):271-285. <https://doi.org/10.1590/1809-43921993233285>
- SILVA, C.P.D. 1995. Community structure of fish in urban and natural streams in the Central Amazon. *Amazoniana*, **13**(3/4):221-236.
- SILVA, E.N.S.; SILVA, C.P.D. 1993. A expansão de Manaus como exemplo do processo de extinção de igarapés. In: E.J.G. FERREIRA; G.M. SANTOS; E.L.M. LEÃO; L.A. OLIVEIRA (org.), *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*. Manaus, INPA, 2, p. 25-42.

- SILVA, M.S.R.; RAMOS, J.F.; PINTO, A.G.N. 1999. Metais de transição nos igarapés de Manaus-AM. *Acta Limnológica Brasiliense*, **11**(2):89-100.
- SOARES, M.G.M.; COSTA, E.L.; SIQUEIRA-SOUZA, F.K.; BELTRÃO, H.D.A.; YAMAMOTO, K.C.; FREITAS, C.E.C. 2007. *Peixes de lagos do médio Rio Solimões- Projeto PIATAM*. Manaus, EDUA, 172 p.
- WAICHMAN, A.V.; BORGES, J.T. 2003. Recursos Hídricos Urbanos – Proposta de um modelo de planejamento e gestão integrada e participativa no município de Manaus-AM. *Tecnologia & Ciência da Amazônia*, **1**(3):40-44.
- WALKER, I. 1990. Ecologia e biologia dos igapós e igarapés. *Ciência Hoje*, **11**(64):46-52.
- ZUANON, J.; MENDONÇA, F.P.; ESPIRITO-SANTO, H.M.; DIAS, M.S.; GALUCH, A.V.; AKAMA, A. 2015. *Guia de Peixes da Reserva Ducke, Amazônia Central*. Manaus, INPA, 154 p.

Submitted on November 9, 2017

Accepted on March 31, 2018