

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**Níveis de similaridade entre assembléias de peixes em riachos de terra-firme: padrões locais, coexistência em mesoescala e perspectivas macroregionais na Amazônia Brasileira.**

FERNANDO PEREIRA DE MENDONÇA

Manaus, Amazonas

Abril de 2010

FERNANDO PEREIRA DE MENDONÇA

**Níveis de similaridade entre assembléias de peixes em riachos de terra-firme: padrões locais, coexistência em mesoescala e perspectivas macroregionais na Amazônia Brasileira.**

Orientador: Jansen A. S. Zuanon, Dr.

Co-Orientador: William E. Magnusson, Dr.

Tese apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Ecologia).

Manaus, Amazonas

Abril de 2010

## Ficha catalográfica

M539

Mendonça, Fernando Pereira de

Níveis de similaridade ente assembléias de peixes em riachos de terra-firme : padrões locais, coexistência em mesoescala e perspectivas macroregionais na Amazônia brasileira / Fernando Pereira de Mendonça. --- Manaus : [s.n.], 2010.  
xiv, 153 f. : il. color.

Tese (doutorado)-- INPA, Manaus, 2010  
Orientador : Jansen Alfredo Sampaio Zuanon  
Co-orientador : William Ernest Magnusson  
Área de concentração : Ecologia

1. Ictiofauna. 2. Ecologia de comunidades. 3. Estrutura de comunidades. 4. Ecologia de riachos. I. Título.

CDD 19. ed. 597.05

**Sinopse:** Este estudo investiga de que forma parâmetros ambientais locais, fatores históricos, biogeográficos e climáticos afetam a distribuição da ictiofauna em riachos de cabeceira na Amazônia. Também, avalia como a distância pode influenciar a similaridade ictiofaunística entre riachos distribuídos em diferentes drenagens da Amazônia brasileira.

**Palavras-chave:** ecologia de riachos, estrutura de comunidades, ictiofauna Neotropical, padrões de distribuição de espécies.

**Dedicatória**

*À Alessandra, Enet, Edna e John pelo amor  
e apoio incondicional durante toda a  
minha jornada.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador e compadre Jansen Zuanon, pela alegria e companheirismo de todas as horas, mas principalmente pela imensa dedicação em estudar a Amazônia.

A William Magnusson, mentor de tantos anos. Ensinou-me que, com dedicação e perseverança, podemos ver a ecologia de forma mais 'simples, óbvia e trivial'.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Programa de Pós Graduação do INPA, pela impar oportunidade de capacitação profissional.

Aos órgãos de fomento: CNPq, Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, FAPEAM, Programa BECA (IEB) e WWF. Ao IBAMA pelas licenças de coleta e parceira em muitas excursões.

Aos peixólogos André Galuch, Mizael Seixas, Helder Espírito Santo, Murilo Dias, Lucélia Carvalho (Arruda), Amanda Mortatti e Leandro Souza (Gabiru!) pela imensa amizade e apoio, pelos dias em campo juntos e por me aturarem tanto tempo! A todos os participantes do projeto Igarapés, em especial ao professores Jorge Nessimian e Paulo de Marco Jr.

Aos amigos da Coleção de Peixes do INPA, André, Marcelo, Renildo e Lindalva, pelo apoio sempre presente. À Lúcia Rapp Py-Daniel e Cláudia de Deus, pela amizade de tantos anos. Aos pesquisadores Mario de Pinna, Flávio Bockmann, Flávio Lima, pela valorosa ajuda na identificação de algumas espécies.

Ao técnico Arnóbio, companheiro de muitas excursões e de laboratório e as estagiárias Tamara, Carol, Susana, Neumara, Jaqueline, Hadria e Luanaluz, que auxiliaram em meses de triagem e organização do material coletado. A todos os auxiliares de campo, mateiros e pescadores que durante todos estes anos foram parte imprescindível deste trabalho. Sem eles esta tese não seria possível.

Aos companheiros de jornada Rafael Arruda, Tiago Izzo, Viviane Layme, Marcelo Menin e Rubens Honda, que demonstraram que é possível sobreviver ao doutorado! Ao Júlio Daniel, amigo incondicional de muitos anos.

Ao prof. Helder M. C. Santos pela amizade e simplicidade, ao qual não tenho como agradecer o apoio em Coari, no final deste projeto.

À 'Dona' Sandra, Lili, Adriana e Flávio, que me acolheram de forma tão carinhosa em suas vidas. Ao meu sobrinho Eduardo, ao qual não consigo expressar agradecimento pelos sorrisos e peraltices.

À Enet, Edna e John que sempre estiveram me apoiando em todas as etapas da vida, me estimulando a prosseguir sempre, independente das dificuldades.

À Alessandra, que sempre esteve ao meu lado, em trabalhos de campo e laboratório, mas principalmente quando eu tinha que me ausentar, em meses de excursões. Ao seu lado quero caminhar por toda minha vida...

### **Oração de Palha**

Eu quero das matas o valor do silêncio  
e o canto dos bichos  
pra ser um caminho  
de paz e oração.

Dos rios que passam, eu quero a corrente  
que leva um rio aos braços do mar  
pra buscar o infinito  
o eterno infinito  
na ilusão de encontrar.

E num ponto distante,  
de um canto qualquer,  
vou cantar minha morada  
pra ecoar lá no mato  
o próprio retrato  
da graça alcançada.

*Celto Braga / Eliberto Barroncas*

*Raízes Caboclas*

## RESUMO

A composição de assembléias de peixes em pequenos riachos de florestas neotropicais é influenciada por fatores locais, como as propriedades físico-químicas da água e as características estruturais do canal dos riachos. Entretanto, o efeito de fatores atuando em escala regional permanece amplamente desconhecido. Este estudo tem como objetivo analisar os efeitos de fatores ambientais locais e regionais na composição de assembléias de peixes de riachos na Amazônia Brasileira, em escala regional (90 riachos em sete sub-bacias na Amazônia Central), e em escala macro regional (131 riachos localizados em dez das maiores drenagens da Amazônia Brasileira). Dados de abundância e presença/ausência de 280 espécies de peixes de 27 famílias e seis ordens foram obtidos por meio de esforços padronizados de coleta. Características ambientais dos riachos foram obtidas em campo (e.g. estruturais e limnológicas) ou por análise de mapas temáticos digitais. Na Amazônia Central, características locais dos riachos (fatores limnológicos e estruturais) influenciam a composição das espécies, assim como as distâncias entre os riachos e alguns fatores regionais, como a presença de barreiras ecológicas representadas pela presença de um grande rio de águas brancas entre as sub-bacias dos riachos. Em escala amazônica, tanto fatores locais (em menor intensidade) quanto fatores regionais influenciam a ictiofauna. A composição das assembléias foi afetada por características geológicas das drenagens, por paleo drenagens delimitadas pelos arcos estruturais geológicos, pela fitofisionomia atual e do passado (modelada para o Último Máximo Glacial), pela intensidade do período da seca, bem como pelas grandes distâncias entre as drenagens às quais os riachos estão atualmente conectados. Concluiu-se que uma complexa rede de fatores, atuando em diferentes escalas geográficas e de tempo, tem influenciado a distribuição e a composição das assembléias de peixes de riachos da Amazônia Cis-Andina, contribuindo para a expressiva diversidade de peixes presente na região.



## ABSTRACT

Fish assemblage composition of small forest streams in the Neotropical region is influenced by local factors, such as the physical-chemical properties of the water and the structural characteristics of the stream channel. Nevertheless, the effects of factors acting in a broader regional scale remain largely unknown. This study aimed to analyze the combined effects of local and regional environmental factors on the fish assemblage composition of forest streams in the Brazilian Amazon, in a meso-regional (90 streams of seven sub-basins in the Central Amazon) and in a macro-regional scale (131 streams localized in 10 major hydrographic basins in the Brazilian Amazon). Data on the abundance and presence/absence of 280 fish species of 27 families and six orders were obtained by means of standardized collections. Environmental characteristics of the streams were obtained by direct measurements in the field (e.g. limnological and structural characteristics of the streams) or by the analysis of digital thematic maps. Our results indicate that a complex set of factors simultaneously affect fish assemblage composition of Amazonian forest streams. In Central Amazonia, the fish assemblage composition was significantly influenced by local limnological and structural characteristics, by the distance between the streams, and by some regional factors such as the ecological barrier represented by the presence of a large white water river between the stream sub-basins. In a broader Amazonian scale the role of local environmental factors was also significant but of less relative magnitude, and significant effects of regional factors were detected. Differences in fish assemblage composition were associated with by geological characteristics of the basin; by the paleodrainages delimited by old geological structural arches; by modern and ancient phytophysionomies (as modeled for the Last Glacial Maximum), by the intensity of the dry season, and by the large distances among the main river drainages to which the streams are presently connected. We conclude that a complex set of factors acting in different geographical and time scales have influenced species distributions and fish assemblage composition in small forest streams in Cis-Andean Amazon, contributing to the remarkable fish diversity present in the region.

## SUMÁRIO

Introdução geral.....	14
Objetivo geral .....	17
Objetivos específicos .....	17
Organização da Tese.....	17
Metodologia Geral .....	18
Áreas de estudo.....	18
Terminologia: corpos d'água de diferentes tamanhos .....	20
Amostragem dos sítios .....	21
Fatores ambientais locais .....	22
Fatores históricos .....	24
Características climáticas e biogeográficas da Amazônia .....	28
As distâncias entre os locais amostrados .....	30
Coleta da Ictiofauna.....	31
Disponibilização de dados .....	31
Capítulo 1 .....	32
Como fatores locais e regionais afetam a distribuição de peixes em riachos da Amazônia Central.....	32
Sumário.....	33
Introdução .....	34
Metodologia.....	37
Área de estudo: a Amazônia Central .....	37
Fatores ambientais locais .....	38
As distâncias entre os locais amostrados e suas relações com os sistemas de drenagem .....	39
O rio Amazonas como possível barreira entre sistemas de drenagem na Amazônia Central.....	39
Coleta de amostras da ictiofauna.....	40
Análise dos dados .....	40
Resultados .....	42
Características ambientais locais dos riachos.....	42

A ictiofauna de riachos da Amazônia Central.....	43
Fatores ambientais locais e os sistemas de drenagem: influência sobre a similaridade entre as assembléias.....	44
Efeitos de distância hidrográfica e distância linear sobre a composição ictiofaunística .	46
Discussão.....	48
A ictiofauna de riachos da Amazônia Central e sua interação com fatores ambientais locais .....	48
O efeito de distância, capturas de drenagem e mudanças nos cursos de rios sobre a composição faunística. ....	50
Influência do Rio Amazonas na dispersão da ictiofauna de riachos da calha norte.....	53
Agradecimentos .....	55
Referências Bibliográficas.....	55
Tabelas .....	63
Figuras .....	64
Capítulo 2 .....	71
Influência de fatores locais, históricos e biogeográficos na composição da ictiofauna em riachos da Amazônia cis-andina. ....	71
Resumo.....	72
Introdução .....	73
Material e Métodos.....	76
Área de estudo: Amazônia Legal Brasileira .....	76
Coleta da Ictiofauna.....	77
Parâmetros ambientais locais .....	79
Fatores históricos .....	79
Características climáticas e biogeográficas .....	80
As distâncias entre os locais amostrados .....	80
Análise dos dados .....	81
Resultados .....	83
Características estruturais e físico-químicas dos riachos amazônicos .....	83
Ictiocenoses de riachos na Amazônia Brasileira .....	84
Influência de fatores ambientais sobre a ictiofauna de riachos cis-andinos.....	85
O efeito de distância sobre a composição da ictiofauna.....	86
Discussão.....	87

Relação entre fatores macro-regionais e a composição ictiofaunística em riachos da Amazônia.....	87
O efeito da distância sobre a similaridade da fauna de peixes de riachos.....	92
Agradecimentos .....	94
Referências Bibliográficas .....	94
Tabelas .....	103
Figuras .....	106
Conclusões Finais .....	113
Anexos.....	114
Referências Bibliográficas .....	138

## LISTA DE FIGURAS

### Introdução Geral

- Figura 1 – Mapa da rede hídrica localizada na Amazônia Central (modificado de Goulding *et. al*, 2003). Elipses destacam os sistemas de drenagem amostrados. .... 19
- Figura 2 – Mapa das principais drenagens da Bacia Amazônica (cedido por Goulding *et. al*, 2003). . 20
- Figura 3 – Demonstração esquemática dos métodos de coleta de variáveis ambientais locais, segundo Mendonça *et al.* (2005). .... 24
- Figura 4 – Principal hidrografia da Amazônia Brasileira. .... 25
- Figura 5 – Formações geológicas presentes na Amazônia Brasileira, demonstrada apenas para as regiões amostradas. Em bege, países da América do Sul que fazem fronteira com o Brasil (em verde claro). .... 26
- Figura 6 – Arcos estruturais que dividem a Planície Amazônica em paleo-bacias: i) a oeste do arco de Caruari a Bacia do Amazonas; ii) entre o arcos de Caruari e do Purus, a Bacia do Solimões; iii) entre os arcos do Purus e de Monte Alegre , a Bacia do Médio Amazonas; iv) entre os arcos de Monte Alegre e de Gurupá, a Bacia do Baixo Amazonas; v) a leste do arco de Gurupá, a Bacia do Marajó. Destaca-se ao norte o Escudo das Guianas e ao sul o Escudo Brasileiro. .... 27
- Figura 7 – Modelo da Vegetação presente no período do Último Máximo Glacial, a 18.000 anos atrás, proposto por Adams e Faure (1997). .... 28
- Figura 8 – Categorias Fitofisionômicas presentes na Amazônia Brasileira. .... 29
- Figura 9 – Intensidade e duração da estação seca, representada pelo Índice de Walsh (Walsh, 1996). Tal índice varia entre 24,0 (regiões com menor intensidade e duração da estação seca) a -24,0 (regiões com estação da seca mais intensa e duradoura). Na Amazônia Brasileira, o menor valor do índice chega a -10,5. .... 30

### Capítulo 1

- Figura 1 – Localização geográfica da Amazônia Central, próximo a Manaus, estado do Amazonas, Brasil. Círculos em cinza correspondem aos pontos amostrais, nos distintos sistemas de drenagem: rio Cuieiras, rio Tarumã, rio Puraquequara, rio Preto da Eva, rio Urubu, rio Uatumã e na região do município de Iranduba. Em pontilhado, paleo-canais existentes na região, demonstrando: (A) a captura de drenagem das cabeceiras do rio Tarumã-Mirim pelo rio Cuieiras e (B) o antigo canal do Rio Negro. Devido a densa rede hidrográfica, destaca-se as principais drenagens e tributários na região. Círculos pretos representam as sedes municipais de Manaus, Iranduba e Manacapuru. .... 64
- Figura 2 – Número de espécies de peixes de riacho ao longo dos sistemas de drenagem presentes na Amazônia Central. Os pontos representam os riachos amostrados. CU=rio Cuieiras; IR=região de Iranduba; PE=rio Preto da Eva; PU=rio Puraquequara; TA=rio Tarumã; UA=rio Uatumã; UR=rio Urubu. .... 65

Figura 3 – Variação longitudinal do número de espécies de peixes capturadas ao longo da Amazônia Central. Os riachos amostrados são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nos sistemas de drenagem - CU=rio Cuieiras;IR=região de Iranduba; PE=rio Preto da Eva; PU=rio Puraquequara; TA=rio Tarumã; UA=rio Uatumã; UR=rio Urubu. ....	66
Figura 4 – Curva de rarefação de espécies de peixes obtida a partir de 90 riachos amostrados na Amazônia Central. ....	67
Figura 5 – Ordenações por Escaloneamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseadas em dados de abundância e presença/ausência das espécies de peixes. Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nos sistemas de drenagem - CU=rio Cuieiras;IR=região de Iranduba; PE=rio Preto da Eva; PU=rio Puraquequara; TA=rio Tarumã; UA=rio Uatumã; UR=rio Urubu. As siglas em azul representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem. A linha azul delimita os locais amostrados em cada drenagem.....	68
Figura 6 – Ordenação por Escaloneamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseada em dados de abundância das espécies de peixes locados separadamente para cada sistema de drenagem. ....	69
Figura 7 – Ordenação por Escaloneamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseada em dados de presença e ausência das espécies de peixes locados separadamente para cada sistema de drenagem. ....	69
Figura 8 – Ordenações por NMDS dos locais amostrados nos sistemas de drenagem dos rios Urubu (UR) e Uatumã (UA), baseadas em dados quantitativos e qualitativos. Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nos sistemas de drenagem. As siglas em azul representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem. A linha azul delimita os locais amostrados em cada drenagem.....	70

## Capítulo 2

Figura 1 – Localização geográfica dos riachos estudados. Círculos em cinza correspondem aos pontos amostrais, em distintas drenagens que compõem a Bacia Amazônica. ....	106
Figura 2 – Riqueza da ictiofauna de riachos nas diferentes drenagens presentes na Amazônia Brasileira. Os pontos representam os sítios amostrados. As drenagens estão identificadas pelos códigos: AM=rio Amazonas; JA=rio Japurá; MA=rio Madeira; NE=rio Negro; NH=rio Nhamundá; PU = rio Purus; SO=rio Solimões; TA=rio Tapajós; TR=rio Trombetas; XI=rio Xingu. ....	107
Figura 3 – Variação longitudinal do número de espécies de peixes ao longo da Amazônia Brasileira. Os riachos amostrados são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nas Drenagens - AM=rio Amazonas; JA=rio Japurá; MA=rio Madeira; NE=rio Negro; NH=rio Nhamundá; PU = rio Purus; SO=rio Solimões; TA=rio Tapajós; TR=rio Trombetas; XI=rio Xingu. ....	108
Figura 4 – Curva de rarefação de espécies de peixes obtida a partir de 131 riachos amostrados na Amazônia Legal Brasileira. ....	109

- Figura 5 – Ordenação por Escaloneamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseada em dados de abundância das espécies de peixes locados separadamente para cada drenagem..... 110
- Figura 6 – Ordenação por Escaloneamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseada em dados de presença/ausência das espécies de peixes locados separadamente para cada drenagem. .... 110
- Figura 7 – Ordenações por NMDS (utilizando os dois primeiros eixos) dos locais amostrados nas drenagens dos rios Purus (PU) e Madeira (MA), baseadas em dados quantitativos e qualitativos. Os sítios amostrados no rio Madeira são provenientes de dois sistemas de drenagem distintos, na região do Baixo Madeira (BM) e na região do rio Amapá (AP). Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a sua localização. As siglas em cores representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem (em vermelho) e de uma drenagem (em azul). Linhas azuis delimitam os locais amostrados em cada drenagem, enquanto linhas vermelhas delimitam amostragens em um mesmo sistema de drenagem..... 111
- Figura 8 – Ordenações por NMDS (utilizando os dois primeiros eixos) dos locais amostrados nas drenagens dos rios Tapajós (TA) e Xingu (XI), baseadas em dados quantitativos e qualitativos. Os sítios amostrados no rio Tapajós são provenientes de dois sistemas de drenagem distintos, na região de Alter do Chão (AL) e na região do rio Jamanxim (JX). Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a sua localização. As siglas em cores representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem (em vermelho) e de uma drenagem (em azul). Linhas azuis delimitam os locais amostrados em cada drenagem, enquanto linhas vermelhas delimitam amostragens em um mesmo sistema de drenagem..... 112

# Introdução geral

---

A bacia do rio Amazonas, a maior rede hidrográfica do mundo, é coberta em sua maior parte por densa floresta tropical. É formada por grandes rios e lagos e inúmeros riachos de pequeno porte (regionalmente chamados de igarapés) que constituem uma das redes hídricas mais complexas do planeta (Junk, 1983). Com exceção dos rios maiores de águas brancas, cujas nascentes se encontram nas altas cadeias de montanhas andinas, quase todos os rios amazônicos são resultantes da junção de pequenos riachos que drenam a floresta (Walker, 1991; Goulding *et. al*, 2003).

Estima-se que a fauna de peixes de água doce das Américas do Sul e Central chegue a um total de 8.000 espécies, representando cerca de 25% de toda a diversidade de peixes mundial, tanto marinha quanto dulcícola (Vari e Malabarba, 1998).

A maioria dos estudos ictiofaunísticos desenvolvidos até o presente na Amazônia enfocaram grandes rios e espécies exploradas comercialmente (Smith, 1979; Paiva, 1983; Ferreira *et al.*, 1998). O conhecimento da diversidade de peixes da Amazônia depende de maiores informações sobre os sistemas aquáticos ainda pouco estudados, especialmente de cabeceiras de tributários (Menezes, 1996; Sabino e Zuanon, 1998), onde acredita-se que ainda existam muitas espécies não descritas (Castro, 1999).

Modelos sobre a estrutura e dinâmica das comunidades de riachos são em grande parte baseados em padrões observados em regiões temperadas, como o Conceito de Contínuo Fluvial (RCC; Vannote *et al.*, 1980). Este conceito propõe que os sistemas fluviais variam em suas características ambientais de forma previsível, principalmente em função do processamento de matéria orgânica ao longo do gradiente longitudinal por meio de diferentes padrões tróficos. No entanto, este conceito é pouco sensível a características específicas, como a química da água, as complexas interações bióticas típicas de riachos tropicais (Angermeier & Karr, 1984), e a ampla dimensão do sistema amazônico (Lowe-McConnell, 1999). Outro modelo, o Conceito do Pulso de



Inundação (Junk *et al.*, 1989, Junk & Wantzen, 2004), refere-se às grandes planícies de inundações e não se aplica aos riachos de terra-firme, uma vez que estes não possuem um padrão regular, previsível e persistente de inundação lateral sazonal.

Os riachos amazônicos, em sua maioria, apresentam águas ácidas, saturadas de oxigênio e pobres em nutrientes. O denso dossel da floresta sobre os riachos reduz a luz que atinge a superfície da água, de forma que macrófitas aquáticas são virtualmente inexistentes (Junk & Furch, 1985; Walker, 1995), apesar de existir evidências de uma produção autóctone por algas em riachos. As cadeias alimentares dos riachos amazônicos são consideradas dependentes de material alóctone proveniente da floresta (Angermeier & Karr; 1984; Goulding *et al.*, 1988), mas estudos complementares fazem-se necessários para que se compreenda como materiais autóctones afetam o fluxo de carbono em riachos da região. Estudos em riachos da Mata Atlântica indicam, por exemplo, que as cadeias tróficas são altamente dependentes de algas perifíticas (e.g. Brito *et al.*, 2006; Moulton, 2006).

Rios amazônicos de grande porte suportam centenas de espécies (e.g., Goulding *et al.*, 1988; Ferreira *et al.*, 2007), no entanto, ainda pouco se conhece sobre quais mecanismos sustentam e/ou limitam a riqueza de espécies nas cabeceiras e quais fatores determinam a diversidade de espécies dentro de cada riacho dentro de um mesmo sistema de drenagem (diversidade alfa), entre sistemas de uma mesma região (diversidade beta), e dentro da macro-região amazônica (diversidade gama).

Lowe-McConnell (1999) afirma que a diversidade de espécies de peixes diminui em direção às nascentes dos riachos, onde os fatores físico-químicos, as obstruções causando pequenas corredeiras, a elevada velocidade da água e o tamanho e as condições dos refúgios na estação de seca podem ser mais limitantes que recursos alimentares.

Os padrões macroecológicos da distribuição de espécies de peixes são afetados por fatores diversos, como físico-química da água, estrutura do ambiente aquático e vegetação marginal, mas fatores histórico-geológicos, como clima e formação geológica também influenciam a instalação e

manutenção de assembléias de peixes (Matthews, 1998). Grandes rios, como o Amazonas, podem representar barreiras ecológicas para muitas espécies de peixes. No entanto, condições ecológicas nos riachos periféricos são muito semelhantes e podem permitir o compartilhamento de muitas espécies (Lowe-McConnell, 1999).

Um estudo realizado em duas microbacias de drenagem localizadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazônia Central, constatou que as comunidades de peixes dos riachos diferiam significativamente entre bacias hidrográficas, mesmo estas estando próximas (Mendonça *et al.*, 2005). A composição das ictiocenoses dos sistemas de drenagens foi correlacionada às diferenças físico-químicas e estruturais dos riachos. Porém, outros fatores podem estar influenciando a composição de comunidade, como a distância entre bacias e fatores históricos.

A diversidade de uma região (diversidade gama) é um resultado da diversidade de espécies encontradas em um dado local (diversidade alfa) e a complementaridade de espécies entre locais (diversidade beta). Alguns autores consideram a diversidade beta como a complementaridade de assembléias de espécies entre habitats (Veech *et al.*, 2002). No entanto, "habitat" é um conceito subjetivo, e nesta tese considero a diversidade beta como a complementaridade de assembléias entre locais de coleta, ou seja, entre riachos dentro de uma mesma microbacia, ou entre bacias.

A diversidade beta tem um componente ecológico, que reflete o conceito de habitat. Diferenças entre locais podem ser devidas a diferenças físico-químicas dos riachos (Matthews, 1998; Mendonça *et al.*, 2005). A diversidade beta também pode refletir diferenças históricas, como fontes de colonização diferentes (Lundberg, 1998; Matthews, 1998), e diferenças aleatórias devido ao efeito de limitação de dispersão (Lundberg *et al.*, 1998). Neste sentido, para se ter uma perspectiva adequada da diversidade total da ictiofauna de riachos amazônicos é importante amostrar sobre diversas escalas, e em regiões com histórias biogeográficas diferentes.

A região amazônica contém várias áreas com características geológicas e histórias biogeográficas diferentes (Sioli, 1984; Lundberg, 1998; Lundberg *et*

*al.*, 1998), mas as regiões biogeográficas propostas para a bacia Amazônica estão diretamente conectadas pela rede de drenagens. A conectividade das drenagens influencia de forma significativa a diversidade local, regional e macrorregional, uma vez que atua diretamente sobre fenômenos de colonização, dispersão, transferência de matéria e energia (Pringle, 2001).

### **Objetivo geral**

Determinar a similaridade da ictiofauna de riachos pertencentes a diferentes drenagens na Amazônia Brasileira, avaliando quais fatores (locais, históricos, biogeográficos e climáticos ou de distância) são responsáveis pela composição dessas assembléias.

### **Objetivos específicos**

Avaliar a diversidade de espécies dentro de cada riacho (diversidade alfa), sobre a complementaridade de assembléias entre riachos (diversidade beta), e sobre a macro-região amazônica (diversidade gama).

Determinar se há diferenças expressivas na composição ictiofaunística de riachos entre sistemas de drenagem proximamente relacionados (análises em meso-escala), bem como entre drenagens (estudo macro-regional).

Determinar quais fatores (locais, históricos, biogeográficos e climáticos ou de distância) podem estar influenciando a estrutura das comunidades.

### **Organização da Tese**

Informações sobre a composição das comunidades de peixes na Amazônia foram analisadas e discutidas em duas escalas, sendo a presente tese organizada na forma que se segue.

O Capítulo 1 apresenta um estudo em meso escala, onde foi avaliada a composição de assembléias de peixes de riachos localizados em sistemas de drenagem na Amazônia Central, buscando determinar e discutir como características físico-químicas e estruturais dos riachos (fatores locais), como a distância hidrográfica ou a distância linear entre os sítios de amostragem influenciam a composição e abundância de espécies, bem como se o rio Amazonas, como uma barreira química, afeta a dispersão das espécies e conseqüentemente a similaridade entre os sistemas de drenagem.

No Capítulo 2 foi analisado em macro escala como fatores ambientais locais, biogeográficos (fitofisionômicos, históricos e climáticos), bem como a distância entre as grandes sub-bacias de drenagem amazônicas (distâncias por via hidrográfica e ponto-a-ponto) influenciam a composição da ictiofauna de riachos.

Uma seção de conclusões finais apresenta um sumário sobre os resultados obtidos.

Os capítulos desta tese encontram-se em formato de manuscritos, conforme recomendação do Programa de Pós Graduação do INPA, curso de Ecologia. Estes estão formatados segundo as normas das revistas às quais serão submetidos.

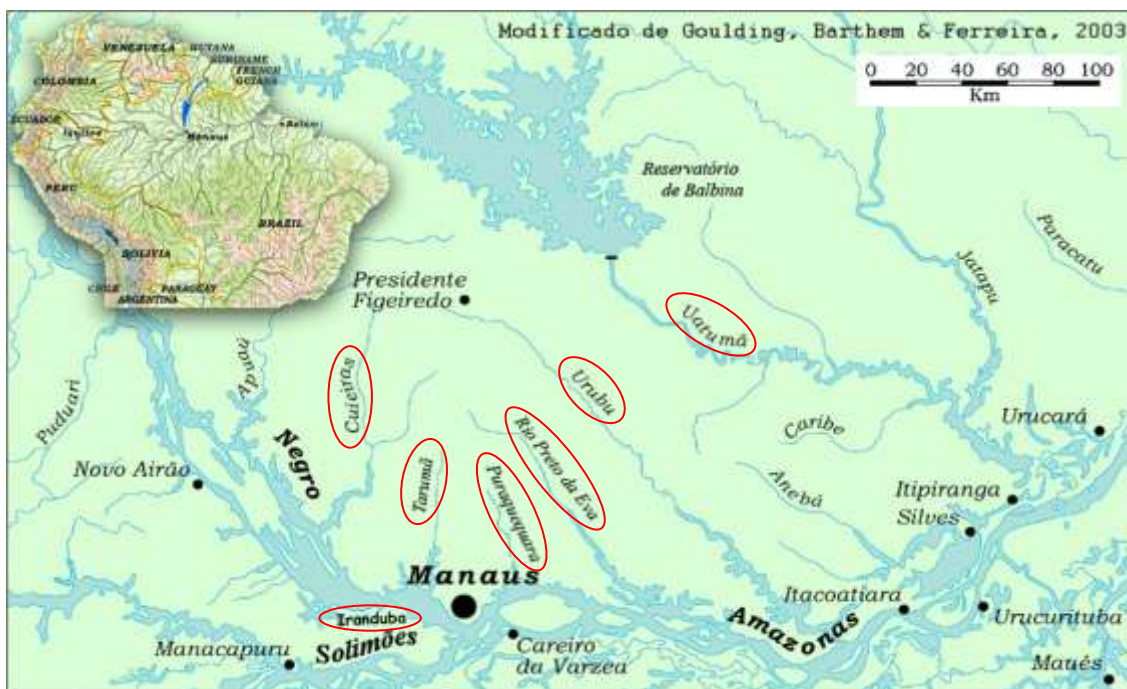
## **Metodologia Geral**

### *Áreas de estudo*

Foram amostrados riachos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordens localizados em áreas de terra-firme (sem influência do pulso de inundação dos grandes rios). Na escala de Horton, modificado por Strahler (Petts, 1994), a junção de dois riachos de 1<sup>a</sup> ordem (nascentes) forma um de 2<sup>a</sup> ordem; dois riachos de 2<sup>a</sup> ordem formam um de 3<sup>a</sup> ordem, e assim sucessivamente. As coordenadas geográficas dos

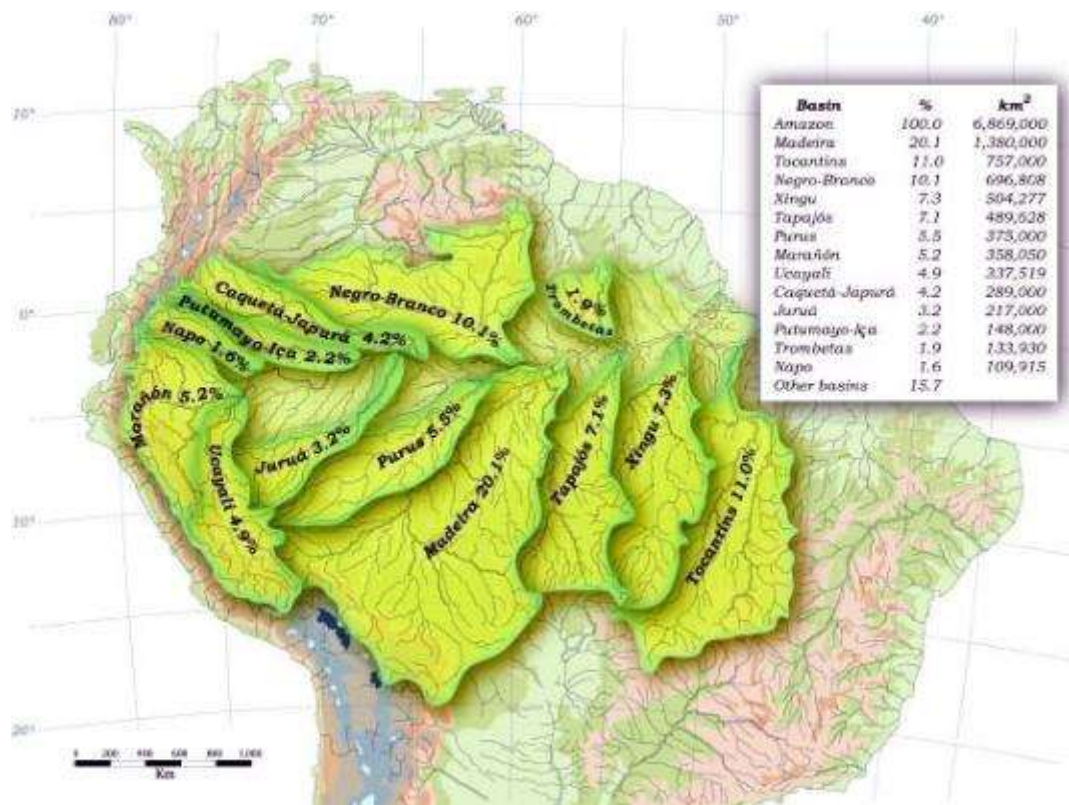
riachos amostrados foram registradas com uso de aparelhos de GPS (*datum* WGS84). Utilizando mapas cartográficos, imagens de satélite (Landsat) e de radar (SRTM), foi determinado o posicionamento de cada riacho em relação à rede hídrica a que pertence, bem como sua conectividade com os demais corpos d'água (para os cálculos de distância entre os pontos de amostragem).

Estudos em meso-escala (Capítulo 1) foram concentrados na região da Amazônia Central, onde foram amostrados 90 riachos de diferentes sistemas de drenagem: rios Cuieiras, Tarumã, Puraquequara, Preto da Eva, Urubu, Uatumã e riachos da região do município de Iranduba (Figura 1).



**Figura 1** – Mapa da rede hídrica localizada na Amazônia Central, região de Manaus, AM (modificado de Goulding *et. al*, 2003). Elipses destacam os sistemas de drenagem amostrados.

O estudo macroregional (Capítulo 2) foi conduzido na maioria das principais drenagens da bacia amazônica (Figura 2). Foram incluídos nesse estudo 131 riachos pertencentes a dez sistemas de drenagem, considerando suas características geomorfológicas, históricas e a conectividade entre os sistemas.



**Figura 2** – Mapa das principais drenagens da Bacia Amazônica (cedido por Goulding et. al, 2003).

### *Terminologia: corpos d'água de diferentes tamanhos*

Com o intuito de auxiliar na compreensão das escalas de amostragem utilizadas neste estudo, foi uniformizada a terminologia destinada a nomear os corpos d'água, seguindo um modelo hierárquico (baseado em Matthews, 1998 e Frissel, 1986, com pequenas modificações).

O termo *riacho* foi destinado a corpos d'água lóticos, de 1ª a 4ª ordem, enquanto cursos d'água de 5ª ordem ou maiores foram nomeados como *rio*. Um *trecho* de riacho, ou *sítio*, representa uma unidade amostral equivalente a um segmento de 50 m de extensão, onde foram conduzidas as amostragens de peixes e de fatores ambientais locais. *Micro-bacias* reúnem riachos de 3ª a 4ª ordens e seus tributários. *Sistemas de drenagem*, ou simplesmente *sistemas*, representam um grupo de micro-bacias interconectadas (por exemplo, sistema

do rio Cuieiras). O termo *drenagem* compreende a união de sistemas correlacionados (como a drenagem do Rio Negro). Por fim, *bacia hidrográfica* consiste em um grupo de drenagens e seus tributários, neste caso a Bacia do Rio Amazonas.

### *Amostragem dos sítios*

Riachos com pouca conectividade entre si, dentro de um mesmo sistema hidrográfico foram amostrados numa tentativa de maximizar a independência das amostras usadas para representar aquele sistema. Em cada igarapé selecionado para o estudo, foi demarcado um trecho de 50 metros medido ao longo do centro do canal principal, onde foram realizadas as mensurações dos parâmetros ambientais (físicos e químicos) e as coletas dos peixes. As unidades de amostragem (trechos de 50 m) possuem área relativamente pequena, o que permite que sejam amostradas em pouco tempo, porém suficientemente grande para incluir uma diversidade de habitats associados com os meandros dos riachos (corredeiras, remansos, troncos caídos, etc.) de tal forma que as diferenças nas assembléias não refletem diferenças extremamente locais como, por exemplo, as diferenças entre bancos de liteira e áreas de corredeira.

As variáveis ambientais que poderiam exercer influência sobre a composição das assembléias de peixes em meso escala (Capítulo 1), foram distinguidas nos seguintes níveis:

1) Fatores ambientais locais – a estrutura dos corpos d'água e a físico-química da água.

2) Fatores históricos – a disposição dos sistemas de drenagem, sua localização em relação ao rio Amazonas, um possível limitante na dispersão de espécies de riachos entre os sistemas.

3) As distâncias entre os sítios de amostragem – a distância hidrográfica, mensurada de forma a acompanhar o trajeto dos igarapés e rios entre dois

pontos de amostragem; e a distância linear, medindo a menor distância entre dois pontos.

As variáveis ambientais que poderiam determinar a composição das assembléias de peixes em macroescala (Capítulo 2) foram distinguidas em:

1) Fatores ambientais locais – a estrutura dos corpos d’água e a físico-química da água.

2) Fatores históricos - representados pelas formações geológicas da região amazônica; pelas paleo-bacias hidrográficas delimitadas pelos arcos geológicos estruturais; pelas atuais drenagens e sistemas de drenagem; e pelo modelo de vegetação supostamente presente no período de Último Máximo Glacial (UMG).

3) Fatores biogeográficos e climáticos - sendo estes a atual composição fitofisionômica nos locais de amostragem em cada bacia; e a duração do período de seca na região.

4) As distâncias entre os sítios de amostragem – distância hidrográfica e a distância linear.

### *Fatores ambientais locais*

As características locais dos riachos foram determinadas conforme metodologia utilizada por Mendonça *et. al* (2005), sendo esta detalhada a seguir e ilustrada na figura 3.

A largura média do canal (m) foi calculada a partir da média de quatro medidas eqüidistantes ao longo do trecho determinado. A profundidade média do canal (m) e profundidade máxima média (m) foram calculadas a partir de nove sondagens eqüidistantes em quatro transectos transversais ao longo do trecho. A velocidade da corrente (m/s) foi determinada pela média entre quatro pontos dispostos no centro do canal, medida no meio da coluna d’água,

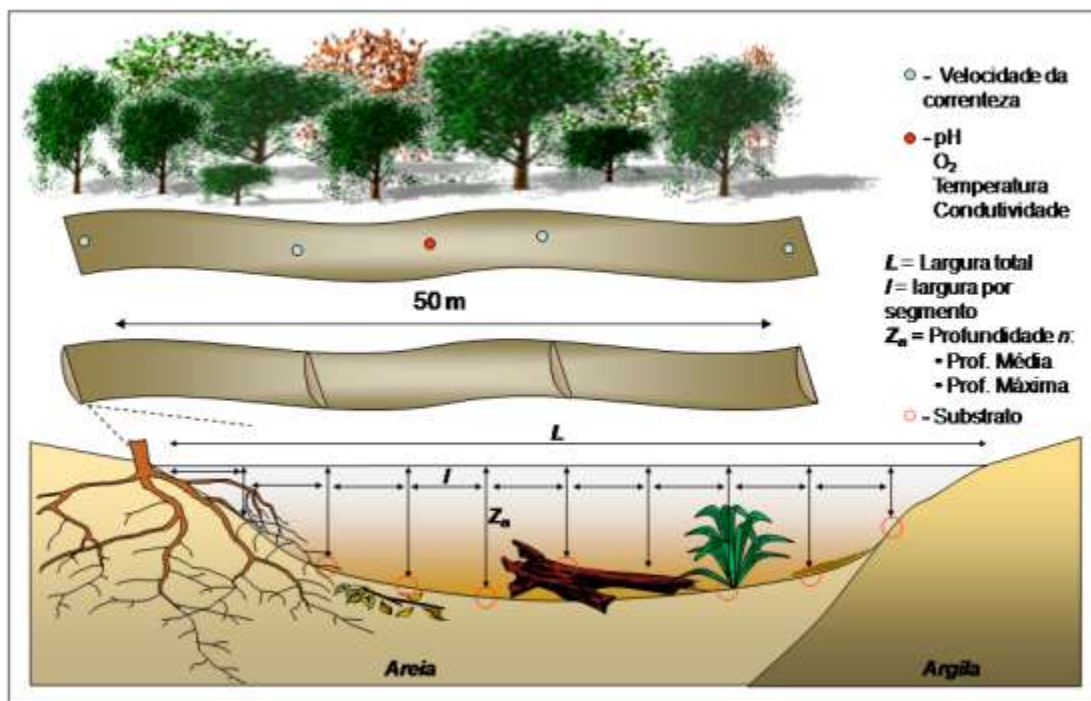


mensurando o tempo de deslocamento de um disco flutuante (1,5 cm de raio por 0,5 cm de espessura) por uma distância conhecida.

A vazão média ( $m^3/s$ ) foi obtida relacionando-se velocidade média, largura e profundidade, pela fórmula:  $Q = A \cdot V_m$  onde,  $Q$  = vazão;  $V_m$  = velocidade média da corrente;  $A$  = área transeccional média na secção transversal do curso de água. A área transeccional foi calculada a partir da média da área de quatro transectos em cada trecho estudado, pela fórmula:  $A_t = \sum_i A_n$  onde,  $A_t$  = área do transecto dada pela somatória de  $[(Z_1+Z_2)/2] \cdot l + [(Z_2+Z_3)/2] \cdot l + \dots [(Z_n+Z_{n+1})/2] \cdot l$  onde,  $Z_n$  = profundidade medida em cada segmento;  $l$  = largura de cada segmento.

Os substratos presentes nos leitos dos riachos foram classificados em 11 categorias: areia, seixos, rochas, argila, troncos (madeiras com diâmetro acima de 10 cm), liteira (composta de folhas e pequenos galhos), liteira fina (material particulado fino), raízes (emaranhado de raízes, em maioria finas, provenientes da vegetação marginal), macrófitas (vegetação aquática), algas filamentosas e sedimentos ferruginosos. A composição do substrato em cada transecto foi determinada a partir de sondagens em nove pontos equidistantes em quatro secções transversais ao longo do trecho. A composição geral do substrato de cada riacho foi caracterizada pela frequência de ocorrência (%) de cada tipo de substrato. Nas análises dos dados, substratos com ocorrência em menos de 5% dos locais amostrados foram reunidos na categoria “outros substratos”.

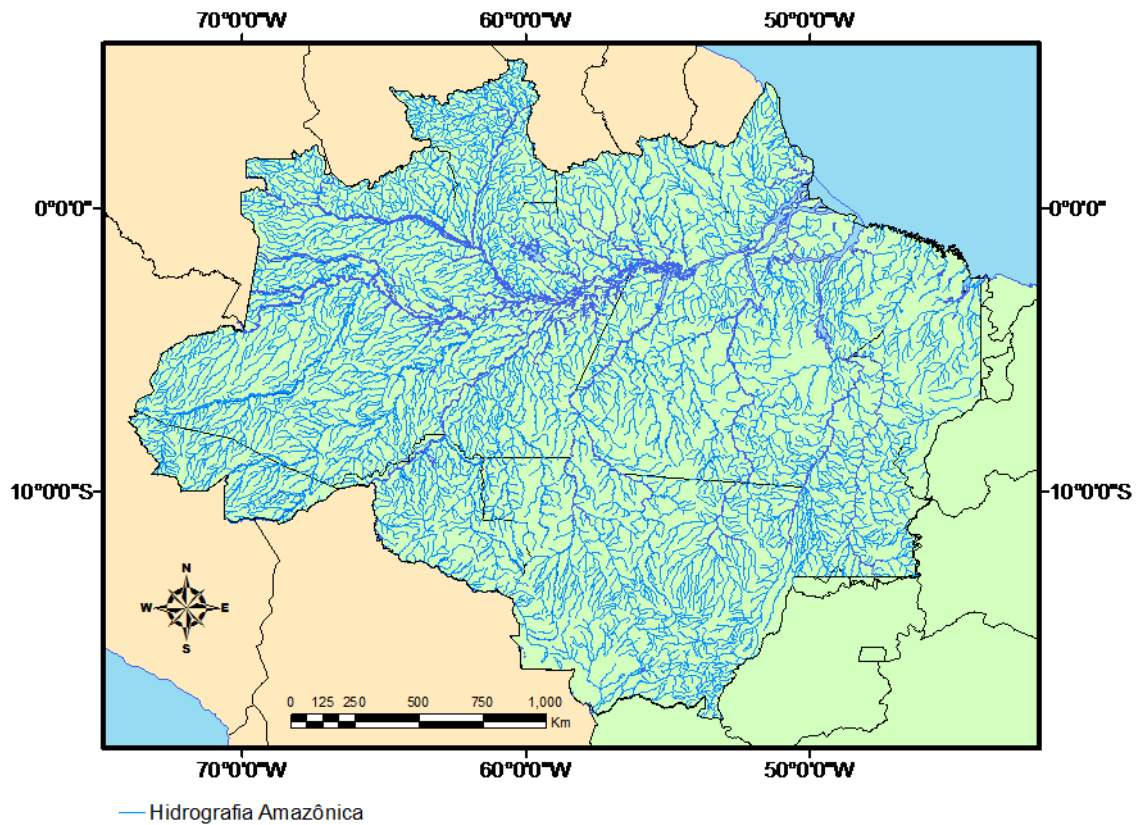
O potencial hidrogeniônico (pH), condutividade ( $\mu S/cm$ ), oxigênio dissolvido (mg/l) e temperatura ( $^{\circ}C$ ) foram mensurados com medidores digitais portáteis (Marca Yellow Spring, modelos YSI63 e YSI55), no meio do canal e na camada sub-superficial da coluna d'água.



**Figura 3** – Representação esquemática dos métodos de coleta de variáveis ambientais locais, segundo Mendonça *et al.* (2005).

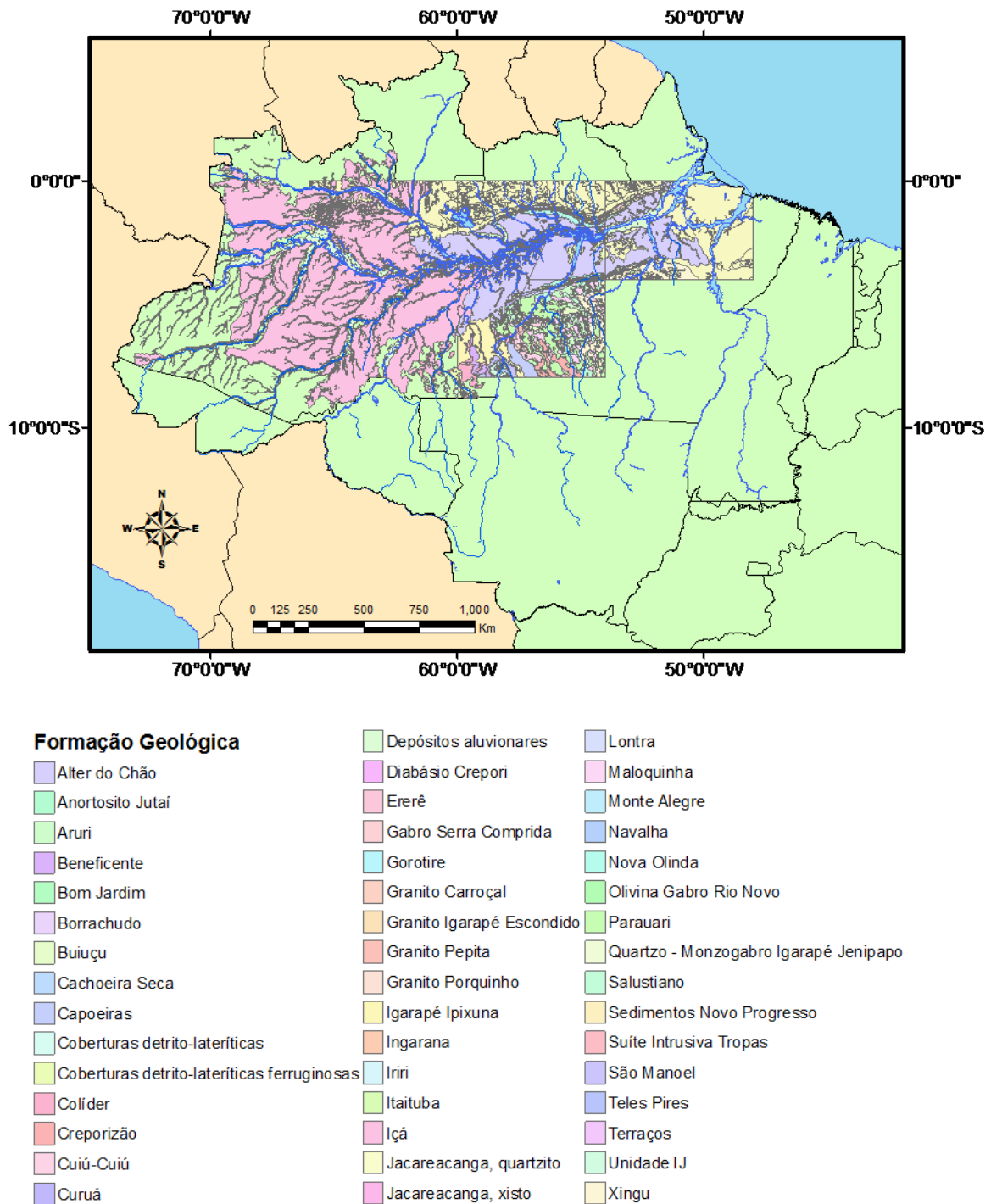
### Fatores históricos

Os limites das atuais drenagens e sistemas de drenagem foram identificados utilizando bases hidrográficas das Cartas do Brasil ao Milionésimo, do IBGE (Ministério do Meio Ambiente, 2001) e validados utilizando imagens Landsat e SRTM (figura 6).



**Figura 4** – Rede hidrográfica da Amazônia Brasileira.

As formações geológicas sob os locais amostrados (tanto para os estudos em meso quanto em macro escala) foram determinadas utilizando-se mapas cartográficos disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>), reunindo bases de dados do projeto RADAM BRASIL (1968-1978), e atualizados até o ano de 2006 (figura 4).



**Figura 5** – Formações geológicas presentes na Amazônia Brasileira, demonstradas apenas para as regiões amostradas no presente estudo. Em bege, países da América do Sul que fazem fronteira com o Brasil (em verde claro).

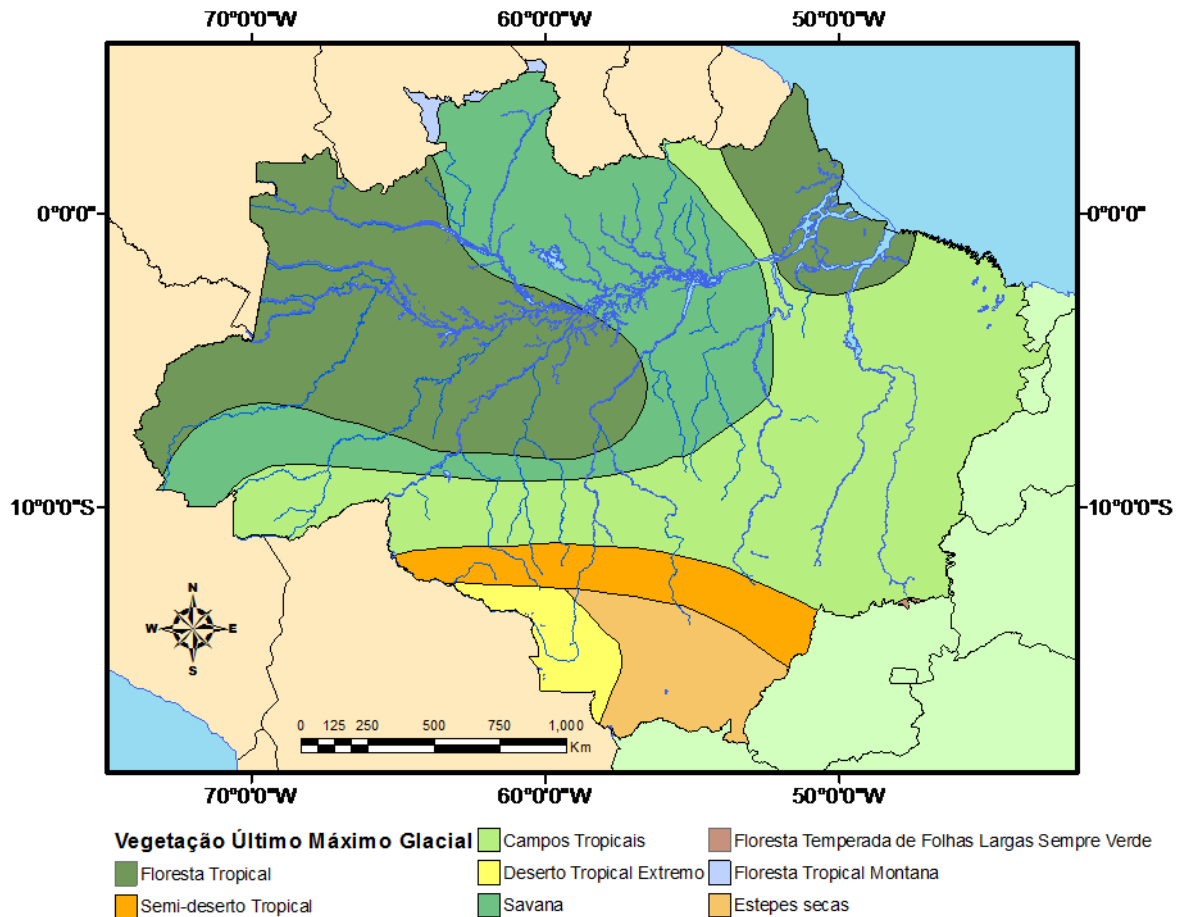
Para o estudo em macro escala (Capítulo 2) as paleo-bacias hidrográficas, estabelecidas nas fossas geológicas entre os arcos estruturais

presentes na Amazônia (figura 5), foram delimitadas segundo Lundberg *et al.* (1998) e Hubert *et al.* (2007), e comparadas com mapas geológicos disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil, publicados em 2006. Além dos riachos amostrados na planície amazônica, onde se localizavam as paleobacias (do Amazonas; do Solimões; do Médio Amazonas; do Baixo Amazonas e do Marajó), foram amostrados também sítios localizados no Escudo das Guianas, ao norte da planície, e no Escudo Brasileiro, ao sul.



**Figura 6** – Arcos estruturais que dividem a Planície Amazônica em paleobacias: i) a oeste do arco de Carauari a Bacia do Amazonas; ii) entre o arcos de Carauari e do Purus, a Bacia do Solimões; iii) entre os arcos do Purus e de Monte Alegre, a Bacia do Médio Amazonas; iv) entre os arcos de Monte Alegre e de Gurupá, a Bacia do Baixo Amazonas; v) a leste do arco de Gurupá, a Bacia do Marajó. Destaca-se ao norte o Escudo das Guianas e ao sul o Escudo Brasileiro.

O modelo de vegetação presente no período de Último Máximo Glacial (UMG), utilizado no Capítulo 2, é baseado em datação por  $C^{14}$ , sendo reconstruída a fitofisionomia supostamente presente há 18.000 anos, segundo Adams e Faure (1997, figura 7).

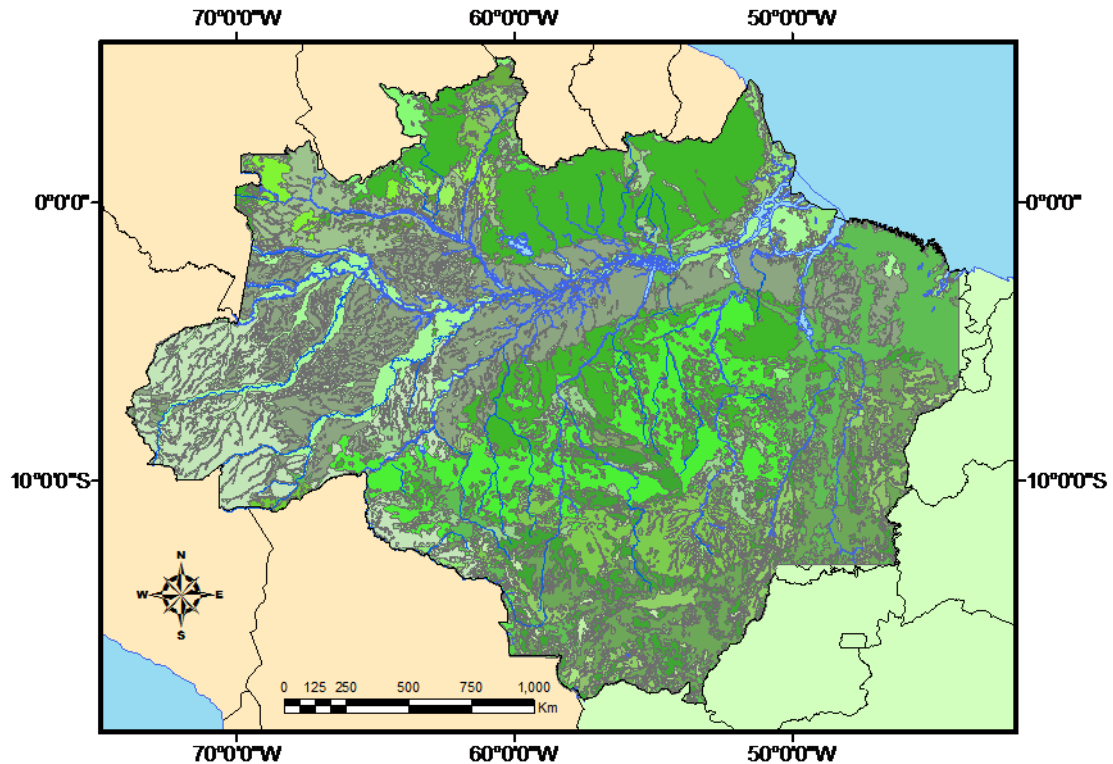


**Figura 7** – Modelo da vegetação presente no período do Último Máximo Glacial, há 18.000 anos, proposto por Adams e Faure (1997).

### *Características climáticas e biogeográficas da Amazônia*

A atual composição fitofisionômica é baseada no Mapa de Vegetação da Amazônia, escala 1:2.500.000, Sudam/IBGE 1989 (Figura 8).



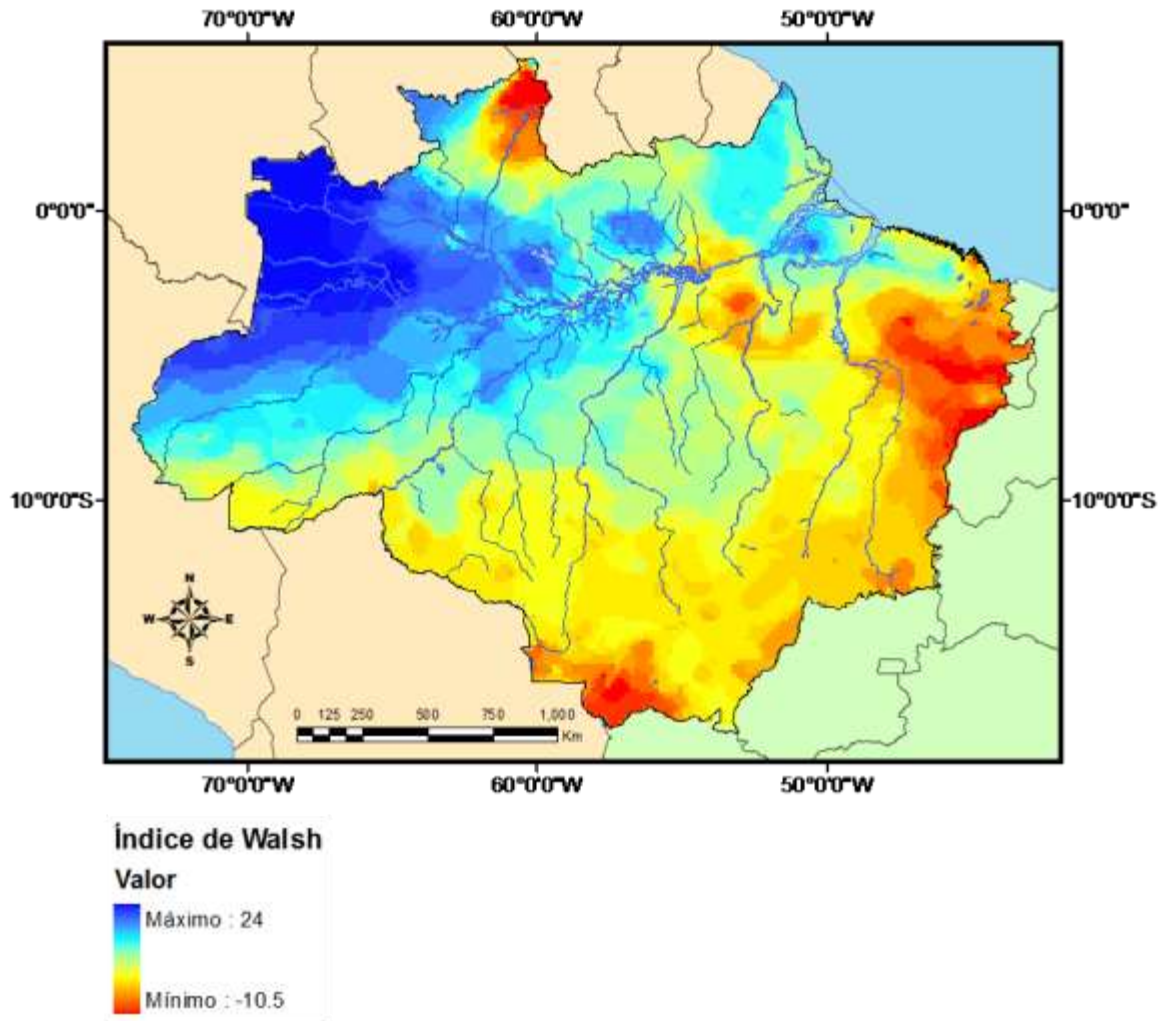


#### Fitofisionomias Atuais

AA - Áreas Antrópicas - Atividades agrossilvopastoris	Lg - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos - Gramíneo-Lenhosa
Ab - Floresta Ombrófila Aberta - Terras Baixas	ON - Áreas de Tensão Ecológica - FI. Ombrófila/FI. Estacional
As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Pa - Área das Formações Pioneiras - Influência Fluvial
Cs - Floresta Estacional Decidual - Submontana	Pf - Área das Formações Pioneiras - Influência Fluviomarinha
Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	SN - Áreas de Tensão Ecológica - Savana/FI. Estacional
Db - Floresta Ombrófila Densa	SO - Áreas de Tensão Ecológica - Savana/FI. Ombrófila
Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	ST - Áreas de Tensão Ecológica - Savana/Savana-Estéptica
Dm - Floresta Ombrófila Densa - Montana	Sa - Savana (Cerrado) - Arbórea Aberta
Ds - Floresta Ombrófila Densa - Submontana	Sd - Savana (Cerrado) - Arbórea Densa
Fa - Floresta Estacional Semidecidual - Aluvial	Sg - Savana (Cerrado) - Gramíneo-Lenhosa
Fb - Floresta Estacional Semidecidual - Terras Baixas	Sp - Savana (Cerrado) - Parque
Fs - Floresta Estacional Semidecidual - Submontana	TN - Áreas de Tensão Ecológica - Savana-Estéptica/FI. Estacional
LO - Áreas de Tensão Ecológica - Campinarana/FI. Ombrófila	Ta - Savana Estéptica (Campos de Roraima) - Arbórea Aberta
La - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos - Arbórea Aberta	Td - Savana Estéptica (Campos de Roraima) - Arbórea Densa
Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos - Arbórea Densa	Tp - Savana Estéptica (Campos de Roraima) - Parque
	rm - Refúgio Ecológico - Montano

**Figura 8** – Principais fitofisionomias presentes na Amazônia Brasileira.

A intensidade e duração da estação seca, representada pelo Índice de Walsh (Walsh, 1996 – figura 9) sumariza características climáticas da região amazônica, e se baseia em dados de precipitação média mensal, obtidas no site do projeto WorldClim (gentilmente cedido por B.Nelson).



**Figura 9** – Intensidade e duração da estação seca, representada pelo Índice de Walsh (Walsh, 1996). Tal índice varia entre 24,0 (regiões com menor intensidade e duração da estação seca) a -24,0 (regiões com estação da seca mais intensa e duradoura). Na Amazônia Brasileira, o menor valor do índice chega a -10,5.

#### *As distâncias entre os locais amostrados*

A distância hidrográfica entre os trechos de riachos amostrados, mensurada acompanhando o trajeto dos corpos d'água, e a distância linear, medindo o menor espaço entre dois pontos de amostragem, foram organizadas em matrizes de distância. Tais matrizes foram obtidas utilizando ferramentas de sensoriamento remoto (programa *ArcGis*, versão 9.3).



### *Coleta da Ictiofauna*

Os peixes foram coletados utilizando-se redes de cerco, puçás e peneiras. O esforço de coleta foi padronizado para todos os riachos por meio do número de coletores e tempo de coleta. Três coletores, durante 2 horas, exploraram todos os ambientes encontrados num trecho de 50 m. As extremidades dos trechos de amostragem foram previamente bloqueadas com redes de malha fina (5 mm entre nós opostos) para evitar a fuga dos peixes.

Os exemplares coletados foram mortos com uma dose letal de anestésico (cf. American Veterinary Medical Association, 2001), fixados em formalina (10%) e transportados para o laboratório. Após a triagem, os exemplares foram acondicionados em álcool 70% e preparados para serem depositados na coleção de peixes do INPA. A identificação taxonômica das espécies foi realizada com uso de chaves dicotômicas, literatura especializada e auxílio de pesquisadores especialistas de diversas instituições.

As espécies foram associadas a categorias superiores (ordens e famílias) seguindo a classificação de Reis *et al.* (2003).

### *Disponibilização de dados*

As variáveis ambientais utilizadas nesta tese serão disponibilizadas nos formatos de bancos de dados e de *shapefiles* utilizáveis em programas de geoprocessamento na página do Programa de Pesquisas em Biodiversidade – PPBio ([www.ppbio.inpa.gov.br](http://www.ppbio.inpa.gov.br)).

# Capítulo 1

---

## Como fatores locais e regionais afetam a distribuição de peixes em riachos da Amazônia Central<sup>1</sup>

Fernando Pereira de Mendonça<sup>a</sup>

Jansen Alfredo Sampaio Zuanon<sup>b</sup>

William Ernest Magnusson<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Saúde e Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Estrada Coari-Mamiá, 305, Bairro Espírito Santo, 69.460-000, Coari, AM, Brasil.

<sup>b</sup> Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CP 478, 69.083-970, Manaus AM, Brasil.

<sup>c</sup> Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CP 478, 69.011-970, Manaus AM, Brasil.

Palavras-chave: assembleias de peixes neotropicais, ecologia de comunidades, efeito de distância, dispersão, fatores históricos.

---

<sup>1</sup> Artigo a ser submetido à revista:  
*Freshwater Biology*  
Editada por: Alan G. Hildrew e Colin R. Townsend  
ISSN revista impressa: 0046-5070  
ISSN revista *online*: 1365-2427  
Frequência: Mensal  
Fator de Impacto: 2,704

## Sumário

1. Estudos ecológicos envolvendo a ictiofauna de riachos neo-tropicais têm avançado nas últimas décadas. Na região da Amazônia Central brasileira, fatores estruturais dos riachos e a físico-química da água afetam a composição das assembléias de peixes. Entretanto, como fatores regionais podem influenciar a composição das espécies ainda é desconhecido.
2. Objetivando avaliar quais fatores influenciam a composição das assembléias de peixes na região, foi analisado como fatores ambientais locais, diferenças entre os sistemas de drenagem, e a distância entre os sítios de amostragem afetam a similaridade das ictiocenoses.
3. Foi avaliado se o rio Amazonas funciona como uma barreira química limitando a dispersão de espécies entre os sistemas de drenagem.
4. Os resultados encontrados demonstram que uma complexa rede de fatores influencia a composição das assembléias de peixes de riachos nesta região tropical.
5. Na Amazônia Central, características locais dos riachos e a físico-química da água afetam a dinâmica das espécies. Todavia, fatores regionais intrínsecos dos sistemas de drenagem, as distâncias entre os riachos e de fontes de colonização, aliados a fatores históricos, como capturas de drenagem, mudanças de curso de rios e a presença de barreiras ecológicas, afetam a distribuição das espécies na região.

## Introdução

Compreender quais fatores determinam e estruturam comunidades e grupos de espécies tem sido alvo de inúmeros estudos ecológicos. Características intrínsecas do habitat e fatores ambientais regionais mediam interações bióticas e podem limitar a habilidade de espécies persistirem em uma comunidade local (Hoeinghaus *et al.*, 2007).

Em ambientes aquáticos continentais, constata-se que comunidades divergem em estrutura de acordo como o tipo de ambiente, seja lótico, como rios e riachos, ou lênticos, como lagos e poças marginais. Características ambientais locais, interações entre espécies, fatores históricos e biogeográficos podem afetar comunidades locais. Matthews (1998) afirma que fatores em diferentes escalas podem afetar a estrutura de assembleias de peixes de água doce, desde a movimentação das placas continentais a fatores locais e interações entre indivíduos e espécies.

Peixes de riacho em regiões de clima temperado têm sido alvo de muitos estudos (Moyle & Vondracek, 1985; Anderson *et al.*, 1995; Angermeier & Winston, 1998; Gotelli & Taylor, 1999; Hoeinghaus *et al.*, 2007; Birnbaum *et al.*, 2007). Em ambientes tropicais, os complexos fatores que estruturam as comunidades reofilicas, apesar de ainda pouco estudados, têm atraído muitos pesquisadores (Angermeier e Karr, 1984; Martin-Smith, 1998; Hoeinghaus *et al.*, 2003, Mojica *et al.*, 2009).

Estudos ecológicos envolvendo a ictiofauna de riachos neotropicais têm avançado nas últimas duas décadas, sendo a região da Amazônia Central uma das mais pesquisadas. Nessa região, pesquisas avaliaram a distribuição espacial de peixes em riachos (Bührnheim 1999,2002; Mendonça *et al.*, 2005) e em poças marginais (Pazin *et al.*, 2006), a variação sazonal na composição das ictiocenoses (Bührnheim & Cox-Fernandes, 2001; Espírito-Santo *et al.*, 2009), impactos antrópicos sobre a composição das assembleias em áreas urbanas (Silva e Silva, 1993; Silva, 1995; H. Anjos, dados não publicados), em especial aqueles relacionados com a extração madeireira (Dias *et al.*, 2010) e atividades agropecuárias (A. Galuch, dados não publicados), além de avaliar

métodos de amostragem (Ribeiro e Zuanon, 2006; Anjos e Zuanon, 2007). Estudos de ecologia de populações enfocando dieta (Silva, 1993) e história natural (Sabino e Zuanon, 1998; Carvalho *et al.*, 2006; Sazima *et al.*, 2006; Zuanon *et al.* 2006a,b), bem com a descrição de novas espécies associadas a estes ambientes (Costa, 2004) também têm sido realizados.

Fatores ambientais locais afetam a composição da ictiofauna de riachos na região. Entretanto, como fatores regionais podem influenciar a composição das espécies ainda é alvo de discussões. Sistemas de drenagem na Amazônia Central diferem em suas composições faunísticas, independente de diferenças na estrutura dos riachos ou da físico-química da água (Mendonça *et al.*, 2005).

Faunas menos similares estão associadas a grandes distâncias entre regiões (Jackson & Harvey, 1989). A conectividade entre os riachos da Amazônia Central, e conseqüentemente a dispersão de sua ictiofauna, pode estar associada ao efeito da distância entre esses ambientes, bem como por possíveis barreiras ecológicas (Mendonça *et al.*, 2005).

A conectividade influencia a estrutura de comunidades, taxas de migrações, viabilidade de metapopulações, a biodiversidade de ecótonos e ecossistemas, tanto terrestres quanto aquáticos (Metzger & Décamps, 1997; Fagan, 2002).

Em ambientes aquáticos, a importância da conectividade tem sido alvo de estudos em populações de peixes em recifes de corais, sendo de grande interesse avaliar os efeitos da distância sobre o processo de dispersão de ovos e larvas, influenciando assim a colonização, a manutenção e a sustentabilidade de comunidades em corais (Cowen *et al.*, 2006; Steneck, 2006). Em corpos d'água dulcícolas, estudos sobre a influência do pulso de inundação sobre a conexão entre grandes rios e os ecótonos marginais (lagos e florestas alagáveis) têm demonstrado o papel de migrações laterais periódicas na estruturação de comunidades e determinação da diversidade local (Ward *et al.*, 1999).

Grandes rios, como o Amazonas, podem representar barreiras ecológicas para muitas espécies de peixes. No entanto, condições ecológicas

nos riachos periféricos são muito semelhantes e podem permitir o compartilhamento de muitas espécies (Lowe-McConnell, 1999). Apesar disso, algumas espécies de peixes podem estar amplamente distribuídas em corpos d'água de diferentes ordens de grandeza, sendo que o tamanho diminuto de algumas não parece ser empecilho para a colonização de rios maiores. Nestes casos, características como o volume de água e vazão podem não afetar a presença de certas espécies, mas a ausência de habitats específicos ou características discrepantes na físico-química da água podem restringir a sua distribuição. Este é o caso de espécies presentes no rio Negro (Goulding *et al.*, 1988), e comuns em pequenos riachos tributários (Bührnheim 1999, 2002; Mendonça *et al.*, 2005; Anjos & Zuanon, 2007). Saint-Paul *et al.* (2000) constataram que 50% das espécies de peixes capturadas divergem entre lagos de água preta do Rio Negro, e águas brancas do rio Solimões, havendo também diferenças na riqueza e abundância das espécies.

Os riachos da Amazônia Central possuem características físico-químicas que os categorizam como corpos d'água de água preta (segundo a classificação de Goulding *et al.*, 2003), sendo que tais variáveis da água afetam a fisiologia e a bioquímica das espécies de peixes (Val *et al.*, 1996), de forma a influenciar sua dispersão e manutenção. O rio Amazonas, de águas brancas, pode funcionar como uma barreira química restringindo o deslocamento das espécies presentes nos riachos entre os sistemas de drenagem, afetando a similaridade entre a ictiofauna dos sistemas de drenagem que compõem a Amazônia Central.

Fatores históricos e biogeográficos podem influenciar a composição faunística de comunidades sobre distâncias longas, mas em assembleias na mesma unidade geológica, em uma estreita faixa latitudinal e em regiões de cobertura vegetal semelhantes, é possível supor que fatores ecológicos locais são mais importantes. No entanto, os estudos realizados até o momento em riachos amazônicos foram feitos em escalas pequenas demais para avaliar efeitos de barreiras regionais, como limites entre bacias e a presença de rios com características físico-químicas diferentes dos riachos, o que não permite avaliar esses efeitos na similaridade entre assembleias de peixes em meso-escala regional.

Neste trabalho, foram testadas as seguintes hipóteses: i) em meso-escala, fatores ambientais locais afetam a composição ictiofaunística de riachos; ii) há um efeito de distância sobre a similaridade faunística entre os riachos; iii) o rio Amazonas funciona como uma barreira química limitando a dispersão de espécies entre os riachos conectados a sistemas de drenagem adjacentes, de forma a influenciar a similaridade da composição ictiofaunística local na Amazônia Central.

## **Metodologia**

### *Área de estudo: a Amazônia Central*

Os sítios de amostragem estão situados na área conhecida como Amazônia Central, que compreende uma região de planície sedimentar situada próximo à confluência dos rios Solimões e Negro (Goulding *et al.*, 2003). Foram amostrados 90 riachos de 1ª e 2ª ordem, em diferentes sistemas de drenagem: rios Cuieiras, Tarumã, Puraquequara, Preto da Eva, Urubu, Uatumã e riachos da região do município de Iranduba (Figura 1).

A ordem dos riachos foi verificada utilizando a escala de Horton, modificado por Strahler (Petts, 1994), por meio de imagens de radar (SRTM), mapas de hidrografia e validação em campo. Esta classificação da ordem dos riachos foi utilizada para orientar a abordagem e localização dos pontos. Entretanto, as análises realizadas consideraram variáveis contínuas das dimensões dos corpos d'água, como largura, profundidade e vazão.

Com uma temperatura média anual de 26,7 °C, umidade relativa do ar em torno de 80% e média de pluviosidade anual próximo a 2300 mm, a região no entorno do município de Manaus se caracteriza por um clima úmido equatorial (Ribeiro *et al.*, 1999).

Baseado em mapas cartográficos digitais georreferenciados, disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), reunindo bases de

dados do projeto RADAMBRASIL e atualizados até o ano de 2006 (<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>), a Amazônia Central encontra-se situada sobre a formação geológica Alter do Chão e apresenta como vegetação predominante, a floresta ombrófila densa de terras baixas com dossel emergente.

As amostragens foram realizadas pontualmente entre abril de 2004 e junho de 2009. Considerando baixas taxas sazonais de substituição local de espécies nos riachos de terra-firme da Amazônia Central (cf. Bührnheim & Cox-Fernandes, 2001; Espírito-Santo *et al.*, 2009), e que tal período de tempo é extremamente curto para afetar o conjunto de espécies de peixes presentes na região, assumimos que a avaliação dos padrões regionais na composição das assembléias não deve ser afetada por pequenas variações sazonais relacionadas ao momento de realização das amostragens em cada local de coleta.

#### *Fatores ambientais locais*

Em cada ponto de coleta foram amostrados fatores estruturais dos riachos e parâmetros físico-químicos da água. A estrutura de cada riacho foi determinada mensurando-se: i) largura média do canal; ii) profundidade média; iii) profundidade máxima média; iv) velocidade média da corrente; v) vazão média; vi) tipos de substrato. A metodologia seguiu os protocolos descritos em Mendonça *et al.* (2005).

O tipo de substrato foi classificado em categorias: areia, seixos, rochas, argila, troncos, liteira, liteira fina, raízes, macrófitas, algas filamentosas e sedimentos ferruginosos. Nas análises dos dados, substratos com ocorrência em menos de 5% dos locais amostrados foram reunidos na categoria “outros substratos”.

O potencial hidrogeniônico (pH), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) foram mensurados com medidores digitais



portáteis (Marca Yelow Spring, modelos YSI63 e YSI55) na porção sub-superficial da coluna d'água.

#### *As distâncias entre os locais amostrados e suas relações com os sistemas de drenagem*

As medidas de distância hidrográfica entre os riachos, mensurada acompanhando o trajeto dos corpos d'água e as medidas de distância linear, medindo o menor caminho entre dois pontos, foram organizadas em matrizes de distância. Tais distâncias foram obtidas utilizando ferramentas de sensoriamento remoto (programa *ArcGis*, versão 9.3).

Para avaliar a correlação parcial entre sistema de drenagem e as distâncias entre os riachos sobre a composição ictiofaunística, foi gerado uma matriz onde se considerou a relação entre riachos dentro de um mesmo sistema de drenagem ("0") e entre riachos de sistemas de drenagem diferentes ("1").

#### *O rio Amazonas como possível barreira entre sistemas de drenagem na Amazônia Central*

Para determinar se o rio Amazonas funciona como uma barreira química restringindo o deslocamento das espécies presentes nos riachos dos diferentes sistemas de drenagem analisados, considerou-se para cada par de pontos se a conexão hidrográfica dos riachos passaria pelo rio Amazonas (categoria "1") ou não (categoria "0").

Neste trabalho, o rio Amazonas não foi considerado uma barreira física, uma vez que, com exceção dos riachos que drenam a região de Iranduba, todos os demais riachos estão localizados na margem esquerda do rio Negro/Amazonas.

### *Coleta de amostras da ictiofauna*

Os peixes foram coletados utilizando-se redes de cerco, puçás e peneiras. O esforço de coleta foi padronizado para todos os riachos por meio do número de coletores e tempo de coleta. Três coletores, durante 2 horas, exploraram todos os ambientes encontrados num trecho de 50 m. As extremidades dos trechos de amostragem foram previamente bloqueadas com redes de malha fina (5 mm entre nós opostos) para evitar a fuga dos peixes.

Como as coletas da ictiofauna foram realizadas uma única vez, em trechos relativamente pequenos e durante um curto período de amostragem, o impacto sobre as populações pode ser considerado insignificante (Espírito-Santo *et al.*, 2009). Os exemplares coletados foram mortos com uma dose letal de anestésico (cf. American Veterinary Medical Association, 2001), fixados em formalina (10%) e transportados para o laboratório. Após a triagem, os exemplares foram acondicionados em álcool 70% e depositados na coleção de peixes do INPA.

### *Análise dos dados*

Para reduzir a dimensionalidade dos dados, os locais de coleta foram ordenados baseados na variação da composição ictiofaunística por meio de um Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), em duas dimensões, de forma a abranger pelo menos 50% da variação original dos dados.

Ordenações foram realizadas considerando-se informações sobre abundância e presença/ausência de espécies. Dados quantitativos tendem a revelar principalmente os padrões baseados nas espécies mais comuns, que tendem a possuir grandes diferenças de abundância entre locais. Dados de presença/ausência tendem a dar mais peso para espécies pouco comuns, uma vez que espécies comuns tendem a ocorrer na maioria dos locais e contribuem

pouco para a análise de diferenças qualitativas. Em comparações entre locais distantes com poucas espécies em comum, dados qualitativos e quantitativos tendem a produzir resultados semelhantes.

As matrizes de dissimilaridade utilizadas nas ordenações tanto para dados quantitativos quanto qualitativos foram construídas utilizando o índice de Bray-Curtis, com os sítios previamente transformados por divisão pela soma – para dados de abundância – e transformados em dados binários (0 e 1) – para dados de presença e ausência. Para dados de presença ausência o índice Bray-Curtis é equivalente ao índice de Sørensen. As matrizes de dissimilaridades foram padronizadas pelo método de raiz quadrada ( $\sqrt{D}$ , sendo  $D$  os valores dispostos na matriz de Bray-Curtis). Tal método de padronização evita a presença de autovalores (*eigenvalues*) negativos e o efeito de arco na disposição dos pontos nos gráficos de MDS, sem alterar o stress da análise e reproduzindo adequadamente as informações contidas na ordenação (Legendre & Legendre, 1998).

Esta combinação de transformações, medidas de distância e técnicas de ordenação é considerada uma das melhores formas de descrever gradientes ecológicos baseados em dados de ocorrência de espécies (Kenkel & Orlóci, 1986, Faith *et al.*, 1987, Minchin, 1987; Legendre & Legendre, 1998).

As variáveis ambientais locais (largura média, profundidade média, profundidade máxima, velocidade da corrente, vazão média, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e tipos de substrato) foram inicialmente avaliadas por meio de análises de Correlação de Pearson. Para sumarizar os fatores ambientais e produzir variáveis preditivas independentes estatisticamente foi utilizado uma Análise de Componentes Principais (PCA).

As relações entre sistemas de drenagem, as variáveis ambientais locais (expressas pelos eixos da PCA) e a composição de espécies (expressa pelos eixos do NMDS) foram investigadas por meio de Análises Multivariadas da Variância - MANOVA. “Sistema de Drenagem” é uma variável composta que pode representar diferenças em características físico-químicas da água, diversidade de habitats, processos evolutivos ou de distúrbios regionais, bem como limitações de dispersão. Foi testado se há diferenças entre os fatores

ambientais locais e da comunidade entre os sistemas de drenagem. A variável categórica “sistema de drenagem” foi incluída juntamente com os eixos representando as variáveis ambientais locais em uma MANOVA para determinar se esses sistemas afetam a composição das ictiocenoses independente dos fatores locais.

Testes de Mantel e Mantel Parcial foram utilizados para relacionar as distâncias entre os sítios de amostragem (distância linear e distância hidrográfica) e as matrizes de dissimilaridades da ictiofauna. De forma semelhante, foi testado se possíveis diferenças faunísticas entre os sistemas de drenagem estavam correlacionadas com as distâncias entre os sítios.

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa R, versão 10.2 (R Development Core Team, 2009), pacote de análises *vegan* (Oksanen *et. al*, 2010).

## Resultados

### *Características ambientais locais dos riachos*

Os riachos estudados na Amazônia Central apresentaram águas ácidas (pH  $\bar{x}$  = 4,5, Amplitude = 3,8-5,6), com condutividade baixa ( $\bar{x}$  = 21,5  $\mu$ S/cm, Amplitude = 3,3-84,6), temperatura pouco variável ( $\bar{x}$  = 24,8°C, Amplitude = 23,0-27,5), predominantemente saturados em oxigênio ( $\bar{x}$  = 5,8 mg/l, Amplitude = 2,0-8,0). Os leitos foram recobertos principalmente por areia ( $\bar{x}$  = 36,0% Amplitude = 0,0-81,0%) e bancos de liteira ( $\bar{x}$  = 28,7% Amplitude = 0,0-47,0%).

Os três primeiros eixos da PCA sumarizaram 53% da variação dos fatores ambientais locais (Tabela 1). O primeiro componente acumulou 24% da variância dos fatores. Os maiores *loadings* (>0,35), deste componente foram associados com características estruturais dos riachos (vazão, largura e profundidade). O segundo componente, compreendendo 16% da variância, foi associado com fatores físico-químicos da água (pH e condutividade) e com

velocidade da correnteza. O terceiro componente, com 12% da variância, apresentou *loadings* maiores que 0,35 apenas para os substratos areia e liteira e para oxigênio dissolvido.

Os fatores ambientais locais (sumarizados pelos eixos da PCA) diferiram entre os Sistemas de Drenagem (MANOVA: Pillai Trace = 0,907,  $P < 0,0001$ ).

#### *A ictiofauna de riachos da Amazônia Central*

Foram capturados 7.776 peixes, pertencentes a 109 espécies, seis ordens e 23 famílias (Apêndice 1). Characiformes foi o grupo de maior riqueza e abundância, sendo que as 43 espécies pertencentes a esta ordem representaram 77% do número total de exemplares coletados. Os Siluriformes foram representados por 25 espécies, Perciformes por 16 e Gymnotiformes por 15 espécies. Cyprinodontiformes e Synbranchiformes contribuíram com sete e três espécies, respectivamente.

Cyprinodontiformes, representados principalmente por espécies do gênero *Rivulus* (Rivulidae), foi o segundo grupo mais abundante em número de exemplares (8%), seguido por Perciformes (6%), Siluriformes (4%) Gymnotiformes (4%) e Synbranchiformes (<1%).

*Pyrrhulina brevis* foi a espécie com a maior frequência de ocorrência e abundância nas capturas, sendo capturada em 82% dos riachos e perfazendo 18% do total de exemplares capturados. A seguir, as espécies com maiores frequências de ocorrência foram *Helogenes marmoratus* (capturada em 63% dos riachos), *Aequidens pallidus* (62% dos locais), *Hemigrammus* cf. *pretoensis* (55%), *Erythrinus erythrinus* (54%) e *Hyphessobrycon melazonatus* (46%).

As espécies mais abundantes nas capturas, após *P. brevis*, foram *Hyphessobrycon melazonatus* (11%, do número total de exemplares), *Copella nattereri* (9%), *Microcharacidium eleotrioides* (6%), *Hemigrammus* cf. *pretoensis* (6%), *Bryconops giacopinii* (5%) e *Aequidens pallidus* (3%).

O número médio de espécies capturadas por local amostrado foi de 10 espécies/riacho (Amplitude= 2-34). Entretanto, o número de espécies capturadas por local (Figura 2) variou entre os sistemas de drenagem. Um número maior de espécies foi capturado no sistema de drenagem do rio Cuieiras ( $\bar{X}=17$ , Amplitude= 5-34), sendo este sistema o que também apresentou a maior variância no número de espécies capturadas. Os riachos que drenam para o Rio Urubu apresentaram os menores números de espécies capturadas ( $\bar{X}=7$ , Amplitude= 2-18). Mesmo considerando a variância existente dentro de cada bacia, o número médio de espécies capturadas diferiu significativamente entre os sistemas de drenagem ( $F_{6,83}=6,1$ ,  $P < 0,0001$ ).

Sistemas de Drenagem localizados mais à Oeste, próximos à foz do rio Negro, apresentaram maior número de espécies (figura 3) do que aqueles localizados na porção Leste da área de estudo ( $r^2=0,06$ ,  $F_{1,88}=5,5$ ,  $P=0,02$ ).

A curva de rarefação calculada com base nos locais de amostragem (figura 4) não se aproximou da assíntota, porém mais de 100 espécies foram capturadas. A diferença entre o número médio de espécies amostrado em qualquer local (10) e o número mínimo de espécies na região (duas) indica uma alta diversidade beta, para segmentos de riacho de 50 m.

#### *Fatores ambientais locais e os sistemas de drenagem: influência sobre a similaridade entre as assembléias*

O NMDS em duas dimensões capturou grande parte da variação original das matrizes de dissimilaridade da composição faunística entre os riachos, tanto para dados quantitativos ( $r^2=0,74$ ), quanto para dados qualitativos ( $r^2=0,75$ ).

A composição da ictiofauna na região foi relacionada com os sistemas de drenagem, tanto considerando dados de abundância das espécies (MANOVA: Pillai Trace = 0,745,  $P < 0,0001$ ), quanto para dados de presença e ausência (MANOVA: Pillai Trace = 0,834,  $P < 0,0001$ ).

Quando a variável Sistema de Drenagem foi incluída conjuntamente com os fatores ambientais locais (eixos da PCA), o efeito do sistema de drenagem sobre a composição ictiofaunística permaneceu, tanto para análises baseadas em dados quantitativos (MANOVA: Pillai Trace = 0,802,  $P < 0,0001$ ), como qualitativos (MANOVA: Pillai Trace = 0,829,  $P < 0,0001$ ). Isso indica que as diferenças na ictiofauna entre as drenagens não decorrem somente das diferenças físico-químicas entre os riachos.

Houve grande sobreposição entre sítios de amostragem de bacias diferentes no espaço multidimensional representando as análises de composição da ictiofauna de riachos, para dados quantitativos e qualitativos (figura 5). No entanto, bacias individuais tenderam a ocupar espaços multidimensionais diferentes, ambos para dados quantitativos (figura 6) e qualitativos (figura 7).

O primeiro eixo da PCA, que foi associado principalmente com características estruturais dos riachos, foi significativamente relacionado com a composição ictiofaunística, tanto para dados quantitativos (MANOVA: Pillai Trace = 0,736,  $P < 0,0001$ ), quanto qualitativos (MANOVA: Pillai Trace = 0,700,  $P < 0,0001$ ), independentemente das diferenças entre bacias.

O segundo eixo da PCA, associado principalmente com características físico-químicas da água, também foi significativamente relacionado com a composição das assembleias de peixes, tanto para os dados de abundância quanto para de presença/ausência (MANOVA: Pillai Trace = 0,121,  $P = 0,006$ ; MANOVA: Pillai Trace = 0,077,  $P = 0,04$ , respectivamente) independentemente das diferenças entre bacias.

O terceiro eixo da PCA, associado principalmente com os substratos mais abundantes dos riachos (areia e liteira), também exibiu relação significativa com a composição da ictiofauna independentemente das diferenças entre bacias (dados quantitativos - MANOVA: Pillai Trace = 0,347,  $P < 0,0001$ ; dados qualitativos - MANOVA: Pillai Trace = 0,181,  $P < 0,0001$ ).

*Efeitos de distância hidrográfica e distância linear sobre a composição ictiofaunística*

A dissimilaridade entre as assembléias de peixes foi positivamente correlacionada com a distância hidrográfica entre os riachos, para dados de abundância (Mantel:  $r = 0,257$ ,  $P < 0,0001$ ) e de presença/ausência das espécies (Mantel:  $r = 0,298$ ,  $P < 0,0001$ ). De forma semelhante, a distância linear estava positivamente correlacionada com a composição das amostras nos sítios (Mantel: dados quantitativos -  $r = 0,305$ ,  $P < 0,0001$ ; dados qualitativos -  $r = 0,333$ ,  $P < 0,0001$ ).

No entanto, a correlação parcial das matrizes de distância indicou pouco efeito da distância hidrográfica sobre a composição ictiofaunística quando considerado o efeito da distância linear, para dados de abundância (Mantel Parcial:  $r = 0,066$ ,  $P = 0,106$ ) ou para dados de presença/ausência das espécies (Mantel Parcial:  $r = 0,098$ ,  $P = 0,046$ ). Em uma análise inversa, a correlação parcial das matrizes de distância indicou que, independente da distância hidrográfica, a composição ictiofaunística dos riachos foi correlacionado com a distância linear entre os riachos, tanto para dados quantitativos (Mantel Parcial:  $r = 0,181$ ,  $P = 0,0002$ ) quanto qualitativos (Mantel Parcial:  $r = 0,184$ ,  $P = 0,001$ ).

Gráficos de NMDS com comparações par-a-par entre os sistemas de drenagem evidenciam que riachos com menores distâncias entre si possuem composição e estrutura faunística mais semelhantes, mesmo estando localizados em sistemas diferentes (figura 8). A correlação parcial entre sistemas de drenagem e distâncias lineares indicou que, independente do sistema de drenagem, a composição ictiofaunística dos riachos foi correlacionada com a distância linear entre os riachos, tanto para dados quantitativos (Mantel Parcial:  $r = 0,168$ ,  $P = 0,0006$ ) quanto qualitativos (Mantel Parcial:  $r = 0,229$ ,  $P < 0,0001$ ). A correlação parcial inversa, entre sistema de drenagem e distância hidrográfica, indicou que, independente do sistema de drenagem, a composição ictiofaunística dos riachos foi correlacionada com a distância hidrográfica entre os riachos para dados qualitativos (Mantel Parcial:  $r$



= 0,159,  $P = 0,005$ ), mas não para dados quantitativos (Mantel Parcial:  $r = 0,067$ ,  $P = 0,094$ ).

A correlação parcial das matrizes de distância indicou que, independente da distância hidrográfica, a composição ictiofaunística dos riachos foi relacionada com o sistema de drenagem (Mantel Parcial: dados quantitativos -  $r = 0,282$ ,  $P < 0,0001$ ; dados qualitativos -  $r = 0,182$ ,  $P < 0,0001$ ). A composição ictiofaunística dos riachos também foi relacionada com o sistema de drenagem, independente da distância linear entre os sítios de amostragem (Mantel Parcial: dados quantitativos -  $r = 0,273$ ,  $P < 0,0001$ ; dados qualitativos -  $r = 0,191$ ,  $P < 0,0001$ ).

#### Efeito de barreira do rio Amazonas nas assembléias de peixes

As matrizes de dissimilaridade entre as assembléias de peixes estiveram relacionadas com barreira do rio Amazonas, tanto para dados de abundância (Mantel:  $r = 0,258$ ,  $P < 0,0001$ ), quanto de presença e ausência (Mantel:  $r = 0,245$ ,  $P < 0,0001$ ).

A correlação parcial da matriz representando a barreira do rio Amazonas com distância hidrográfica indicou que, independente dessa distância, a composição ictiofaunística dos riachos foi relacionada com a barreira do rio Amazonas, para dados quantitativos (Mantel Parcial:  $r = 0,119$ ,  $P = 0,0057$ ). Entretanto, para dados qualitativos, não houve relação entre a composição ictiofaunística com barreira do rio Amazonas independentemente da distância hidrográfica (Mantel Parcial:  $r = 0,063$ ,  $P = 0,096$ ).

A correlação parcial da matriz de barreira do rio Amazonas com distância linear indicou que, independente dessa distância, a composição ictiofaunística dos riachos foi relacionada com barreira do rio Amazonas (Mantel Parcial: dados quantitativos -  $r = 0,129$ ,  $P = 0,0005$ ; dados qualitativos -  $r = 0,097$ ,  $P = 0,0071$ ).

Em conjunto, estes dados indicam que o rio Amazonas funciona como uma barreira, provavelmente química, entre as bacias hidrográficas pequenas.

## **Discussão**

### *A ictiofauna de riachos da Amazônia Central e sua interação com fatores ambientais locais*

O número médio de espécies capturadas por riacho foi muito menor que o número registrado para coletas na região, indicando que as assembléias de peixes não estão saturadas. Fatores ambientais e interações como predação e competição podem limitar quantas espécies existem localmente (Hoeinghaus *et al.*, 2007). Na Amazônia Central, apesar da diversidade alfa relativamente baixa (em média, dez espécies por riacho), constata-se uma alta diversidade beta (pelo menos 109 espécies), sendo que a rarefação indica um número muito maior. Tais resultados corroboram estudos anteriores, sobre a riqueza local de espécies de peixes em riachos da Amazônia Central, feitas em escalas menores (Bührnheim 1999, 2002; Mendonça *et al.*, 2005; Espírito-Santo *et al.*, 2009).

Fatores estruturais que condicionam o tamanho dos riachos, como largura e profundidade, aliados ao volume de água e sua correnteza, influenciam na composição ictiofaunística de forma a ocorrer substituições e adições de espécies conforme os riachos da região se tornam maiores (Mendonça *et al.*, 2005). Áreas de poções e corredeiras aliados a presença e abundância dos diferentes substratos que cobrem os leitos dos riachos geram micro-habitats que influenciam na colonização, abundância e manutenção das espécies de peixes.

Espécies onívoras–insetívoras dominam a composição das assembléias de peixes, sendo espécies da ordem Characiformes o grupo predominante. Devido à baixa produção primária decorrente da água pobre em nutrientes e do denso dossel que impede a entrada de luz, espécies perifitívoras são pouco

abundantes, quadro que só se modifica em ambientes alterados pelo desmatamento (e.g. Bojsen & Barriga, 2002). Ambientes lóticos e com altas taxas de oxigênio, os riachos da região apresentam características ideais para a colonização de espécies reofílicas. Associado a ambientes de corredeira, forrageando sobre pequenas raízes e bancos de folhiços, *Microcharacidium eleotrioides* (Crenuchidae) é uma espécie comum nos riachos de cabeceira da Amazônia Central, assim como outras espécies de Characidiinae (Zuanon *et al.*, 2006a,b). Espécies de meia água e superfície como *Hyphessobrycon melazonatus*, *Hemigrammus cf. pretoensis* e *Bryconops giacopinii*, atacam rapidamente qualquer possível alimento que cai da vegetação alóctone. Nas áreas de remanso, associadas principalmente a áreas marginais e poças temporárias (como observou Pazin *et al.*, 2006), vivem espécies como *Pyrrhulina brevis* e *Copella nattereri* (Lebiasinidae), sempre próximas a locais de refúgio. Próximos ao leito, nas áreas de poções e margens, são comuns ciclídeos como *Aequidens pallidus* e as espécies de *Apistogramma*, sendo tais ambientes importantes para alimentação, nidificação e abrigo para essas e outras espécies de peixes (Bührnheim, 2002; Rodrigues *et al.*, 2009).

A composição da ictiofauna esteve relacionada com os substratos presentes no canal dos riachos. De fato, espécies psamófilas possuem uma alta relação de dependência com áreas de areia, sendo que condições específicas de granulometria, formação de pequenas áreas de remanso, geram micro-habitats que favorecem espécies como *Characidium aff. pteroides*, *Imparfinis pristis*, *Pygidianops* sp. n., *Mastiglanis asopos* e *Gymnorhamphichthys petiti* (Zuanon *et al.*, 2006a). Tais espécies podem ocorrer em riachos de 1ª e 2ª ordem, mas são mais comuns em riachos de 3ª e 4ª ordem, devido provavelmente a condições de maior correnteza e conseqüente melhor oxigenação e menor compactação da areia, podendo ter também relação com uma maior abertura de dossel (L. Carvalho, dados não publicados).

Associados à liteira (folhiço), ocorrem principalmente Siluriformes e Gymnotiformes, espécies de hábitos predominantemente noturnos que utilizam os bancos de folhas como abrigo durante o dia. Algumas espécies evoluíram características de camuflagem e comportamento que as tornam crípticas em

tais ambientes (Sazima *et al.*, 2006). São comuns a estes ambientes os bagres *Helogenes marmoratus*, *Brachyglanis microphthalmus*, *Gladioglanis conquistador*, e espécies dos gêneros *Nemuroglanis* e *Scoloplax*. Espécies de Gymnotiformes como *Steatogenes duidae* e *Gymnotus coropinae* são comuns nos bancos de folhiço. Os demais Gymnotiformes (com exceção das espécies de *Gymnorhamphichthys*) ocorrem tanto em bancos de folhiço e raízes como em abrigos junto aos barrancos dos igarapés.

Estudos sobre taxonomia e filogenia fazem-se necessários para a maioria dos grupos de peixes presentes em riachos, sendo que muitos táxons amazônicos apresentam-se mal resolvidos ou incluem espécies de difícil identificação, como o caso dos gêneros *Rivulus*, *Gymnotus*, *Synbranchus* e *Apistogramma*. Constata-se também, devido à ampla distribuição e diferenças morfológicas e genéticas entre populações, a existência de possíveis complexos de espécies crípticas, como no caso de espécies de *Characidium* próximas a *C. pteroides*, as espécies nominais *Pyrrhulina brevis*, *Hypopygus lepturus*, *Microsternarchus bilineatus*, entre outras. Para que se compreenda a biogeografia de espécies de riacho se faz necessário o uso de informações sobre a sua filogenia, sendo que a carência destas informações tem limitado o desenvolvimento de trabalhos nesta área (Buckup, 1999). Apesar disso, estudos sobre a estrutura de comunidades e assembléias têm sido promissores para gerar hipóteses quanto às relações da distribuição de espécies com eventos de vicariância associados a fatores ambientais.

*O efeito de distância, capturas de drenagem e mudanças nos cursos de rios sobre a composição faunística.*

Fatores ambientais de cada riacho e interações entre as assembléias influenciam a distribuição de espécies principalmente em escala local, enquanto fatores regionais e biogeográficos afetam hierarquicamente a distribuição em meso e macro escalas (Jackson & Harvey, 1989; Matthews, 1998; Johnson *et al.*, 2007). O modelo hierárquico (Allen & Starr, 1982) prediz

que variáveis físicas e biológicas em pequena escala são sobrepostas por outras variáveis em escala espacial maior.

Foi constatado que fatores ambientais locais diferem entre os sistemas de drenagem. Considerando que a Amazônia Central está sobre uma mesma formação geológica (Alter do Chão) e, com exceção das calhas dos rios maiores que apresentam uma vegetação adaptada ao pulso de inundação, a vegetação ombrófila densa predomina nos locais amostrados, as características locais dos riachos podem estar relacionadas a diferenças topográficas entre os sistemas de drenagem, como sugerido por Mendonça *et al.* (2005). Entretanto, outros fatores independentes das características estruturais dos riachos e da físico-química da água, também influenciam nas diferenças na composição das espécies entre os sistemas de drenagem, como verificado para a distância entre os riachos amostrados.

Quanto maior a distância (tanto hidrográfica quanto linear), menor foi a similaridade observada entre as ictiocenoses dos sistemas de drenagem. O efeito das distâncias sobre as similaridades faunísticas entre os sistemas de drenagem pode estar correlacionado com restrições para dispersão das espécies. Limitações da dispersão por barreiras ecológicas, aliadas a maiores distâncias hidrográficas entre os sistemas, podem interferir na similaridade das ictiocenoses de pequenos riachos de cabeceiras.

Processos de captura de drenagens podem explicar semelhanças entre riachos de sistemas de drenagens vizinhos, onde há menores distâncias lineares em relação às distâncias hidrográficas. Mudanças repentinas dos cursos dos rios deixam expressivos registros no relevo, como o paleocanal situado a montante do rio Tarumã-Mirim, noroeste de Manaus. As cabeceiras do rio Cuieiras e o rio Tarumã-Mirim formavam um único canal que desembocava próximo a Manaus (Amaral *et al.*, 2009). Em decorrência de uma falha tectônica, o rio Tarumã Mirim teve parte de seu curso desviado em direção ao rio Negro, formando o rio Cuieiras e deixando assim um paleocanal registrado na paisagem. O rio Tarumã-Mirim, por sua vez, tornou-se bem mais curto. Tais alterações podem ter aumentado a área de drenagem do rio Cuieiras e permitido um melhor acesso de espécies colonizadoras provenientes

do rio Negro, o que poderia explicar a alta diversidade beta deste sistema de drenagem em relação aos demais conjuntos de riachos estudados.

Captura de drenagem também pode ter ocorrido entre os rios Urubu e Uatumã. Riachos que drenam a margem direita do rio Uatumã, apresentam alta similaridade de espécies com os riachos do rio Urubu, justamente na área de interflúvio entre os dois rios, onde há uma pequena distância linear entre os sítios. Salvo algumas espécies colonizadoras que possuem adaptações para fazer pequenas migrações por sobre solos úmidos (como *Erythrinus erythrinus*, espécies de *Rivulus*, *Synbranchus* e *Gymnotus*), platôs entre os riachos funcionam como barreiras físicas para a dispersão de espécies. Considerando a distância hidrográfica entre os riachos tributários destes dois sistemas de drenagem, associada à barreira ecológica gerada pelo rio Amazonas, não deveria ser esperada uma alta similaridade entre a ictiofauna destes sítios. Assim, fenômenos geológicos em escala regional podem ter sido responsáveis pelo estabelecimento das relações de similaridade ictiofaunística observados atualmente entre esses sistemas de drenagem.

Além de processos de captura de drenagem, alterações nos cursos de rios maiores podem também influenciar a distribuição de espécies de peixes. Segundo Silva *et al.* (2007), a região entre Iranduba e Manacapuru, compreende o antigo leito do rio Negro. A presença de uma grande camada argilosa entre Iranduba e Manacapuru, com cerca de 60 metros de espessura, comprovam o antigo curso desse rio, demonstrando que o encontro das águas entre os rios Negro e Solimões já esteve localizado cerca de 50 km à montante da atual posição. Após o preenchimento sedimentar nessa área de confluência fluvial, o rio Negro teve seu desvio em direção à posição onde hoje se encontra a cidade de Manaus, motivado por zonas de falhas geológicas orientadas no sentido leste-oeste. Tal alteração de curso separou a região de Iranduba, fazendo com que esta se localize atualmente em margem oposta aos demais sistemas de drenagem.

De fato, a região de Iranduba, apesar de estar em margem oposta do rio Negro e com a maior distância em relação aos demais sistemas de drenagem, apresentou alta similaridade ictiofaunística com as demais. Esta alteração do

curso do rio Negro pode justificar a presença de *Rivulus kirovskyi* em Iranduba, espécie descrita para a Amazônia Central e que até o momento era tida como restrita ao sistema de drenagem do rio Tarumã, na margem esquerda do rio Negro (Costa, 2004; Hrbek, 2004).

*Influência do Rio Amazonas na dispersão da ictiofauna de riachos da calha norte.*

Mendonça *et al.* (2005) indicou que as diferenças entre a físico-química da água entre o rio Negro e os riachos da região, tipicamente de água preta, e o rio Amazonas, com suas águas contendo altas taxas de partículas em suspensão, e conseqüentemente, alta condutividade, poderiam constituir um fator limitante na dispersão de espécies. Os dados de 90 riachos em sete diferentes sistemas de drenagem, apóiam esta interpretação.

Corpos d'água de água preta, com pH em torno de 4,5 e baixa condutividade contrastam com rios de água branca, com pH próximo a 7.0 e altas taxas de sedimento (Junk, 1983; Junk & Furch, 1985; Goulding *et al.*, 2003). A ictiofauna dos rios de amazônicos de águas pretas tem adaptações fisiológicas que permitem sobreviver sob extremas condições de acidez da água e baixas concentrações iônicas. A concentração de sais minerais na água atua sobre a regulação osmótica dos peixes (perda ou ganho de água e na troca de íons entre o ambiente e o organismo, principalmente  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ ), sendo a acidez da água de influência vital sobre tais processos regulatórios (González, 1996), o que significa que discrepâncias químicas entre corpos d'água interconectados podem constituir barreiras efetivas para certas espécies de peixes (Goulding *et al.*, 1988), restringindo a distribuição de algumas espécies a certos tipos de água (cf. Winemiller *et al.*, 2008). Portanto, as adaptações dos peixes a águas ácidas podem limitar a dispersão das espécies através de rios de água branca.

Existem diferenças marcantes e excludentes entre as faunas de Characiformes dos rios Negro e Amazonas, e Hubert e Renno (2006) oferecem

evidências que o canal principal do rio Amazonas limita a dispersão de espécies entre seus tributários. Neste estudo, sistemas de drenagem localizados mais a Oeste apresentaram maior riqueza de espécies do que aqueles localizados a Leste. Possivelmente, a proximidade com a foz do rio Negro possibilita que um maior número de espécies esteja disponível para colonizar os riachos conectados diretamente a essa drenagem. Quase todas as espécies capturadas neste estudo são comuns na bacia do Rio Negro (Goulding *et al.*, 1988), sendo as demais aparentemente restritas à Amazônia Central. O rio Amazonas aparentemente limita a dispersão por dentro da água, sendo possivelmente a razão para que o número de espécies diminua gradativamente com a distância da fonte de dispersão de espécies (Rio Negro).

Apesar disso, algumas espécies de distribuição restrita podem ter colonizado a região anteriormente a períodos onde o rio Amazonas se tornou uma barreira para a distribuição de espécies. É o caso de *Tucanoichthys tucano*, espécie considerada endêmica da região do alto rio Negro e conhecida apenas do trabalho de descrição da espécie (Géry & Römer, 1997). Na Amazônia Central tal espécie foi capturada em riachos tributários do rio Uatumã, o que indica a existência de conexões pretéritas entre esses sistemas. Alternativamente, é possível que a distribuição original da espécie tenha sido mais ampla em riachos da margem esquerda do rio Negro, e extinções tenham gerado o padrão de distribuição disjunta existente atualmente.

Magnusson (2001) e Saunders *et al.* (2002) salientaram a necessidade de considerar bacias hidrográficas como unidades básicas em tomadas de decisões quanto a criação de unidades de conservação. Na Amazônia Central, a criação de unidades de conservação e processos de zoneamento ecológico devem considerar as diferenças entre os sistemas de drenagem que compõem a região, considerando inclusive as características estruturais e físico-químicas da água dos riachos de cabeceira, bem como as peculiaridades da fauna aquática devido a fatores regionais e históricos (como capturas de drenagem e a presença de barreiras de dispersão). O efeito da fragmentação florestal sobre comunidades biológicas, tanto terrestres quanto aquáticas, e o tamanho mínimo de uma unidade de conservação capaz de sustentar e manter



metapopulações viáveis deve ser enfatizado em políticas públicas de conservação da Amazônia.

## **Agradecimentos**

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), à FAPEAM e à Fundação O Boticário (financiamento concedido ao projeto “Igarapés” – [www.igarapes.bio.br](http://www.igarapes.bio.br)) pelo suporte financeiro durante as amostragens. Ao IBAMA pelas licenças de coleta de fauna, ao Inpa (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) pela infra-estrutura, ao Programa de Pós-graduação em Ecologia (Inpa) e aos revisores deste manuscrito. Os autores recebem bolsas de produtividade (W.E.M. e J.A.S.Z.) concedidas pelo CNPq.

## **Referências Bibliográficas**

- Allan, J. D., Castilho M. M. (2007) *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. 436p. Springer, Netherlands.
- Allen, T. F. H. & Starr, T. B., 1982. *Hierarchy: Perspectives for ecological complexity*. 310pp. University of Chicago Press, Chicago.
- Amaral, F. R., Silva, C. L., Maia, T. F. A., Val, P. F. A., Ribeiro, O. L. & Morales, N. (2009) Controle neotectônico no paleocanal do Tarumã-Mirim, noroeste de Manaus (AM). In: *Anais do XII Simpósio Nacional de Estudo Tectônico*. 56p. SBG, Ouro Preto, MG.
- American Veterinary Medical Association (2001) Report of the AVMA Panel on Euthanasia. *JAVMA*, **218**, 669-696pp.
- Anderson, A. A., Hubbs, C., Winemiller K. O. & Edwards R. J. (1995) Texas freshwater fish assemblages following three decades of environmental change. *The Southwestern Naturalist*, **40**, 314-321pp.

- Angermeier, P. L. & Karr, J. R. (1984) Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes*. (ed. por T. M. Zaret). Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Netherlands.
- Angermeier, P. L. & Winston., R. M. (1998) Local vs. Regional influences on local diversity in stream fish communities of Virginia. *Ecology*, **79**, 911-927pp.
- 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**, 45-52pp.
- Bierregaard, R. O. Jr. (1989) Conservation of tropical rainforests: Facing a fragmented future. *Proc. Regional Meeting American Association of Zoological Parks and Aquariums*, 4-12pp.
- Bierregaard, R. O. Jr., Lovejoy, T. E., Kapos, V., Santos, A. A. & Hutchings, R. W. (1992) The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience*, **42**, 859-866pp.
- Birnbaum, J. S., Winemiller, K. O., Shen L., Munster C. L., Wilcox, B. P. & Wilkins, R. N. (2007) Associations of watershed vegetation and environmental variables with fish and crayfish assemblages in headwater streams of the pedernales river, Texas. *River Research And Applications*, **23**, 979–996pp.
- Bojsen, B. H. & Barriga, R. (2002). Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, **47**, 2246–2260pp.
- Buckup, P. A. (1999) Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. pp. 91-138. *Ecologia de peixes de riachos*. (Ed. por E. P. Caramaschi, R. Mazzoni, P. R. Peres-Neto). Série Oecologia Brasiliensis, PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

- Bührnheim, C. M. (1999) Habitat abundance patterns of fish communities in three Amazonian rainforest streams. *Biology of Tropical Fishes*. (ed. por A. L. VAL, V. M. ALMEIDA-VAL). 63-74 pp. INPA, Manaus, AM.
- Bührnheim, C. M. (2002). Heterogeneidade de habitats: rasos x fundos em assembléias de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, **19**, 889-905pp.
- Bührnheim, C. M. & Cox-Fernandes, C. (2001). Low seasonal variation of fish assemblages in Amazonian rain forest streams. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, **12**, 65-78pp.
- Carvalho, L. N., Zuanon, J. & Sazima, I. (2006) The almost invisible league: crypsis and association between minute fishes and shrimps as a possible defence against visually hunting predators. *Neotropical Ichthyology*, **4**, 219-224pp.
- Costa. W. J. E. M. (2004). *Rivulus kirovskyi*, a new killifish from the central Amazon, Brazil (Cyprinodontiformes: Rivulidae). *Neotropical Ichthyology*, **2**, 9-12pp.
- Cowen, R. K., Paris, C. B. & Srinivasan, A. (2006) Scaling of Connectivity in Marine Populations. *Science*, **311**, 522-527pp.
- Dias, M. S., Magnusson, W. E. & Zuanon, J. (2010). Effects of Reduced-Impact Logging on Fish Assemblages in Central Amazonia. *Conservation Biology*, **24**, 278-286pp.
- Espírito-Santo, H. M. V., Magnusson, W. E., Zuanon, J., Mendonça, F. P. & Landeiro, V. L. (2009) Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, **54**, 536–548pp.
- Fagan, W. F. (2002) Connectivity, fragmentation, and extinction risk in dendritic metapopulations. *Ecology*, **83**, 3243–3249pp.

- Faith, D. P., Minchin, P. R. & Belbin, L. (1987) Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance: a theoretical model and computer simulations. *Vegetatio*, **69**, 57-68pp.
- Géry, J. & Römer, U. (1997) *Tucanoichthys tucano* gen. n. sp. n., a new miniature characid fish (Teleostei: Characiformes: Characidae) from rio Uaupès basin in Brasil. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, **2**, 65-72pp.
- González, R. J. (1996). Ion regulation in ion poor waters of low pH. *Physiology and Biochemistry of the fishes of the Amazon*. (ed. por A. L. VAL, V. M. F. ALMEIDA-VAL, D. J. RANDALL). 420p. INPA. Manaus, AM.
- Gotelli, N. J. & Taylor, C. M. (1999). Testing metapopulation models with stream-fish assemblages. *Evolutionary Ecology Research*, **1**, 835–845pp.
- Goulding, M., Barthem, R. & Ferreira, E. (2003) *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Books, Washington , U.S.A..
- Goulding, M., Carvalho, M. L. & Ferreira, E. G. (1988). *Rio Negro, rich life in poor water*. SPB Academic, The Hague, Hague, Netherlands.
- Hrbek, T., Deus, C. P. & Farias, I. P. (2004). *Rivulus duckensis* (Teleostei; Cyprinodontiformes): New species from the Tarumã basin of Manaus, Amazonas, Brazil and its relationship to other Neotropical Rivulidae. *Copeia*, **3**, 569-576pp.
- Hoeninghaus, D. J., Layman, C. A., Arrington, D. A. & Winemiller, K. O. (2003) Spatiotemporal variation in fish assemblage structure in tropical floodplain creeks. *Environmental Biology of Fishes*, **67**, 379–387pp.
- Hoeninghaus, D. J., Winemiller, K. O. & Birnbaum, J. S. (2007) Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups. *Journal of Biogeography*, **34**, 324-338pp.
- Hubert, N. & Renno, J. F. (2006) Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, **33**, 1414-1436pp.

- Jackson, D. A. & Harvey, H. H. (1989) Biogeographic associations in fish assemblages: local vs. regional processes. *Ecology*, **70**, 1472-1484pp.
- Johnson, R. K., Furse, M. T., Hering, D. & Sandin, L. (2007) Ecological relationships between stream communities and spatial scale: implications for designing catchment-level monitoring programmes. *Freshwater Biology*, **52**, 939-958pp.
- Junk, W. J. (1983) As águas da Região Amazônica. *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. (Ed. por E. Salati, H. O. R. Schubart, W. J. E. Junk, A. E. Oliveira). 328p. CNPq/Brasiliense, São Paulo, SP.
- Junk, W. J. & Furch, K. (1985). The Physical and Chemical Properties of Amazonian Waters and their Relationship with the Biota. *Key environments: Amazonia*. (ed. por J. E. Treherne). Pergamon, Oxford, England.
- Kenkel, N. C. & Orłóci, L. (1986) Applying metric and nonmetric multidimensional scaling to ecological studies: some new results. *Ecology*, **67**, 919-928pp.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998). *Numerical ecology*. 853 p. **2ed**. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Lowe-McConnell, R. H. (1999) *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. 366 p. EDUSP, São Paulo, SP.
- Magnusson, W. E. (2001) Catchments as basic units of management in conservation biology courses. *Conservation Biology*, **15**, 1464-1465pp.
- Malmqvist B. & Rundle S. (2002) Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, **29**, 134-153pp.
- Martin-Smith, K. M. (1998) Relationships between fishes and habitat in rainforest streams in Sabah, Malaysia. *Journal of Fish Biology*, **52**, 458-482pp.

- Matthews, W. J. (1998). *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. 1-28pp. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. USA.
- Mendonça, F. P., Magnusson, W. E. & Zuanon, J. (2005) Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia. *Copeia*, **4**, 750-763pp.
- Metzger, J.-P., Décamps, H. (1997) The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Æcologica*, **18**, 1-12pp.
- Minchin, P. R. (1987) Simulation of multidimensional community patterns: toward a comprehensive model. *Vegetatio*, **71**, 145-156pp.
- Mojica, J. I., Castellanos, C. & Lobón-Cerviá, J. (2009). High temporal species turnover enhances the complexity of fish assemblages in Amazonian *Terra firme* streams. *Ecology of Freshwater Fish*, **18**, 520–526pp.
- Moyle, P. B. & Vondracek B. (1985) Persistence and structure of the fish assemblage in a small California streams. *Ecology*, **66**, 1–13pp.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'hara, R. G., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. (2010) vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pazin, V. F. V., Magnusson, W. E., Zuanon J. & Mendonça, F. P. (2006) Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology*, **51**, 1025-1037pp.
- R Development Core Team (2009) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ribeiro, J. E. L. Da S., Hopkins, M. J. G., Vicentini, A., Sothers, C. A., Costa, M. A. Da S., De Brito, De Souza, J. M., M. A. D., Martins, L. H. P., Lohmann, L. G., Assunção, P. A. C. L., Pereira, E. Da C., Da Silva, C. F., Mesquita M. & Procópio, L. C.. (1999) *Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das*

*Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra Firme na Amazônia Central.*  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Brazil.

- Ribeiro, O. M. & Zuanon, J. (2006) Comparação da eficiência de dois métodos de coleta de peixes em igarapés de terra firme da Amazônia Central (Comparison of the efficiency of two fish collecting methods in small forest streams in Central Amazon). *Acta Amazonica*, **36**, 389-394pp.
- Rodrigues, R. R., Carvalho, L. N., Zuanon, J. & Del-Claro, K. (2009). Color changing and behavioral context in the Amazonian Dwarf Cichlid *Apistogramma hippolytae* (Perciformes). *Neotropical Ichthyology*, **7**, 641-646pp.
- Sabino, J. & Zuanon, J. (1998) A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, **8**, 201-210pp.
- Saint-Paul, U., Zuanon, J., Correa, M. A. V., García, M., Fabr e, N. N., Bergera U. & Junk, W. J. (2000) Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, **57**, 235–250pp.
- Saunders, D. L., Meeuwing, J. J. & Vincent A. C. J. (2002) Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology*, **16**, 30-41pp.
- Sazima, I., Carvalho, L. N., Mendonça, F. P. & Zuanon, J. (2006) Fallen leaves on the water-bed: diurnal camouflage of three night active fish species in an Amazonian streamlet. *Neotropical Ichthyology*, **4**, 119-122pp.
- Silva C.L., Morales, N., Cr sta, A.P., Costa, S.S. & Jimenez-Rueda, J. R. (2007) Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentary processes of the western Amazon basin: an approach using satellite images and digital elevation model". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **79**, 693-711pp.
- Silva, C. P. D. (1993) Alimentação e distribuição espacial de algumas espécies de peixes do igarapé do Candir , Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, **23**, 271-285pp.

- Silva, C. P. D. (1995) Community structure of fish in urban and natural streams in the Central Amazon. *Amazoniana*, **13**, 221-236pp.
- Silva, E. N. S. & Silva, C. P. D. (1993) A expansão de Manaus como exemplo do processo de extinção de igarapés. *Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*. (Ed. por E. J. G. Ferreira, G. M. Santos, E. L. M. Leão, L. A. Oliveira). INPA, Manaus, AM.
- Steneck, R. S. (2006) Staying Connected in a Turbulent World. *Science*, **311**, 480-481pp.
- Val, A. L., Almeida-Val, V. M. F. & Randall D. J. (1996) *Physiology and Biochemistry of the fishes of the Amazon*. 420p. INPA, Manaus, AM.
- Ward, J.V., Tockner, K. & Schiemer, F. (1999). Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management*, **15**, 125-139pp.
- Zuanon, J., Bockmann, F. A. & Sazima, I. (2006a). A remarkable sand-dwelling fish assemblage from central Amazonia, with comments on the evolution of psammophily in South American freshwater fishes. *Neotropical Ichthyology*, **4**, 107-118pp.
- Zuanon, J., Carvalho, L. N. & Sazima, I. (2006b). A chamaleon characin: the plant-clinging and colour-charging *Ammocryptocharax elegans* (Characidiinae: Crenuchidae) *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, **17**, 225-232pp.

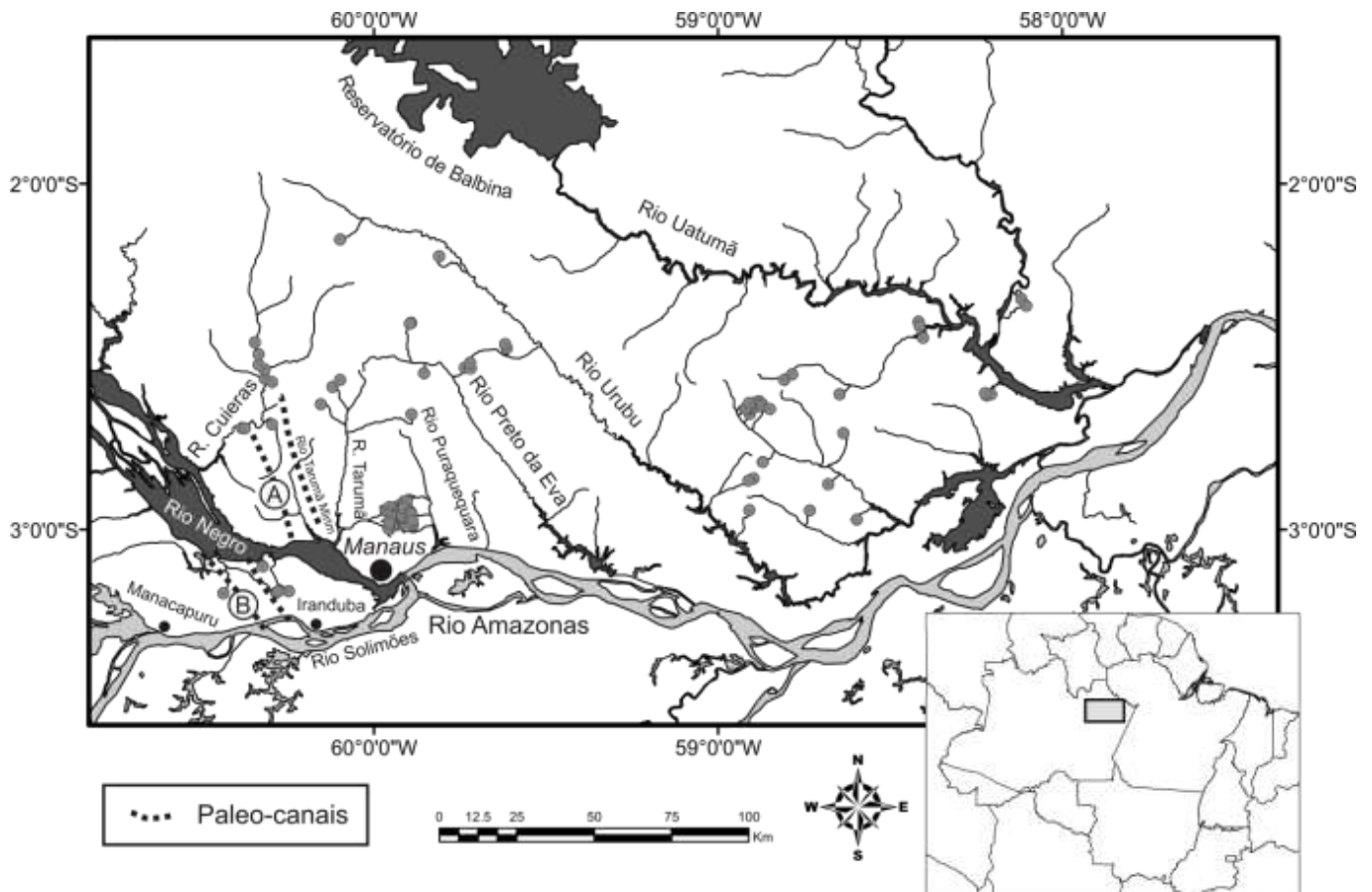


## Tabelas

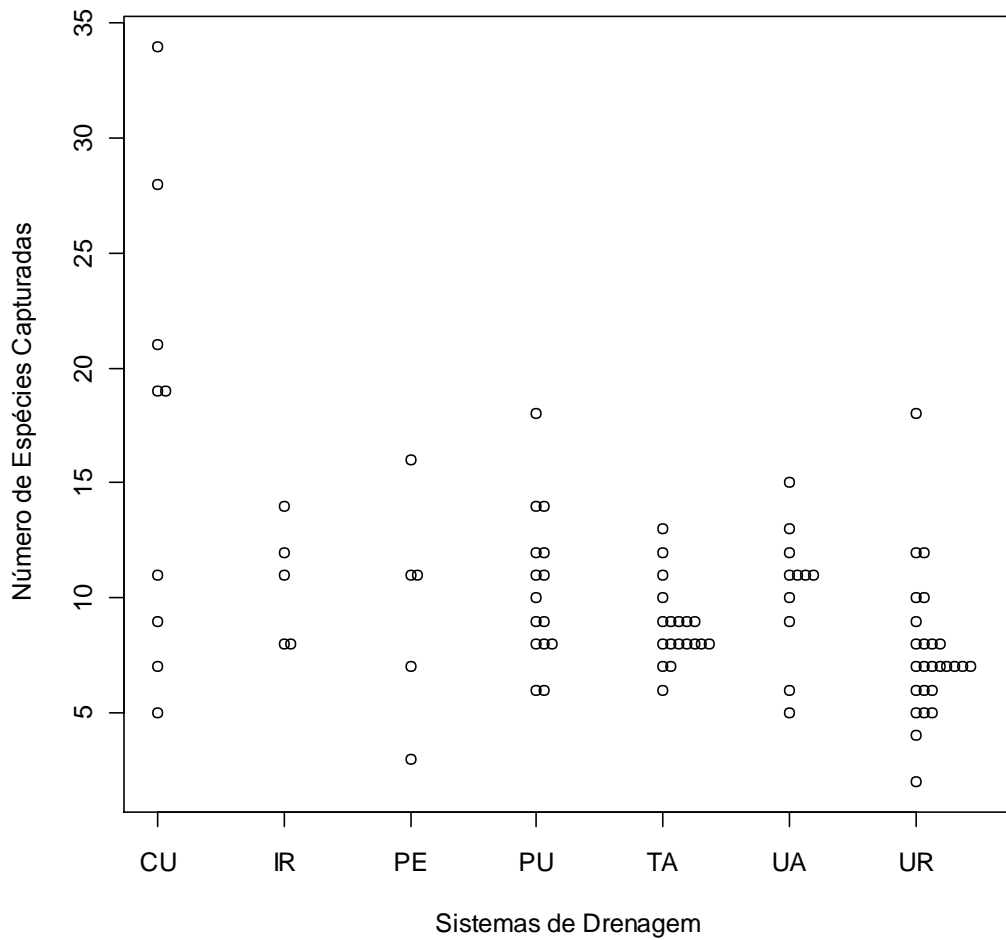
**Tabela 1** – Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA), demonstrando a relação entre os fatores ambientais locais (físico-química da água e fatores estruturais dos riachos), seus *loadings*, e a porcentagem de variância explicada pelos três primeiros componentes. Em negrito destacam-se as variáveis com *loadings* > 0,35.

Variáveis Ambientais Locais	PCA 1	PCA 2	PCA 3
pH	-0,157	<b>0,437</b>	-0,069
Condutividade	-0,253	<b>0,384</b>	0,244
Oxigênio Dissolvido	0,120	-0,081	<b>-0,514</b>
Velocidade Média da Correnteza	0,111	<b>-0,499</b>	-0,199
Largura Média	<b>-0,403</b>	-0,156	-0,002
Vazão	<b>-0,402</b>	-0,262	-0,172
Profundidade Média	<b>-0,471</b>	-0,148	0,035
Profundidade Máxima	<b>-0,466</b>	-0,166	0,045
Areia	-0,193	0,195	<b>-0,521</b>
Liteira	0,141	-0,147	<b>0,422</b>
Liteira Fina	0,112	0,234	-0,179
Troncos	0,098	-0,188	0,066
Macrófitas	-0,069	0,133	0,180
Raízes	-0,020	-0,261	0,242
Seixos	-0,189	0,163	0,130
Outros Substratos	-0,035	-0,021	0,073
% de Variância Explicada	0,2387	0,1646	0,1239
% de Variância Acumulada	0,2387	0,4033	0,5272

## Figuras

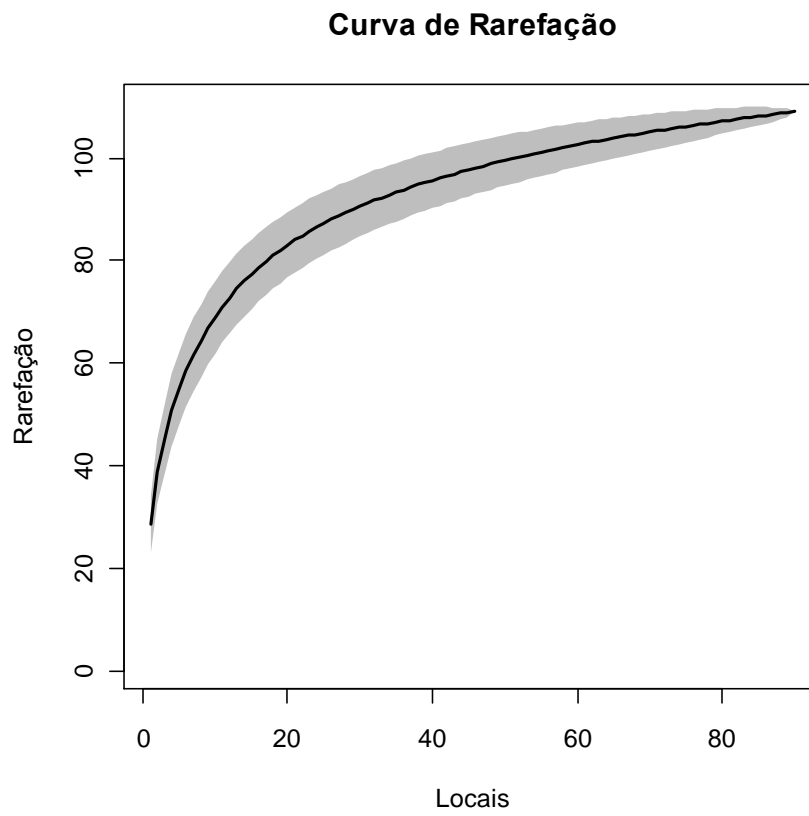


**Figura 10** – Localização geográfica da Amazônia Central, próximo a Manaus, estado do Amazonas, Brasil. Círculos em cinza correspondem aos pontos amostrais, nos distintos sistemas de drenagem: rio Cuieiras, rio Tarumã, rio Puraquequara, rio Preto da Eva, rio Urubu, rio Uatumã e na região do município de Iranduba. Em pontilhado, paleo-canais existentes na região, demonstrando: (A) a captura de drenagem das cabeceiras do rio Tarumã-Mirim pelo rio Cuieiras e (B) o antigo canal do Rio Negro. Devido à densa rede hidrográfica, destaca-se apenas as principais drenagens e tributários na região. Círculos pretos representam as sedes municipais de Manaus, Iranduba e Manacapuru.

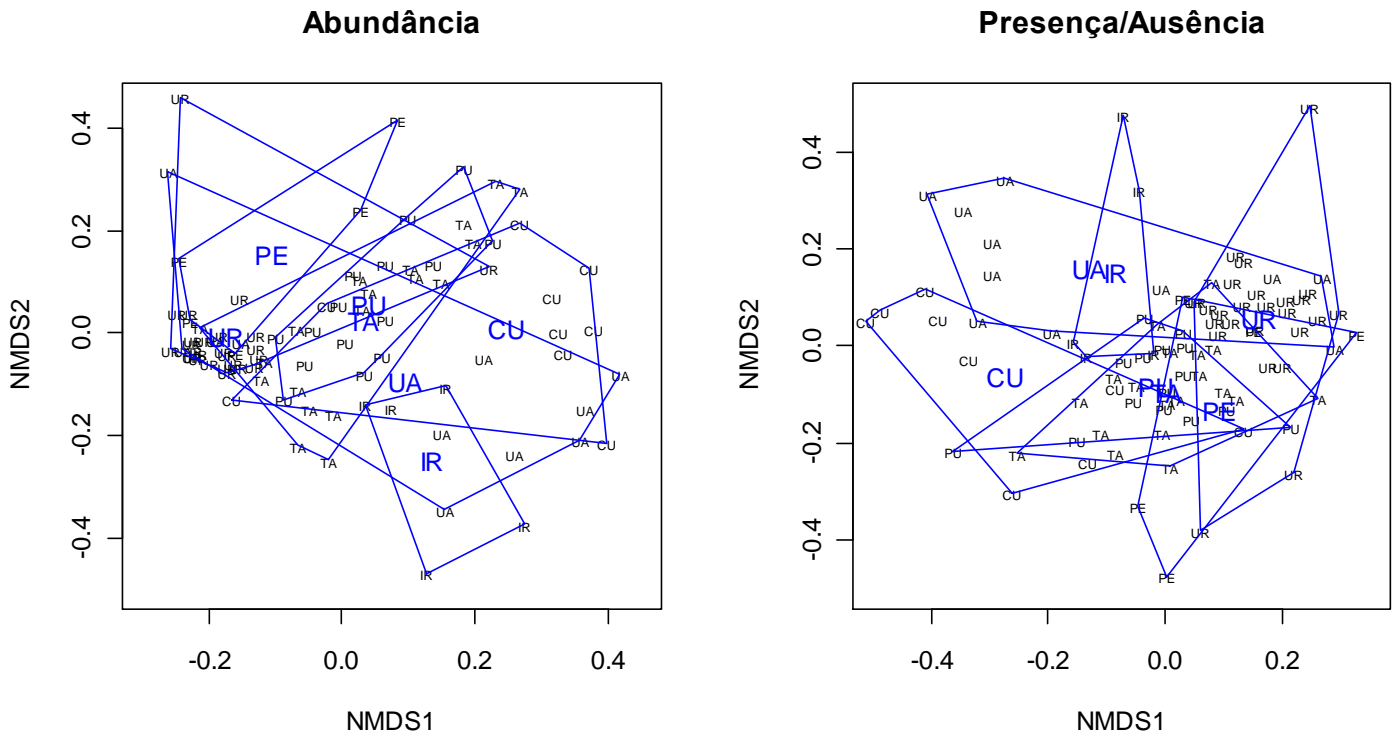


**Figura 11** – Número de espécies de peixes em riachos nos sistemas de drenagem presentes na Amazônia Central, ordenados de Oeste (esquerda) para Leste (direita). Os pontos representam os riachos amostrados. CU=rio Cuieiras; IR=região de Iranduba; PE=rio Preto da Eva; PU=rio Puraquequara; TA=rio Tarumã; UA=rio Uatumã; UR=rio Urubu.

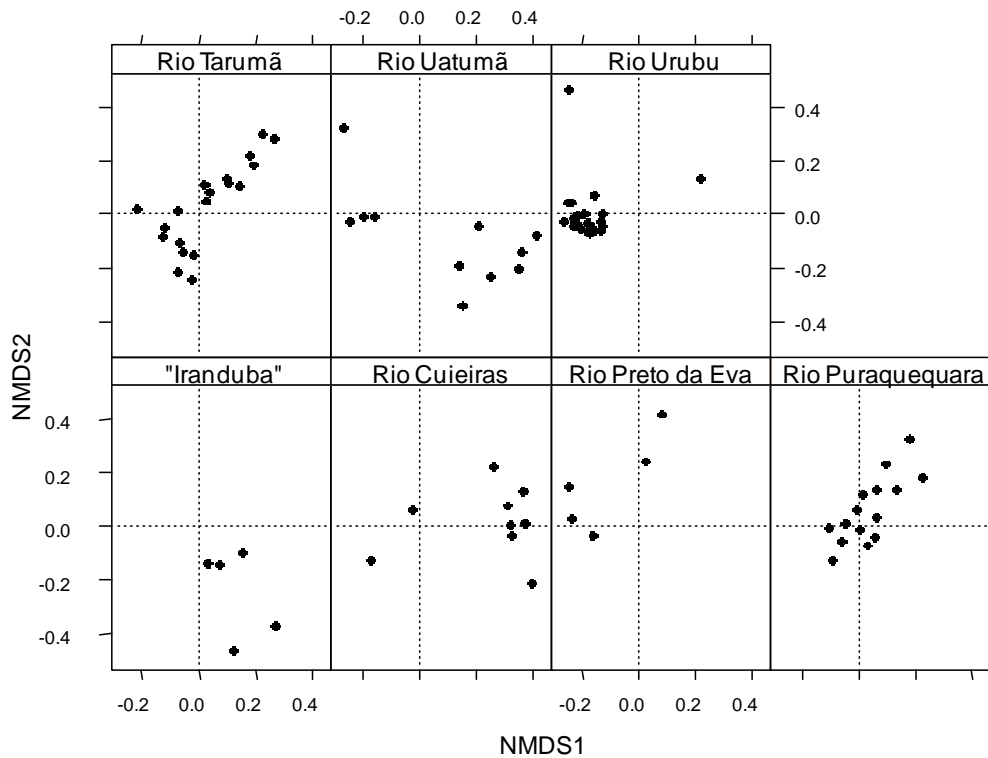




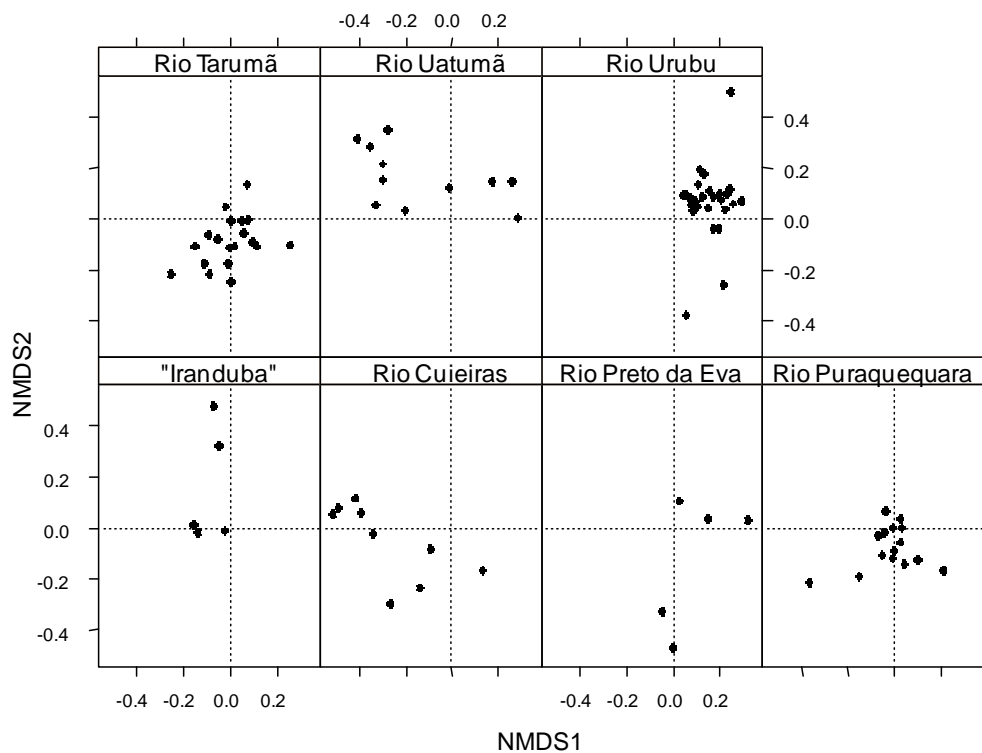
**Figura 13** – Curva de rarefação de espécies de peixes obtida a partir de 90 riachos amostrados na Amazônia Central.



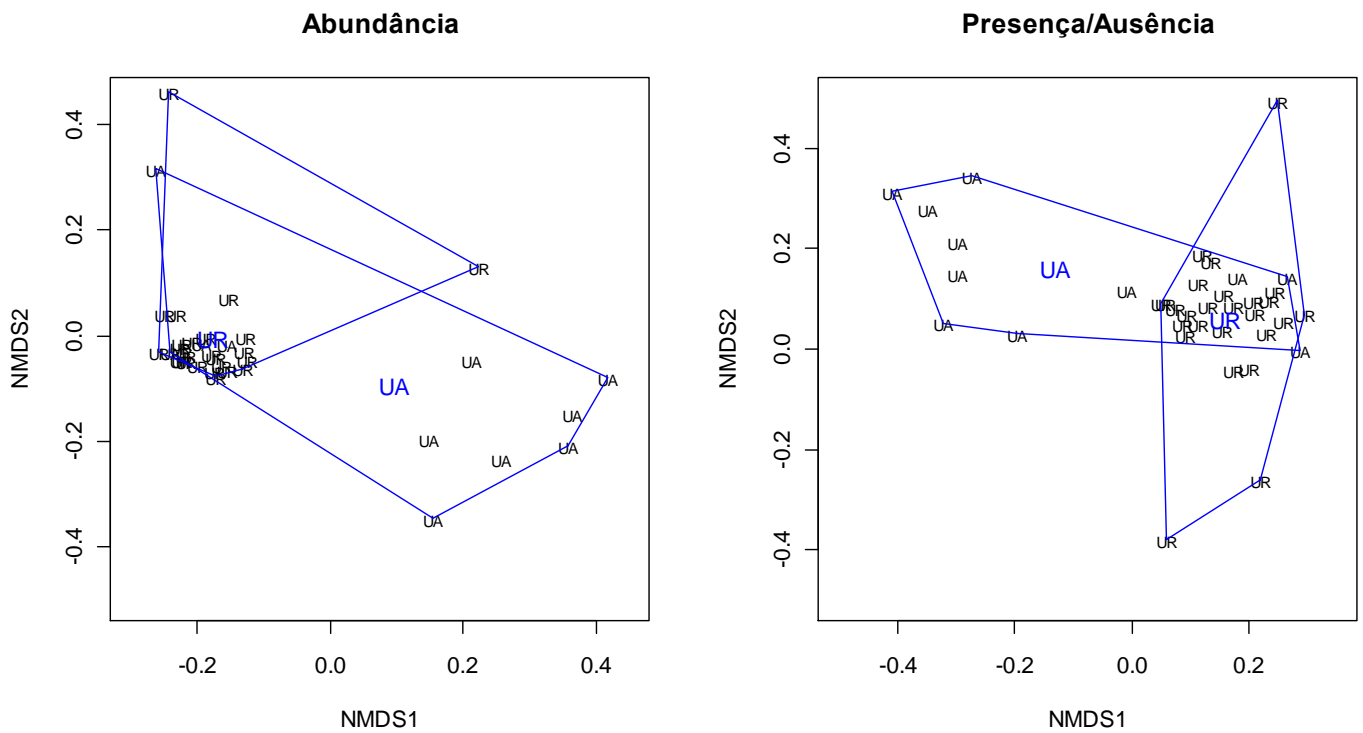
**Figura 14** – Ordenações por Escaloneamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseadas em dados de abundância e presença/ausência das espécies de peixes. Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nos sistemas de drenagem - CU=rio Cuieiras;IR=região de Iranduba; PE=rio Preto da Eva; PU=rio Puraquequara; TA=rio Tarumã; UA=rio Uatumã; UR=rio Urubu. As siglas em azul representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem. As linhas azuis delimitam os riachos amostrados em cada drenagem.



**Figura 15** – Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseada em dados de abundância das espécies de peixes locados separadamente para cada sistema de drenagem.



**Figura 16** – Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados baseada em dados de presença/ausência das espécies de peixes locados separadamente para cada sistema de drenagem.



**Figura 17** – Ordenações por NMDS dos locais amostrados nos sistemas de drenagem dos rios Urubu (UR) e Uatumã (UA), baseadas em dados quantitativos e qualitativos. Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nos sistemas de drenagem. As siglas em azul representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem. As linhas azuis delimitam os locais amostrados em cada drenagem.



## Capítulo 2

---

### **Influência de fatores locais, históricos e biogeográficos na composição da ictiofauna em riachos da Amazônia cis-andina<sup>2</sup>**

Fernando Pereira de Mendonça<sup>a</sup>

Jansen Alfredo Sampaio Zuanon<sup>b</sup>

William Ernest Magnusson<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Saúde e Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Estrada Coari-Mamiá, 305, Bairro Espírito Santo, 69.460-000, Coari, AM, Brasil.

<sup>b</sup> Coordenação de Pesquisas em Biologia Aquática, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CP 478, 69.083-970, Manaus AM, Brasil.

<sup>c</sup> Coordenação de Pesquisas em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), CP 478, 69.011-970, Manaus AM, Brasil.

Palavras-chave: peixes tropicais, fatores limnológicos, capturas de drenagem, efeito de distância, paleo drenagens, fatores climáticos, Último Máximo Glacial.

---

<sup>2</sup> Artigo a ser submetido à revista:  
*Journal of Biogeography*  
Editada por: Robert J. Whittaker  
ISSN revista impressa: 0305-0270  
ISSN revista *online*: 1365-2699  
Frequência: Mensal  
Fator de Impacto: 4.566

## Resumo

**Objetivo** Avaliar os efeitos integrados de fatores ambientais locais e regionais na composição de assembléias de peixes de riachos na Amazônia Brasileira, em escala macro regional.

**Localização** Amazônia cis-andina.

**Métodos** Foram amostrados riachos localizados em dez das maiores drenagens da Amazônia Brasileira. Dados de abundância e presença/ausência de espécies de peixes foram obtidos por meio de esforços padronizados de coleta. Características ambientais (estruturais e limnológicas) dos riachos foram obtidas em campo. Análises de mapas temáticos digitais foram utilizadas para determinar características geológicas e históricas das drenagens, fitofisionomia atual e do passado, variações climáticas entre os sítios amostrados, bem como para gerar matrizes de distâncias. Técnicas de ordenação foram utilizadas para reduzir a dimensionalidade dos dados. Análises multivariadas foram utilizadas para correlacionar a dissimilaridade da ictiofauna entre os sítios amostrados com as variáveis ambientais locais e regionais e testes de Mantel e Mantel Parcial foram utilizados para avaliar os efeitos de distância entre sítios de amostragem na assembléia de peixes.

**Resultados** A composição das assembléias de peixes de riachos foi associada com características geológicas das drenagens, com paleo drenagens delimitadas pelos arcos estruturais geológicos, com a fitofisionomia atual e do passado (modelada para o Último Máximo Glacial), com a intensidade do período da seca, e com as grandes distâncias entre as drenagens às quais os riachos estão atualmente conectados.

**Conclusões principais** Em escala amazônica, tanto fatores locais (em menor intensidade) quanto fatores regionais influenciam a composição das assembléias locais de peixes. Uma complexa rede de fatores, atuando em diferentes escalas geográficas e de tempo, tem influenciado a distribuição e a composição das assembléias de peixes de riachos da Amazônia Cis-andina, e

todos estes fatores provavelmente contribuem para a expressiva diversidade de peixes presente na região.

## **Introdução**

A ictiofauna de água doce do continente sul americano tem sido reconhecida como o mais rica do mundo, sendo estimadas de 6.000 a 8.000 espécies de peixes, muitas destas presentes na região Amazônica (Reis *et al.*, 2003). A bacia amazônica é a maior rede de drenagem do mundo (Golding *et al.*, 2003), e acredita-se que a variedade e a complexidade dos corpos d'água presentes na região permitiu, ao longo de milhões de anos, a ocorrência de múltiplos eventos de especiação, com o estabelecimento e a manutenção de milhares de espécies de peixes (Malabarba *et al.*, 1998).

Na América do Sul, o estabelecimento da hidrografia moderna foi iniciado com o estágio final do soerguimento dos Andes, há 15 milhões de anos atrás e se estruturou durante os últimos 10 milhões de anos, sendo que neste período já existia a maioria das famílias e gêneros de peixes existentes atualmente (Lundberg *et al.*, 1998).

A integração de estudos de várias linhas de pesquisa (eg. geologia, paleontologia, história do clima) tem revelado que a região Neotropical possui uma longa e complexa história (Winemiller *et al.*, 2008). Incurções marinhas, o soerguimento dos Andes e de paleo-arcos geológicos, milhões de anos de intempéries promovendo desgastes nos escudos cristalinos, mudanças no tamanho e conformação das principais drenagens da região, o acúmulo de sedimentos aluviais, e mudanças climáticas periódicas, promoveram profundas mudanças na América do Sul nos últimos 90 milhões de anos (Hoorn, 1993, 1994; Hoorn *et al.*, 1995; Adams & Faure, 1997; Lundberg *et al.*, 1998; Van der Hammen & Hooghiemstra, 2000; Baker *et al.*, 2001; Colinvaux & De Oliveira, 2001; Latrubesse *et al.*, 2005; Rossetti *et al.*, 2005; Campbell Jr. *et al.*, 2006; Latrubesse *et al.*, 2007).

A região Neotropical exibe um complexo padrão biogeográfico, e várias hipóteses baseadas em diferentes processos histórico-ecológicos foram propostas para explicar a origem da riqueza de espécies tropicais e os seus padrões de distribuição na América do Sul (cf. Haffer, 2001; Hubert & Renno, 2006). Entre estas hipóteses estão a hipótese Paleogeográfica – credita as características atuais da biota às mudanças geológicas resultantes do soerguimento dos Andes durante o período Terciário; a hipótese de Rios – o efeito de barreiras de grandes rios amazônicos acarretando em um processo de fragmentação da biota terrestre durante o final do Terciário; a hipótese de Refúgio-rios – uma combinação dos efeitos de barreiras de grandes rios associados a mudanças na vegetação nas regiões norte e sul da Amazônia, promovendo diferenciações alopátricas durante o Quaternário; a hipótese dos Refúgios – o isolamento de blocos de floresta ombrófila separadas por savanas, campos e florestas secas durante os períodos climáticos secos do Terciário e Quaternário teriam propiciado eventos de especiação alopátrica, seguidos de dispersão; a hipótese de Museu – teria ocorrido a manutenção de espécies originárias por diferenciação alopátrica devido ao isolamento em florestas de áreas montanhosas por causa de flutuações climáticas que foram mantidas em áreas baixas por falta de grandes mudanças vegetacionais nestas áreas; a hipótese do Distúrbio-Vicariante – onde interações competitivas e isolamento de espécies em regiões periféricas da Amazônia devido a períodos de baixas temperaturas durante o Pleistoceno teriam favorecido processos de especiação; e a hipótese do Gradiente – que postula uma importante participação de eventos de especiação parapátrica ocorrendo em acentuados gradientes ambientais.

Muitas destas hipóteses provavelmente são relevantes para diferentes graus de processos de especiação, em diferentes grupos de fauna ou durante diferentes períodos geológicos (Haffer, 2001). Todavia, quase todas as hipóteses formuladas levam em consideração apenas organismos terrestres. Tais processos históricos-ecológicos podem atuar diferentemente em cada grupo biológico, principalmente quando se distinguem em aquáticos e terrestres. De fato, grandes rios podem ser barreiras físicas para aves e mamíferos, mas são vias de conexão entre regiões para espécies aquáticas.

Estudos biogeográficos e filogenéticos de peixes neotropicais têm analisado fatores históricos (geológicos e climáticos) com o objetivo de compreender quais fatores influenciaram e ainda influenciam os processos de especiação e a atual distribuição da ictiofauna amazônica (Géry, 1970; Malabarba *et al.*, 1998; Hubert & Renno, 2006; Hubert *et al.*, 2007; Winemiller *et al.*, 2008). Apesar da evidente relação que existe entre a ecologia e a biogeografia histórica (baseada na filogenia), ainda são poucos os trabalhos que têm integrado tais áreas de pesquisa (e.g. Wiens & Donoghue, 2004).

Peixes de água doce oferecem uma oportunidade única para estudos biogeográficos e testes de hipóteses ecológicas, uma vez que a dispersão de espécies depende diretamente de conexões (permanentes ou temporárias) e a remoção de barreiras entre rios coalescentes (Cardoso & Montoya-Burgos, 2009). Além disso, a história das bacias de drenagem reflete a formação geológica dos terrenos onde estão inseridas, de forma que a cronologia das conexões dos rios pode ser traçada ao longo do tempo (Birmingham & Martin 1998; Montoya-Burgos, 2003). A dispersão de espécies, e conseqüentemente a colonização de novas áreas, também pode ser afetada pela distância entre sítios, sendo que faunas menos similares geralmente estão associadas a grandes distâncias entre regiões (Jackson & Harvey, 1989).

Características climáticas atuais podem determinar a riqueza de espécies, tanto terrestres quanto aquáticas, mas tal influência é evidenciada principalmente em estudos de grande escala, provavelmente porque em pequenas escalas espaciais há pouca variação climática (Field *et al.*, 2010). Modelos climáticos do passado têm sido utilizados para investigar como alterações climáticas afetam e/ou afetaram os atuais padrões de distribuição, composição e riqueza de espécies (Tedesco *et al.*, 2005).

Compreender quais fatores influenciam a composição da ictiofauna em diferentes escalas espaciais tem sido alvo de estudos em regiões temperadas (Oberdorff *et al.* 1998; Pont *et al.*, 2005; Hoeinghaus *et al.*, 2007; Johnson *et al.*, 2007; Filipe *et al.*, 2009). Entretanto, trabalhos sobre este aspecto são quase inexistentes nos trópicos. Na Amazônia, avaliações sobre como fatores locais e regionais afetam a composição das assembleias de peixes em micro-

bacias e entre sistemas de drenagem têm se restringido à Amazônia Central, em uma escala geográfica pequena demais para incluir diferenças climáticas ou geomorfológicas (Mendonça *et al.*, 2005; Espírito-Santo *et al.*, 2009; Dias *et al.*, 2010; ver capítulo anterior). Na região do rio Casiquiare, na Amazônia venezuelana, Winemiller *et al.* (2008) desenvolveram um estudo envolvendo corpos d'água lóticos e lênticos de diferentes tamanhos, onde verificaram que o tipo de água (preta ou clara) servia como filtro para a ocupação de diferentes sistemas de drenagem pela ictiofauna. Estudos em escala amazônica são ainda mais raros, sendo restritos a análises biogeográficas e filogenéticas de grupos específicos (Albert *et al.*, 2005; Hubert & Renno, 2006; Hubert *et al.* 2007).

Este estudo avalia como fatores locais (propriedades físico-químicas da água e características estruturais do canal dos riachos), características geológicas das drenagens, paleo drenagens, fitofisionomia atual e do passado, intensidade do período da seca, e as grandes distâncias entre os riachos, afetam a composição da ictiofauna de pequenos riachos da Amazônia.

## **Material e Métodos**

### *Área de estudo: Amazônia Legal Brasileira*

A região amazônica compreende uma imensa área geográfica (6,8 milhões de km<sup>2</sup>) com um forte gradiente geológico, climático e vegetacional ao longo da bacia, mas pouca variação altitudinal (Goulding *et al.*, 2003). Neste estudo, foram investigados o maior número viável de drenagens (amostradas de 2004 a 2009), considerando suas características geomorfológicas, históricas, a conectividade, em áreas distantes da influência andina, com altitudes menores que 350 m sobre o nível do mar, e sem efeitos antrópicos evidentes.

Foram amostrados 131 riachos de 1ª e 2ª ordem (segundo a escala de Horton, modificado por Strahler – Petts, 1994). A ordem dos riachos foi determinada utilizando mapas hidrográficos, imagens de radar (SRTM) e validação em campo. Entretanto, este sistema de categorização foi apenas para orientar a abordagem e localização dos pontos, sendo que as análises realizadas usaram variáveis contínuas das dimensões dos corpos d'água.

Os limites das atuais drenagens e sistemas de drenagem foram identificados utilizando bases hidrográficas das Cartas do Brasil ao Milionésimo, do IBGE (Ministério do Meio Ambiente, 2001) e validados utilizando imagens Landsat e SRTM. O termo *sistema de drenagem* denomina um grupo de micro-bacias interconectadas (riachos de 3ª a 4ª ordens e seus tributários) e *drenagem* compreende a união de sistemas correlacionados (Frissel 1986; Matthews, 1998).

As amostragens foram realizadas na região definida como Amazônia Legal Brasileira (Figura 1), que compreende mais de dois terços de toda a bacia Amazônica (Goulding *et al.*, 2003). Foram amostrados 131 riachos de 1ª e 2ª ordem riachos de cabeceira em 14 sistemas de drenagem que deságuam em dez das maiores drenagens da bacia amazônica (ordenadas de oeste para leste): Japurá (rio Juami,  $n=14$ ), Solimões (rio Urucu,  $n=10$ ), Purus (“Alto Purus”,  $n=11$ ), Negro (rio Jaú,  $n=9$ ; rio Cuieiras,  $n=9$ ), Madeira (“Baixo Madeira”,  $n=11$ ; rio Amapá,  $n=9$ ), o próprio rio Amazonas (rio Puraquequara,  $n=15$ ; rio Uatumã,  $n=11$ ), Nhamundá ( $n=3$ ), Trombetas ( $n=6$ ), Tapajós (Alter do Chão,  $n=9$ ; rio Jamanxim,  $n=7$ ) e Xingu (rio Iriri/Curuá,  $n=7$ ).

### *Coleta da Ictiofauna*

Os peixes foram coletados utilizando-se redes de cerco, puçás e peneiras. O esforço de coleta foi padronizado para todos os riachos por meio do número de coletores e tempo de coleta. Três coletores, durante 2 horas, exploraram todos os habitats encontrados num trecho de 50 m. As

extremidades dos trechos de amostragem foram bloqueadas com redes de malha fina (5 mm entre nós opostos) para evitar a fuga dos peixes.

As coletas foram baseadas em métodos de levantamentos rápidos (RAP), mas desenvolvidos para estudos ecológicos de longa duração (projeto PELD). Esta combinação de metodologias (RAPELD; Magnusson *et al.*, 2005) foi implementada com sucesso em várias localidades na Amazônia brasileira, permitindo a descrição da distribuição geográfica e da densidade das espécies de diferentes grupos taxonômicos (Mendonça *et al.*, 2005; Castilho *et al.*, 2006; Menin *et al.*, 2007; Braga-Neto *et al.*, 2008; Dias *et al.* 2010).

Como as coletas da ictiofauna foram realizadas em trechos relativamente pequenos e durante um curto período de amostragem, o impacto sobre as populações locais de peixes pode ser considerado insignificante (cf. Espírito-Santo *et al.*, 2009). Os exemplares coletados foram mortos com uma dose letal de anestésico (cf. American Veterinary Medical Association, 2001), fixados em formalina (10%) e transportados para o laboratório. Após a triagem, os exemplares foram acondicionados em álcool 70% e depositados na coleção de peixes do INPA. A identificação taxonômica das espécies foi realizada com uso de chaves dicotômicas, literatura especializada e auxílio de pesquisadores especialistas de diversas instituições.

As espécies foram classificadas taxonomicamente (ordem, família, gênero e espécie) de acordo com Reis *et al.* (2003) e trabalhos posteriores de descrição e revisão de espécies.

As variáveis ambientais avaliadas que poderiam exercer influência sobre a composição das assembléias de peixes foram reunidas em quatro conjuntos: i) fatores ambientais locais, os quais sumarizam características estruturais dos riachos e a físico-química da água; ii) fatores históricos, representados pelas formações geológicas da região amazônica; pelas paleo-bacias hidrográficas delimitadas pelos arcos geológicos estruturais; pelas atuais drenagens e sistemas de drenagem; por um modelo de vegetação supostamente presente no período de Último Máximo Glacial (UMG); iii) a atual composição fitofisionômica, e a duração do período de seca na região; iv) distâncias entre os sítios de amostragem.



### *Parâmetros ambientais locais*

Para caracterizar localmente cada ponto de coleta, foram amostrados fatores estruturais dos riachos e parâmetros físico-químicos da água. A estrutura de cada riacho foi determinada mensurando: i) largura média do canal; ii) profundidade média; iii) profundidade máxima média; iv) velocidade média da corrente; v) vazão média; vi) tipos de substrato. O tipo de substrato foi classificado em categorias: areia, seixos, rochas, argila, troncos, liteira, liteira fina, raízes, macrófitas, algas filamentosas e sedimentos ferruginosos. A metodologia seguiu os protocolos descritos em Mendonça *et al.* (2005). Nas análises dos dados, substratos com ocorrência em menos de 5% dos locais amostrados foram reunidos na categoria “outros substratos”.

O potencial hidrogeniônico (pH), condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), oxigênio dissolvido (mg/L) e temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) foram mensurados com medidores digitais portáteis (Marca Yelow Spring, modelos YSI63 e YSI55), na camada sub-superficial da coluna d'água.

### *Fatores históricos*

As formações geológicas presentes nos locais amostrados foram determinadas utilizando-se mapas cartográficos disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), reunindo bases de dados do projeto RADAM BRASIL (1968-1978), atualizados até o ano de 2006 (<http://geobank.sa.cprm.gov.br/>).

As paleo-bacias hidrográficas, estabelecidas nas fossas geológicas entre os arcos estruturais presentes na Amazônia (figura 5), foram delimitadas segundo Lundberg *et al.* (1998) e Hubert *et al.* (2007), e comparadas com mapas geológicos disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil, publicados em 2006. Além dos riachos amostrados na planície amazônica, onde se localizavam as paleo-bacias, foram amostrados também sítios

localizados no Escudo das Guianas, ao norte da planície, e no Escudo Brasileiro, ao sul.

O modelo de vegetação presente no período de Último Máximo Glacial (UMG) é baseado em datação por  $C^{14}$ , sendo reconstruída a fitofisionomia supostamente presente há 18.000 anos, segundo Adams & Faure (1997).

### *Características climáticas e biogeográficas*

A variável que representa a composição fitofisionômica atual foi baseada no Mapa de Vegetação da Amazônia, na escala 1:2.500.000, Sudam/IBGE 1989.

Para determinar como condições climáticas podem afetar a ictiofauna de riachos, optou-se por utilizar a intensidade e duração da estação seca, representada pelo Índice de Walsh (Walsh, 1996) para sumarizar tais condições da região amazônica (cedido por B. Nelson, CPEC/INPA). Este índice se baseia em dados de média de precipitação mensal, obtidas na página da internet do projeto WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)). A pluviosidade é altamente correlacionada com condições de umidade, temperatura e pressão atmosférica, e representa bem o clima geral.

### *As distâncias entre os locais amostrados*

As medidas de distância hidrográfica entre os riachos, mensurada acompanhando o trajeto dos corpos d'água e as medidas de distância linear, medindo o menor caminho entre dois pontos, foram organizadas em matrizes de distância. Tais distâncias foram obtidas utilizando ferramentas de sensoriamento remoto (programa *ArcGis*, versão 9.3).

### *Análise dos dados*

Para reduzir a dimensionalidade dos dados referentes à presença ou abundância de cada espécie nas assembléias de peixes, os locais de coleta foram ordenados com base na variação da composição ictiofaunística por meio de um Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), em três dimensões. Os eixos originados descrevem o maior padrão de estrutura na composição de espécies.

Ordenações foram realizadas considerando-se informações sobre abundância e presença/ausência de espécies. Dados quantitativos tendem a revelar principalmente os padrões baseados nas espécies mais comuns, que tendem a possuir grandes diferenças de abundância entre locais. Dados de presença/ausência tendem a dar mais peso para espécies pouco comuns, uma vez que espécies comuns tendem a ocorrer na maioria dos locais e contribuem pouco para a análise de diferenças qualitativas. Em comparações entre locais distantes com poucas espécies em comum, dados qualitativos e quantitativos tendem a produzir resultados semelhantes.

As matrizes de dissimilaridade utilizadas nas ordenações, tanto para dados quantitativos quanto qualitativos, foram construídas utilizando o índice de Bray-Curtis, com os sítios previamente transformados por divisão pela soma – para dados de abundância – e transformados em dados binários (0 e 1) – para dados de presença/ausência. Para dados de presença/ausência o índice Bray-Curtis é equivalente ao índice de Sørensen. As matrizes de dissimilaridades foram padronizadas pelo método de raiz quadrada ( $\sqrt{D}$ , sendo  $D$  os valores dispostos na matriz de Bray-Curtis). Tal método de padronização evita a presença de autovalores (*eigenvalues*) negativos e o efeito de arco na disposição dos pontos nos gráficos de MDS, sem alterar o stress da análise e reproduzindo perfeitamente as informações contidas na ordenação (Legendre & Legendre, 1998).

Esta combinação de transformações, medidas de distância e técnicas de ordenação tem sido considerada uma das melhores formas de descrever

gradientes ecológicos baseados em dados de ocorrência de espécies (Kenkel & Orlóci, 1986; Faith *et al.*, 1987; Minchin, 1987; Legendre & Legendre, 1998).

As variáveis ambientais locais (largura média, profundidade média, profundidade máxima, velocidade da corrente, vazão média, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e tipos de substrato) foram relacionadas utilizando Correlação de Pearson. Para sumarizar os fatores ambientais e produzir variáveis preditivas estatisticamente independentes nas análises subseqüentes foi utilizada uma Análise de Componentes Principais (PCA).

Foi testado, por meio de Análises Multivariadas da Variância – MANOVAs, se a estrutura dos riachos e a físico-química da água (expressas pelos eixos da PCA) possuem correlação com drenagem, sistemas de drenagem, formação geológica nos sítios de amostragem, fitofisionomia local e duração do período da seca.

As relações entre os fatores ambientais locais (expressos pelos eixos da PCA), características históricas, variáveis biogeográficas e climáticas e a composição de espécies (expressa pelos eixos do NMDS) foram investigadas por meio de MANOVAs.

Testes de Mantel e Mantel Parcial foram utilizados para relacionar as distâncias entre os sítios de amostragem (distância linear e distância hidrográfica) e as matrizes de dissimilaridades da ictiofauna. De forma semelhante, foi testado se possíveis diferenças faunísticas entre os sistemas de drenagem estavam correlacionados com as distâncias entre os sítios.

Para a realização das análises estatísticas foi utilizado o programa *R*, versão 10.2 (R Development Core Team, 2009), pacote de análises *vegan* (Oksanen *et al.*, 2010).

## Resultados

### *Características estruturais e físico-químicas dos riachos amazônicos*

Os riachos de 1ª e 2ª ordem estudados na Amazônia brasileira apresentaram uma densa cobertura vegetal, de forma que folhas, galhos e troncos foram os principais componentes dos substratos. Seus leitos foram formados principalmente por areia, com exceção dos riachos nas regiões de afloramentos rochosos, como nos Escudos das Guianas e no Planalto Central Brasileiro, onde pedras e lajes foram freqüentes. De forma geral, apresentaram águas altamente saturadas de oxigênio, ácidas, com baixa condutividade, e com temperaturas em torno de 25°C, independente da época do ano (tabela 1).

Os quatro primeiros eixos da PCA sumarizaram 50% da variação dos fatores ambientais locais (Tabela 2). O primeiro componente acumulou 17% da variância dos fatores. Os maiores *loadings* (>0,35), deste componente foram associados com características estruturais dos riachos (vazão, largura e profundidade média). O segundo componente, compreendendo 14% da variância, foi associado com os substratos areia e liteira e oxigênio dissolvido. O terceiro componente, com 11% da variância, apresentou *loadings* maiores que 0,35 para fatores físico-químicos da água (pH e condutividade). O quarto eixo sumarizou informações adicionais relacionadas a características estruturais dos riachos (velocidade da correnteza, profundidade média e máxima), bem como a presença de liteira fina como substrato.

Os fatores ambientais locais (sumarizados pelos eixos da PCA) diferiram de acordo com: i) as drenagens estudadas (MANOVA: Pillai Trace = 1,425,  $P < 0,0001$ ); ii) sistemas de drenagem presentes dentro de uma mesma drenagem (MANOVA: Pillai Trace = 0,292,  $P < 0,0001$ ); iii) a formação geológica do sítios (MANOVA: Pillai Trace = 1,126,  $P < 0,0001$ ); iv) a fitofisionomia (MANOVA: Pillai Trace = 0,308,  $P = 0,014$ ); e v) com a duração dos períodos de seca em cada região – mensurada pelo Índice de Walsh (MANOVA: Pillai Trace = 0,092,  $P = 0,032$ ).

### *Ictiocenoses de riachos na Amazônia Brasileira*

Foram identificadas 269 espécies, pertencentes a seis ordens, 27 famílias, num total de 22.228 exemplares capturados. O grupo com maior número de espécies e exemplares capturados foi Characiformes, com 133 espécies e 73% do número total de exemplares coletados. Os Siluriformes foram representados por 68 espécies, Perciformes por 28 e Gymnotiformes por 26 espécies. Cyprinodontiformes contribuíram com 12 espécies e Synbranchiformes com duas.

Exemplares de Siluriformes formaram o segundo grupo mais abundante em número de exemplares (10%), seguido por Gymnotiformes (6%), Perciformes (6%), Cyprinodontiformes (4%) e Synbranchiformes (<1%).

*Helogenes marmoratus* foi a espécie de maior freqüência de ocorrência nas amostras, sendo capturada em 59% dos sítios amostrados. A seguir, as espécies de maiores ocorrências foram *Gymnotus coropinae* (capturada em 46% dos riachos), *Pyrrhulina brevis* (43%), *Erythrinus erythrinus* (39%), *Crenuchus spilurus* (37%), *Apistogramma agassizii* (34%), *Hypopygus lepturus* (34%) e *Copella nattereri* (33%).

As espécies mais abundantes foram *Copella nattereri* (7%, do número total de exemplares), *Hemigrammus belottii* (7%), *Hyphessobrycon heterorhabdus* (6%), *Hyphessobrycon melazonatus* (4%) e *Copella meinkenii* (3%).

O número médio de espécies capturadas por local foi de 16 espécies/riacho (Amplitude =01-51). Entretanto, o número de espécies capturadas (figura 2) variou com a drenagem ( $r^2=0,56$ ,  $F_{9,121}=16,94$ ,  $P < 0,0001$ ).

Foram capturadas um número maior de espécies por ponto em riachos nas drenagens localizadas mais a Oeste na bacia Amazônica que naqueles localizados a Leste ( $r^2=0,17$ ,  $F_{1,129}=26,43$ ,  $P < 0,0001$ , figura 3). A drenagem do rio Solimões (região do rio Urucu) foi a que apresentou maior número de espécies ( $\bar{X}=36$  espécies por riacho, Amplitude=29-51), seguida pela

drenagem do rio Madeira ( $\bar{X}$  =22 espécies, Amplitude=12-45), enquanto que os riachos que drenam para os rios Nhamundá e Trombetas apresentaram os menores números de espécies por sítio amostrado ( $\bar{X}$  =8 espécies, Amplitude=5-12;  $\bar{X}$  =8 espécies, Amplitude=6-12, respectivamente).

A curva de rarefação estimada com base no número de locais amostrados (figura 4) não alcançou uma assíntota, porém mais que 250 espécies foram capturadas. A diferença entre o número médio (16) e máximo (51) de espécies amostrado em qualquer local e o número mínimo de espécies na região (uma única) indica uma alta diversidade beta na escala de segmentos de riacho de 50m.

#### *Influência de fatores ambientais sobre a ictiofauna de riachos cis-andinos*

O NMDS em três dimensões capturou grande parte da variação original das matrizes de dissimilaridade da composição das assembléias locais de peixes entre os riachos, tanto para dados quantitativos ( $r^2=0,52$ ), quanto para dados qualitativos ( $r^2=0,67$ ).

A dissimilaridade ictiofaunística entre os riachos foi correlacionada com fatores ambientais locais, históricos, biogeográficos e climáticos (MANOVA, tabela 3). Para dados quantitativos, as assembléias de peixes dos riachos diferiram entre si em relação à estrutura dos corpos d'água (eixos 2 e 4 da PCA), com a composição físico-química da água (eixo 3 da PCA), entre drenagens (figura 5) e sistemas de drenagem, bem como em relação à formação geológica, formação vegetacional atual e fitofisionomia durante o Último Máximo Glacial (UMG). Não houve relação da composição assembléias locais de peixes com a duração do período de seca (Índice de Walsh), bem como com o eixo 1 da PCA para fatores ambientais, que representa principalmente a estrutura física dos riachos. Entretanto, nestes dois casos, a probabilidade de encontrar um valor de Pillai Trace tão extremo se  $H_0$  for correta é de apenas 6%. Não houve relação da composição da ictiofauna com as paleo-bacias entre os arcos geológicos.

Para dados qualitativos, as ictiocenoses dos riachos diferiram entre si de acordo com a estrutura dos corpos d'água (eixos 1, 2 e 4 da PCA), com a composição físico-química da água (eixo 3 da PCA), drenagens (figura 6) e sistemas de drenagem, com a formação geológica, fitofisionomia atual e durante o UMG bem como com as paleo-bacias hidrográficas. A composição da ictiofauna não foi correlacionada com a duração do período de seca, entretanto, a probabilidade de encontrar um valor de Pillai Trace tão extremo se  $H_0$  for correta é de apenas 6% (MANOVA, tabela 3).

A dissimilaridade entre as assembléias de peixes de riachos amostrados nas drenagens contíguas dos rios Purus e Madeira (figura 7) foi relacionada principalmente com as drenagens, os sistemas de drenagens e a fitofisionomia atual. No interflúvio entre as drenagens dos rios Tapajós e Xingu (figura 8) houve relação semelhante da ictiofauna com sistema de drenagem e fitofisionomia atual.

#### *O efeito de distância sobre a composição da ictiofauna.*

Distâncias lineares e hidrográficas influenciaram a composição de assembléias de peixes de riachos em escala macro-regional. A dissimilaridade entre as assembléias de peixes foi positivamente correlacionada com a distância hidrográfica entre os riachos, tanto para dados de abundância (Mantel:  $r = 0,424$ ,  $P < 0,0001$ ), quanto de presença e ausência (Mantel:  $r = 0,454$ ,  $P < 0,0001$ ). De forma semelhante, a distância linear foi positivamente correlacionada com a composição da ictiofauna nos sítios amostrados (Mantel: dados quantitativos –  $r = 0,435$ ,  $P < 0,0001$ ; dados qualitativos –  $r = 0,454$ ,  $P < 0,0001$ ).

A distância linear foi relacionada às ictiocenoses no interflúvio entre os rios Xingu e Tapajós (figura 8). Mesmo pertencendo a drenagens distintas, os pontos amostrados no sistema de drenagem do rio Jamanxim (Rio Tapajós) foram similares aos dos riachos do rio Xingu, com os quais são muito próximos em linha reta, mas não hidrograficamente.



De forma geral, as drenagens apresentam distintas composições ictiofaunísticas, mesmo excluindo o efeito de distância hidrográfica (Mantel Parcial: dados quantitativos –  $r = 0,317$ ,  $P = 0,0001$ ; dados qualitativos –  $r = 0,268$ ,  $P = 0,0001$ ). A distância linear entre os sítios de amostragem também não removeu a correlação entre a ictiofauna e as drenagens (Mantel Parcial: dados quantitativos –  $r = 0,314$ ,  $P = 0,0001$ ; dados qualitativos –  $r = 0,270$ ,  $P = 0,0001$ ).

## Discussão

### *Relação entre fatores macro-regionais e a composição ictiofaunística em riachos da Amazônia*

A ictiofauna presente atualmente nos riachos amazônicos reflete a longa e complexa história evolutiva da América do Sul, sendo constituída de espécies com histórias filogenéticas distintas (27 famílias e seis ordens), e tendo como representantes desde espécies diminutas como *Priocharax Ariel* (Characidae), com comprimento padrão máximo de 1,51cm, a *Electrophorus electricus* (Gymnotidae), que pode chegar a 2,50m. Na Bacia Amazônica, as assembléias de peixes de riachos de cabeceira apresentaram, apesar da baixa diversidade alfa (em média, 16 espécies por riacho), e da variação entre a diversidade beta das drenagens (entre 12 e 51 espécies), uma alta diversidade gama (pelo menos 269 espécies), sendo que a rarefação indica um número ainda maior.

Processos históricos de especiação, extinção e dispersão podem condicionar o número de espécies que potencialmente ocorrem em uma comunidade local (Hoeinghaus *et al.*, 2007).

Cerca de uma década atrás, Buckup (1999) publicou um dos primeiros estudos sobre biogeografia de peixes de riachos neotropicais, enfatizando principalmente sistemas de drenagem litorâneos (Mata Atlântica). Devido aos poucos levantamentos existentes em riachos da Amazônia na época, espécies

das famílias Acestrorhynchidae, Doradidae e Scoloplacidae, capturadas neste estudo, ainda não haviam sido registradas em riachos da região.

A existência de áreas de endemismo na região Neotropical tem sido proposta com base em padrões de distribuição de diferentes grupos taxonômicos terrestres, considerando grandes rios como a principal barreira para a dispersão de espécies (e.g. Silva *et al.*, 2005), o que não reflete necessariamente a realidade para organismos aquáticos. Hubert & Renno (2006) delimitam regiões de endemismo para peixes Characiformes da América do Sul a partir de características intrínsecas das drenagens, considerando isolamento de bacias, capturas de drenagem e barreiras ecológicas, mas sem testar diretamente os possíveis efeitos de variáveis ambientais atuantes nessa escala. Estudos genéticos e de filogenia têm comprovado o isolamento de metapopulações de peixes em diferentes drenagens, mas novamente sem testar o efeito de fatores causais (Albert *et al.*, 2005; Ready *et al.*, 2006; Hubert *et al.*, 2007; Farias *et al.*, *in press*).

Em escala regional, estudos ecológicos na Amazônia demonstraram que fatores locais, distâncias de fontes colonizadoras, e barreiras atuais e do passado, influenciam a distribuição de peixes de diferentes grupos taxonômicos (Mendonça *et al.* 2005; vide Capítulo 1). Analisando padrões espaciais locais e regionais de peixes de riachos costeiros da França, Oberdorff *et al.* (1998) constataram que a abundância local das espécies é limitada principalmente por processos ambientais regionais, e que tais fatores minimizam possíveis influências das interações interespecíficas sobre a comunidade, gerando comunidades não saturadas.

Em uma escala amazônica, fatores limnológicos e estruturais dos riachos possivelmente refletem peculiaridades dos sítios e dos sistemas de drenagem, mas são também influenciados por características geológicas das drenagens, diferenças regionais da vegetação e do clima. Desta forma, a relação existente entre fatores ambientais e a ictiofauna de cabeceiras, reflete características tanto locais dos riachos quanto macro regionais da bacia amazônica.

O padrão de drenagem do continente sul-americano foi moldado pelos maiores componentes do relevo na região, que incluem os maciços cristalinos dos escudos das Guianas e do Brasil Central, pela orogênese dos Andes e pelo possível soerguimento de arcos geológicos estruturais (Lundberg *et al.*, 1998). No período Mioceno, o soerguimento andino acarretou na separação da biota aquática nas regiões trans e cis-andina, promovendo inúmeros eventos vicariantes que acarretaram em divergências alopátricas e extinções locais (Albert *et al.*, 2006). O estabelecimento no fim do Mioceno do atual fluxo de oeste para leste do Amazonas e Orinoco, associado a eventos de captura de drenagens, pode ter promovido uma intensa combinação de espécies originadas em diferentes porções da bacia, com o conseqüente enriquecimento da biota aquática (Lundberg *et al.*, 1998).

O alto número de espécies capturadas nos riachos que drenam para os rios Solimões, Japurá e Madeira indica que a região oeste da bacia pode ter retido grande parte da riqueza de espécies originadas durante as importantes transformações da paisagem amazônica ocorridas no Mioceno. Estudos recentes (Mojica *et al.*, 2009) relataram altos valores de riqueza de espécies em riachos na região do alto Solimões-Amazonas, o que corrobora os dados aqui apresentados. Cox-Fernandes (2004) estudando a fauna de peixes que vivem no fundo do canal principal de grandes rios amazônicos, também encontrou uma elevada riqueza de espécies de Gymnotiformes em tributários de água branca situados na porção oeste da bacia.

Espécies de bagres trichomycterídeos como *Glanapteryx anguilla*, antes capturada apenas nas drenagens do rio Negro e Orinoco, e *Stauroglanis gouldingi*, considerada até recentemente como sendo restrita ao rio Negro e tributários (Reis *et al.*, 2003), tiveram sua distribuição ampliada ao serem capturadas em riachos tributários do rio Japurá. Conexões entre as drenagens dos rios Japurá e Negro durante o passado, podem explicar a ocorrência atual dessas populações aparentemente isoladas. A região do rio Juami, afluente do rio Japurá no noroeste da Amazônia brasileira, onde foram realizadas as amostragens, possui formação geológica (Içá) e fitofisionômica (áreas de Tensão Ecológica - Campinarana/Floresta Ombrófila) semelhantes às da região do alto rio Negro, o que indica que eventos históricos em comum entre estas

drenagens e características da paisagem local podem condicionar a presença de certas espécies em bacias atualmente separadas por grandes distâncias hidrográficas.

Outras espécies podem indicar eventos comuns entre hidrografias vizinhas. *Amazonspinther dalmata*, espécie de Characidae descrita recentemente (Bührnheim *et al.*, 2008) e de distribuição aparentemente restrita ao interflúvio dos rios Purus e Madeira, foi capturada nestas duas drenagens exclusivamente em áreas que drenavam campos alagáveis. Novamente, características da fitofisionomia local e eventos de captura de drenagem ou áreas de contato fluvial atual (“águas emendadas”) podem estar influenciando a ocorrência desta e de outras espécies de peixes existentes na região.

Espécies e gêneros de ampla distribuição podem indicar processos de especiação e dispersão extremamente antigos, anteriores ao surgimento de barreiras biogeográficas entre as drenagens. Há registros fósseis de *Hoplias* sp. do início do Mioceno, há cerca de 20 milhões de anos atrás (Monsch, 1998). Parte relativa da diversidade de espécies e distribuição biogeográfica de peixes amazônicos remonta ao médio Mioceno (cerca de 12 milhões de anos atrás); entretanto, processos de dispersão de espécies de gêneros como *Gymnotus*, *Rivulus*, *Hoplias* e *Synbranchus* são anteriores ao soerguimento da Cordilheira dos Andes (Albert *et al.*, 2006). Espécies dos gêneros relatados acima foram comuns aos riachos amostrados, e apresentam a capacidade de se deslocar por terrenos úmidos, sem a necessidade de seguir o curso de riachos perenes. Isso pode ter facilitado a ocupação de sistemas de drenagem adjacentes, mas pertencentes a drenagens distintas, “borrando” padrões originados por eventos de especiação alopátrica, por exemplo.

Alguns estudos geológicos afirmam que os arcos estruturais não tiveram uma exposição superficial expressiva, não tendo influenciado na formação de bacias ou zonas isoladas (Rossetti *et al.*, 2005). Entretanto, estudos filogenéticos e biogeográficos de mamíferos e peixes têm encontrado relações entre a presença dos arcos estruturais com a distribuição atual de espécies (Lundberg *et al.*, 1998; Patton *et al.*, 2000; Patton & Silva, 2001; Hubert & Renno, 2006; Hubert *et al.*, 2007). Para os pontos amostrados, não se

identificou uma relação clara entre os arcos geológicos e a composição da ictiofauna de riachos. Isso talvez se deva ao fato dos arcos estruturais analisados neste estudo, caso tenham tido um efeito importante na paisagem, serem localizados principalmente na porção central da planície amazônica, afetando especialmente os peixes que ocupam as áreas de várzea na Amazônia. Como a maioria dos riachos incluídos neste estudo se localiza em áreas de terra firme, distantes dos efeitos de pulso de inundação dos grandes rios de planície, é razoável supor que os efeitos dos arcos estruturais fossem pouco sentidos pela ictiofauna desses riachos.

O clima é o principal fator que controla a hidrologia e os padrões de fluxo em riachos (Gordon *et al.*, 2004). Variações climáticas extremas ocorrem em regiões temperadas, decorrentes dos ciclos sazonais de temperatura. Regiões tropicais não possuem variações tão pronunciadas, mas podem ocorrer pequenas flutuações térmicas nos períodos de chuva, sendo o ciclo hidrológico dos riachos governado principalmente pela pluviosidade (Wantzen, *et al.*, 2006). Padrões e processos nos ecossistemas aquáticos, bem como padrões de composição de comunidades, possuem fortes relações com a precipitação sazonal (Vannote *et al.*, 1980; Junk *et al.*, 1989; Oberdorff *et al.*, 1998; Filipe *et al.*, 2009) Em riachos, a interação entre a formação geológica, clima e fitofisionomia afeta o fluxo de água e, dependendo da duração do período de seca, surgem ambientes perenes, intermitentes ou mesmo efêmeros (Gordon *et al.*, 2004; Pazin *et al.*, 2006).

Apesar de não ter ocorrido uma relação significativa entre a duração do período da seca e a composição da ictiofauna, o clima influencia os fatores ambientais locais dos riachos, de forma que há um efeito indireto deste sobre as assembleias de peixes de riacho estudadas. Na Amazônia, períodos de seca prolongada afetam as drenagens sobre o escudo brasileiro, de forma que riachos intermitentes são comuns na região da Terra do Meio, entre as drenagens dos rios Tapajós e Xingu. Condições extremas de seca/cheia nos riachos podem ter acarretado em fortes processos adaptativos na ictiofauna destas drenagens, promovendo eventos de seleção e especiação que podem auxiliar na compreensão do alto grau de endemismo presente nesta região. Além disso, a ocorrência de fortes secas em áreas de floresta de latitudes mais

baixas, como na Terra do Meio, parecem condicionar a ocorrência de processos anuais de recolonização dos riachos pela ictiofauna, já que diversos locais visitados durante as amostragens apresentavam-se completamente secos no auge do verão amazônico. Assim, é provável que a ictiofauna presente nos riachos nessa região apresente maior resiliência a eventos extremos de seca, como previstos atualmente nos estudos de mudanças climáticas globais.

Muito se tem pesquisado sobre como o clima do passado afeta a distribuição atual de espécies no planeta, principalmente flutuações climáticas cíclicas com fases frias/secas (Glaciais) e quentes/úmidas (Inter-Glaciais). Como os períodos mais secos do Último Máximo Glacial (UMG), entre 18.000 a 11.000 anos atrás, influenciaram a fitofisionomia nas regiões tropicais tem sido um dos pontos principais de discussão (Colinvaux, 1987; Van De Rammer *et al.*, 1992, 1994; Colinvaux *et al.*, 1996; Anhuf *et al.*, 2006). Estudos utilizando modelos paleo-fitofisionômicos do UMG têm encontrado relação da atual distribuição de aves (Bonaccorso *et al.*, 2006; Cowling *et al.*, 2001) e peixes (Tedesco *et al.*, 2005) com o recuo das florestas ombrófilas para as regiões norte e sul da Amazônia e sua substituição por regiões de savanas e campos, o que corrobora os efeitos significativos das fitofisionomias atual e do passado observados no presente estudo.

#### *O efeito da distância sobre a similaridade da fauna de peixes de riachos.*

A composição faunística dos riachos teve relação tanto com a distância hidrográfica quanto com a linear, sendo que em ambos os casos, distâncias maiores refletem menores valores de similaridade entre as assembléias de peixes. Menores distâncias lineares podem favorecer processos de captura de drenagem ou migração por áreas de contato intermitentes (durante grandes cheias ou em anos especialmente chuvosos), o que pode explicar a maior semelhança observada entre ictiofaunas de drenagens/sistemas de drenagens vizinhas, mesmo quando envolvem grandes distâncias hidrográficas. Tal relação pode explicar a similaridade entre riachos pertencentes aos interflúvios

Purus/Madeira e Tapajós/Xingu. Grandes distâncias, junto com variações significativas nos fatores ambientais locais e macro ecológicos, influenciam a distribuição de espécies e conseqüentemente a composição das assembléias de peixes presentes nas diferentes drenagens, sistemas de drenagens e micro-bacias. Estudando lagos de região temperada, Jackson & Harvey (1989) constataram que fatores estruturais locais, físico-química da água (pH), bem como, a distância entre os locais, afetam significativamente a composição da ictiofauna. Isso indica que certos conjuntos de fatores influenciam a distribuição de espécies e a composição de assembléias de peixes independentemente da região biogeográfica estudada, o que merece ser testado adequadamente.

Maiores distâncias e a presença de barreiras ecológicas podem refletir na conectividade entre assembléias de uma dada região. Sendo a conectividade definida como a troca de organismos, matéria ou energia entre unidades ecológicas, esta pode influenciar a composição da diversidade local, regional, ou em nível de paisagem (Ward *et al.*, 1999). A conectividade hidrológica tem sido muito estudada, principalmente a relação lateral entre os corpos d'água principais e ecótonos marginais (Ward *et al.*, 1999; Lasne *et al.*, 2007). Entretanto, considerando os riachos de cabeceira, a conectividade longitudinal (das cabeceiras até a foz dos sistemas lóticos) tem papel fundamental na dispersão, colonização e estabelecimento da ictiofauna, promovendo ainda a manutenção de populações viáveis (Pringle, 2001; Fagan, 2002; Laffaille, 2009).

Em escala amazônica, tanto fatores locais (em menor intensidade) quanto fatores regionais influenciam a ictiofauna. A integração de tais fatores, atuando em diferentes escalas geográficas e de tempo, tem influenciado a distribuição e a composição das assembléias de peixes de riachos da Amazônia cis-andina, contribuindo para a expressiva diversidade de peixes presente na região.

## Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), à FAPEAM e à Fundação O Boticário (financiamento concedido ao projeto “Igarapés” – [www.igarapes.bio.br](http://www.igarapes.bio.br)) pelo suporte financeiro durante as amostragens. Ao IBAMA pelas licenças de coleta de fauna, ao Inpa (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) pela infra-estrutura, ao Programa de Pós-graduação em Ecologia (Inpa) e aos revisores deste manuscrito. Os autores recebem bolsas de produtividade (W.E.M. e J.A.S.Z.) concedidas pelo CNPq.

## Referências Bibliográficas

- Adams, J. M. & Faure, H. (1997) Preliminary vegetation maps of the world since the Last Glacial Maximum: an aid to archaeological understanding. *Journal of Archaeological Science*, **24**, 623–647.
- Albert, J. S., Crampton, W. G. R., Thorsen, D. H. & Lovejoy, N. R. (2005) Phylogenetic systematics and historical biogeography of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (Teleostei:Gymnotidae). *Systematics and Biodiversity*, **2**, 375–417pp.
- Albert, J. S., Lovejoy, N. R. & Crampton, W. G. R. (2006) Miocene tectonism and the separation of cis- and trans-Andean river basins: Evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, **21**, 14-27.
- American Veterinary Medical Association (2001) Report of the AVMA Panel on Euthanasia. *JAVMA*, **218**, 669-696pp.
- Anhuf, D., Ledru, M.-P., Behling, H., Da Cruz Jr., F.W., Cordeiro, R.C., Van der Hammen, T., Karmann, I., Marengo, J.A., De Oliveira, P.E., Pessenda, L., Siffedine, A., Albuquerque, A.L. & Da Silva Dias, P.L. (2006) Paleo-environmental change in Amazonian and African rainforest during the LGM. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **239**, 510–527.



- Baker, P. A., Seltzer, G. O., Fritz, S. C., Dunbar, R. B., Grove, M. J., Tapia, P. M., Cross, S. L., Rowe, H. D. & Broda, J. P. (2001) The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science*, **291**, 640–643pp.
- Bermingham E. & Martin A.P. (1998) Comparative mtDNA phylogeography of Neotropical freshwater fishes: testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Molecular Ecology*, **7**, 499–517pp.
- Bonaccorso, E., Koch, I. & Peterson, A. T. (2006). Pleistocene fragmentation of Amazon species' ranges. *Diversity and Distributions*, **12**, 157-164.
- Braga-Neto, R., Luizão, R. C. C., Magnusson, W. E., Zuquim, G. & Castilho, C. V. (2008) Leaf litter fungi in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. *Biodiversity and Conservation*, **17**, 2701-2712pp.
- Bührnheim, C. M.; Carvalho, T. P.; Malabarba, L. R. & Weitzman, S. H. (2008). A new genus and species of characid fish from the Amazon basin: the recognition of a relictual lineage of characid fishes (Ostariophysi: Cheirodontinae: Cheirodontini). *Neotropical Ichthyology*, **6**, 663-678.
- Campbell Jr., K. E., Frailey, C. D. & Romero-Pittman, L. (2006) The Pan-Amazonian Ucayali Peneplain, late Neogene sedimentation in Amazonia, and the birth of the modern Amazon River system. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **239**, 166–219pp.
- Cardoso, Y. P. & Montoya-Burgos, J. I. (2009) Unexpected diversity in the catfish *Pseudancistrus brevispinis* reveals dispersal routes in a Neotropical center of endemism: the Guyanas Region. *Molecular Ecology*, **18**, 947–964pp.
- Castilho, C. V., Magnusson, W. E., Araújo, R. N. O., Luizão, R. C. C., Luizão, F. J., Lima, A. P. & Higuchi, N. (2006) Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, **234**, 85-96pp.

- Colinvaux, P. (1987) Amazon diversity in light of the paleoecological record. *Quaternary Science Reviews*, **6**, 93–114.
- Colinvaux, P. A. & De Oliveira, P. E. (2001) Palaeoecology and climate of the Amazon basin during the last glacial cycle. *Journal of Quaternary Science*, **15**, 347–356pp.
- Colinvaux, P.A., De Oliveira, P.E., Moreno, J.E., Miller, M.C. & Bush, M.B. (1996) A long pollen record from lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times. *Science*, **274**, 85–88.
- Cowling, S. A., Maslin, M. A. & Sykes, M. T. (2001) Paleovegetation Simulations of Lowland Amazonia and Implications for Neotropical Allopatry and Speciation. *Quaternary Research*, **55**, 140–149.
- Cox-Fernandes, C., Podos & J., Lundberg, J. G. (2004) Amazonian Ecology: Tributaries Enhance the Diversity of Electric Fishes. *Science*, **305**, 1960-1962.
- Dias, M. S., Magnusson, W. E. & Zuanon, J. (2010). Effects of Reduced-Impact Logging on Fish Assemblages in Central Amazonia. *Conservation Biology*, **24**, 278-286pp.
- Espírito-Santo, H. M. V., Magnusson, W. E., Zuanon, J., Mendonça, F. P. & Landeiro, V. L. (2009) Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, **54**, 536–548pp.
- Fagan, W. F. (2002) Connectivity, fragmentation, and extinction risk in dendritic metapopulations. *Ecology*, **83**, 3243–3249.
- Faith, D. P., Minchin, P. R. & Belbin, L. (1987) Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance: a theoretical model and computer simulations. *Vegetatio*, **69**, 57-68pp.
- Farias, I. P., Torrico, J. P., García-Dávila, C., Santos, M. C. F., Hrbek, T. & Renno, J.-F. (2010) Are rapids a barrier for floodplain fishes of the Amazon basin? A demographic study of the keystone floodplain species *Colossoma*

macropomum (Teleostei: Characiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, in press, doi:10.1016/j.ympev.2010.03.028.

Filipe, A. F., Araújo, M. B., Doadrio, I., Angermeier, P. L. & Collares-Pereira, M. J. (2009) Biogeography of Iberian freshwater fishes revisited: the roles of historical versus contemporary constraints. *Journal of Biogeography*, **36**, 2096–2110pp.

Géry, J. (1970) *Characoids of the world*. 672pp. T. F. H. Publications, Neptune City.

Golding, M., Barthem, R. & Ferreira, E. (2003) *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. ??p. Smithsonian Books, Washington, U.S.A.

Gordon, N. D., McMahon, T. A., Finlayson, B. L., Gippel, C. J. & Nathan R. J. (2004) *Stream Hydrology. An Introduction for Ecologists*. John Wiley & Sons, West Sussex.

Haffer, J. (2001) Hypotheses to explain the origin of species in Amazonia. *Diversidade Biológica e Cultural da Amazônia – Biological and Cultural Diversity of Amazonia*. (Ed. por I. C. G. Vieira, J. M. C. Silva, D. C. Oren, M. Â. D'Incao). 421pp. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA.

Hoeinghaus, D. J., Winemiller, K. O. & Birnbaum, J. S. (2007) Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups. *Journal of Biogeography*, **34**, 324-338pp.

Horn, C. (1993) Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, **105**, 267–309pp.

Horn, C. 1994. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle–Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **112**, 187–238pp.

- Horn, C., Guerrero, J., Sarmiento, G. A. & Lorente, M. A. (1995) Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, **23**, 237–240pp.
- Hrbek, T., Deus, C. P. & Farias, I. P. (2004). *Rivulus duckensis* (Teleostei; Cyprinodontiformes): New species from the Tarumã basin of Manaus, Amazonas, Brazil and its relationship to other Neotropical Rivulidae. *Copeia*, **3**, 569-576pp.
- Hubert, N. & Renno, J. F. (2006) Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, **33**, 1414-1436pp.
- Hubert, N., Duponchelle, F., Nuñez, J., Garcia-Davila, C., Paugy, D. & Renno, J. F. (2007) Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implications for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, **16**, 2115–2136pp.
- Jackson, D. A. & Harvey, H. H. (1989) Biogeographic associations in fish assemblages: local vs. regional processes. *Ecology*. **70**, 1472-1484pp.
- Johnson, R. K., Furse, M. T., Hering, D. & Sandin, L. (2007) Ecological relationships between stream communities and spatial scale: implications for designing catchment-level monitoring programmes. *Freshwater Biology*. **52**, 939-958pp.
- Junk, W., Bayley, J. B. & Sparks, R. E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Proceedings of the International Large River Symposium*. (ed. por D. P. Dodge). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.
- Kenkel, N. C. & Orłóci, L. (1986) Applying metric and nonmetric multidimensional scaling to ecological studies: some new results. *Ecology*, **67**, 919-928pp.
- Laffaille, P., Lasne, E. & Baisez A. (2009) Effects of improving longitudinal connectivity on colonisation and distribution of European eel in the Loire catchment, France. *Ecology of Freshwater Fish*, **18**, 610–619.

- Lasne, E., Lek, S. & Laffaille, P. (2007) Patterns in fish assemblages in the Loire floodplain: The role of hydrological connectivity and implications for conservation. *Biological Conservation*, **139**, 258–268.
- Latrubesse, E. M., Silva, S. A. F., Cozzuol, M. & Absy, M. L. (2007) Late Miocene continental sedimentation in southwestern Amazonia and its regional significance: Biotic and geological evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, **23**, 61–80pp.
- Latrubesse, E. M., Stevaux, J. C. & Sinha, R. (2005) Tropical rivers. *Geomorphology*, **70**, 187–206pp.
- Legendre, P. & Legendre, L. (1998). *Numerical ecology*. 853 p. **2ed**. Elsevier Science BV, Amsterdam.
- Lundberg, J. O., Marshall, L. G.; Guerrero, J., Horton, B., Malabarba, C. & Wesselingh, F. (1998) The stage for neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers. *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. (ed. por L. R. Malabarba, R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. S. Lucena, C. A. S. Lucena). 13-48pp. Edpuers, Porto Alegre.
- Magnusson, W. E., Lima, A. P., Luizão, R. C., Luizão, F., Costa, F. R. C., Castilho, C. V. & Kinupp, V. F. (2005) RAPELD: uma modificação do método de Gentry pra inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. *Biota Neotropica*, **5**, <<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005>>.
- Malabarba L. R., Reis R. E., Vari R. P., Lucena Z. M. & Lucena C. A. S. (1998) *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. 603 p. Edipucrs, Porto Alegre, RS.
- Matthews, W. J. (1998) *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. 1-28pp. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. USA.
- Mendonça, F. P., Magnusson, W. E. & Zuanon, J. (2005) Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia. *Copeia*, **4**, 750-763pp.

- Menin, M., Lima, A. P., Magnusson, W. E. & Waldez, F. (2007) Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology*, **23**, 539-547pp.
- Minchin, P. R. (1987) Simulation of multidimensional community patterns: toward a comprehensive model. *Vegetatio*, **71**, 145-156pp.
- Mojica, J. I., Castellanos, C., Lobón-Cerviá, J. (2009) High temporal species turnover enhances the complexity of fish assemblages in Amazonian *Terra firme* streams. *Ecology of Freshwater Fish*, **18**, 520–526.
- Monsch, K. A. (1998). Miocene fish faunas from the northwestern amazonia basin (Colombia, Peru, Brazil) with evidence of marine incursions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **143**, 31–50.
- Montoya-Burgos, J. I. (2003) Historical biogeography of the catfish genus *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, **12**, 1855–1867pp.
- Oberdorff, T., Hugueny, B. Compin, A. & Belkessam, D. (1998) Non-interactive fish communities in the coastal streams of North-western France. *Journal of Animal Ecology*, **68**, 472-484pp.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'hara, R. G., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. (2010) vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Pazin, V. F. V.; Magnusson, W. E.; Zuanon J.; Mendonça, F. P. 2006. Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology*, 51: 1025-1037.
- Pont, D., Hugueny, B. & Oberdorff, T. (2005) Modelling habitat requirement of European fishes: do species have similar responses to local and regional environmental constraints? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **62**, 163–173pp.

- Pringle, C. M. (2001) Hidrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecological Applications*, **11**, 981-998.
- R Development Core Team (2009) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ready, J. S., Ferreira, E. J. G. & Kullander, S. O. (2006). Discus fishes: mitochondrial DNA evidence for a phylogeographic barrier in the Amazonian genus *Symphysodon* (Teleostei: Cichlidae). *Journal of Fish Biology*, **69**, 200–211.
- Reis, R. E., Kullander, S. O. & Ferraris Jr., C. J. (2003) *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. 742 p. EDIPUCRS, Porto Alegre, RS.
- Rossetti, D. F., Toledo, P. M. & Góes, A. M. (2005) New geological framework for Western Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research*, **63**, 78-89 pp.
- Silva, J. M. C., Rylands, A. B. & Fonseca, G. A. B. (2005) The Fate of the Amazonian Areas of Endemism. *Conservation Biology*, **19**, 689-694.
- Tedesco, P. A., Oberdorff, T., Lasso, C. A., Zapata, M., Hugueny, B. (2005) Evidence of history in explaining diversity patterns in tropical riverine fish. *Journal of Biogeography*, **32**, 1899-1907pp.
- Van der Hammen, T. & Absy, M.L., (1994) Amazonia during the last glacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **109**, 247-261.
- Van Der Hammen, T. & Hooghiemstra, H. (2000) Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Review*, **19**, 725–742pp.
- Van der Hammen, T., Duivenvoorden, J.F., Lips, J.M., Urrego, L.E. & Espejo, N., 1992. Late Quaternary of the middle Caquetá River area (Colombian Amazonia). *Journal Quaternary Science*, **7**, 45-55.

- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R. & Cushing, C. E. (1980) The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **37**, 130-137.
- Walsh, R. P. D. (1996) The climate, *The Tropical Rain Forest: an ecological study*. (Ed. por P. W. RICHARDS). 159-255pp. Cambridge University Press.
- Wantzen, K. M., Ramírez, A. & Winemiller, K. O. 2006. New vistas in Neotropical stream ecology — Preface. *Journal of the North American Benthological Society* , 25, 61–65.
- Ward, J.V., Tockner, K. & Schiemer, F. (1999). Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management*, **15**, 125–139.
- Wiens, J. J. & Donoghue M. J. (2004) Historical biogeography, ecology and species richness. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 19, 639-644.
- Winemiller, K. O., López-Fernández, H., Taphorn, D. C., Nico, L. G. & Duque, A. B. (2008) Fish assemblages of the Casiquiare River, a corridor and zoogeographical filter for dispersal between the Orinoco and Amazon basins. *Journal of Biogeography*, **35**, 1551–1563pp.



## Tabelas

**Tabela 1** – Média (e amplitude de variação) dos fatores físico-químicos da água mensurados em riachos de 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> ordem, distinguidos pelas drenagens estudadas.

Drenagens	pH	Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Oxigênio Dissolvido (mg/l)	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )
Rio Japurá	5,0 (3,8-6,1)	32,5 (4,3-86,0)	6,5 (4,8-7,7)	24,7 (23,5-26,4)
Rio Solimões	4,8 (3,8-6,0)	8,0 (4,19-19,7)	6,2 (4,2-7,5)	25,2 (24,3-26,4)
Rio Purus	5,6 (4,4-6,2)	51,4 (15,8-88,2)	4,7 (2,4-6,3)	25,0 (23,9-29,0)
Rio Madeira	4,6 (3,9-6,3)	23,1 (7,00-91,6)	4,9 (0,7-7,0)	25,1 (23,0-28,9)
Rio Amazonas	4,8 (4,3-5,6)	26,8 (3,30-64,3)	5,7 (3,6-7,0)	24,9 (23,0-29,4)
Rio Negro	4,3 (3,3-4,9)	21,2 (3,43-78,0)	4,4 (1,0-8,1)	24,9 (24,0-26,4)
Rio Nhamundá	5,6 (5,5-5,8)	118,9 (81,4-138,7)	5,4 (5,3-5,4)	24,4 (23,7-25,0)
Rio Trombetas	5,6 (5,4-6,0)	103,9 (41,8-196,6)	5,7 (5,2-6,2)	24,4 (23,0-27,6)
Rio Tapajós	5,2 (3,9-6,8)	35,2 (10,4-84,1)	3,3 (0,6-6,7)	24,6 (23,6-29,4)
Rio Xingu	6,2 (5,3-7,0)	83,1 (62,0-98,9)	5,7(5,3-6,3)	24,8 (23,6-25,6)

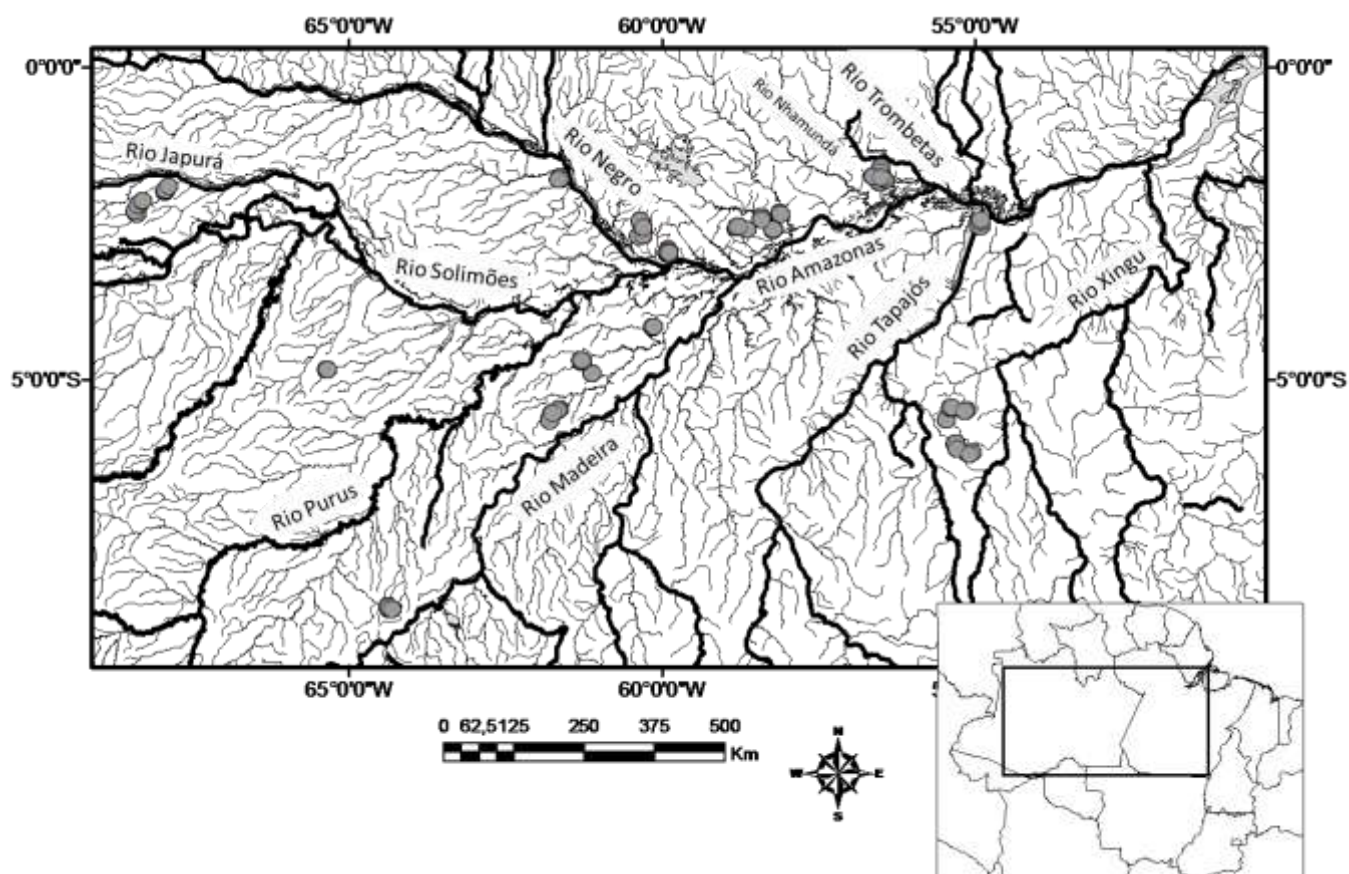
**Tabela 2** - Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA), demonstrando a relação entre os fatores ambientais locais (físico-química da água e fatores estruturais dos riachos), seus loadings, e a porcentagem de variância explicada pelos quatro primeiros componentes. Em negrito destacam-se as variáveis com loadings > 0,35.

Variáveis Ambientais Locais	PCA 1	PCA 2	PCA 3	PCA 4
pH	0,183	-0,186	<b>0,501</b>	-0,108
Condutividade	0,095	-0,128	<b>0,498</b>	-0,096
Oxigênio Dissolvido	0,103	<b>-0,374</b>	-0,205	-0,103
Velocidade Média da Correnteza	0,324	-0,181	-0,135	<b>0,358</b>
Largura Média	<b>0,388</b>	0,145	0,075	0,277
Vazão	<b>0,526</b>	-0,003	-0,045	0,092
Profundidade Média	<b>0,398</b>	0,262	-0,138	<b>-0,439</b>
Profundidade Máxima	0,326	0,271	-0,150	<b>-0,514</b>
Areia	0,126	<b>-0,470</b>	-0,213	-0,025
Argila	0,162	0,069	0,282	0,071
Liteira	-0,214	<b>0,515</b>	0,006	0,064
Liteira Fina	-0,153	-0,200	-0,002	<b>-0,389</b>
Troncos	0,132	0,203	-0,221	0,342
Macrófitas	-0,008	0,009	0,257	-0,034
Raízes	0,019	-0,132	-0,203	0,030
Seixos	0,020	-0,131	0,035	-0,033
Rochas	0,143	0,027	0,304	0,088
Outros Substratos	-0,024	0,083	0,131	0,099
% de Variância Explicada	0,1658	0,1371	0,1062	0,0871
% de Variância Acumulada	0,1658	0,3029	0,4091	0,4962

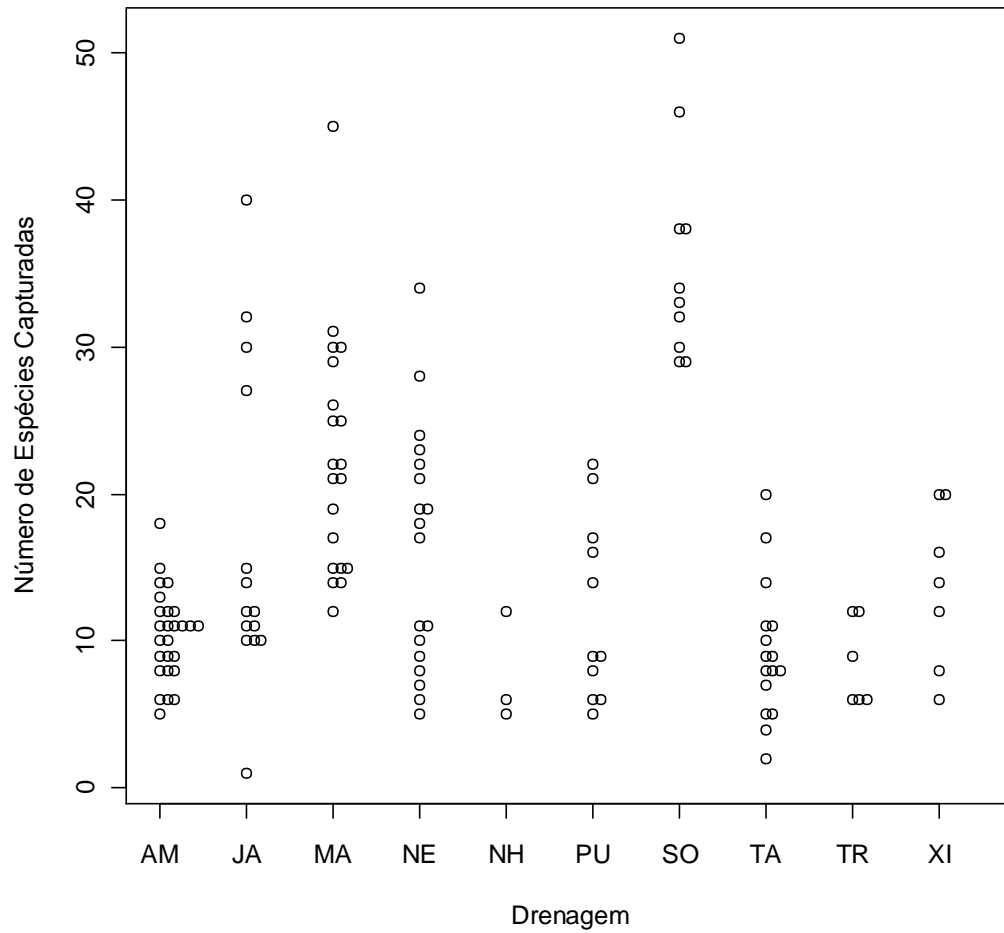
**Tabela 3** - Resultados da Análise de Variância Múltipla Multivariada (MANOVA), correlacionando a composição das assembléias de peixes (representados pelos eixos dos NMDS) com os fatores ambientais locais (expressos pelos quatro eixos da PCA), fatores históricos, climáticos e biogeográficos.

<b>Ordenação baseada em dados de Abundância</b>	<b>Pillai</b>	<b>Num Df</b>	<b>Den Df</b>	<b>P</b>
PCA1 (Largura; Vazão; Prof. Média)	0,066	3	103	0,069
PCA2 (Liteira; Areia; O <sub>2</sub> dissolv.)	0,323	3	103	<b>0,000</b>
PCA3 (pH; Condutividade)	0,398	3	103	<b>0,000</b>
PCA4 (Vel. Corrente; Prof. Méd e Máx.; Liteira fina)	0,227	3	103	<b>0,007</b>
Drenagem	1,239	24	315	<b>0,000</b>
Sistema de Drenagem	0,243	6	208	<b>0,000</b>
Formação Geológica	1,589	9	315	<b>0,000</b>
Paleo-Bacia Hidrográfica	0,009	3	103	0,823
Fitofisionomia	0,486	15	315	<b>0,001</b>
Fitofisionomia no Último Máximo Glacial	0,161	3	103	<b>0,000</b>
Duração da seca (Índ. Walsh)	0,069	3	103	0,061
<b>Ordenação baseada em dados de Presença/Ausência</b>	<b>Pillai</b>	<b>Num Df</b>	<b>Den Df</b>	<b>P</b>
PCA1 (Largura; Vazão; Prof. Média)	0,116	3	103	<b>0,005</b>
PCA2 (Liteira; Areia; O <sub>2</sub> dissolv.)	0,416	3	103	<b>0,000</b>
PCA3 (pH; Condutividade)	0,367	3	103	<b>0,000</b>
PCA4 (Vel. Corrente; Prof. Méd e Máx.; Liteira fina)	0,324	3	103	<b>0,000</b>
Drenagem	1,307	24	315	<b>0,000</b>
Sistema de Drenagem	0,422	6	208	<b>0,000</b>
Formação Geológica	1,609	9	315	<b>0,000</b>
Paleo-Bacia Hidrográfica	0,074	3	103	<b>0,047</b>
Fitofisionomia	0,455	15	315	<b>0,004</b>
Fitofisionomia no Último Máximo Glacial	0,268	3	103	<b>0,000</b>
Duração da seca (Índ. Walsh)	0,069	3	103	0,061

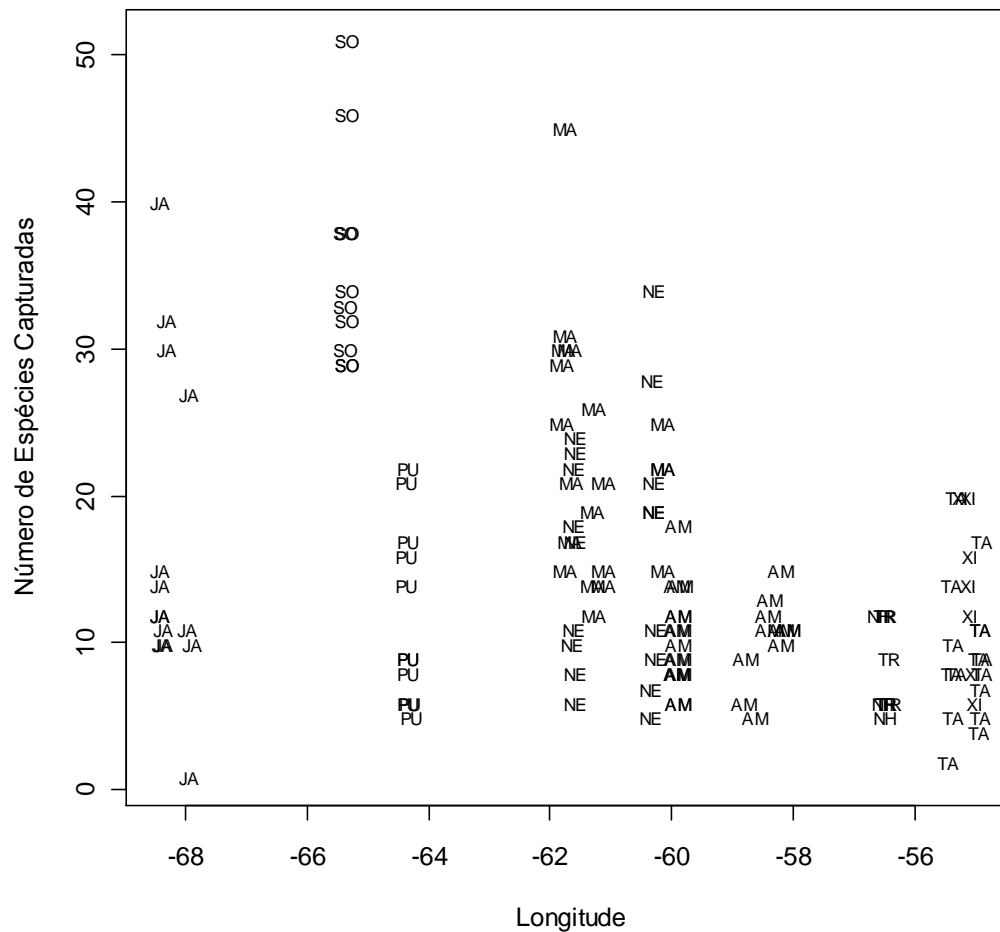
## Figuras



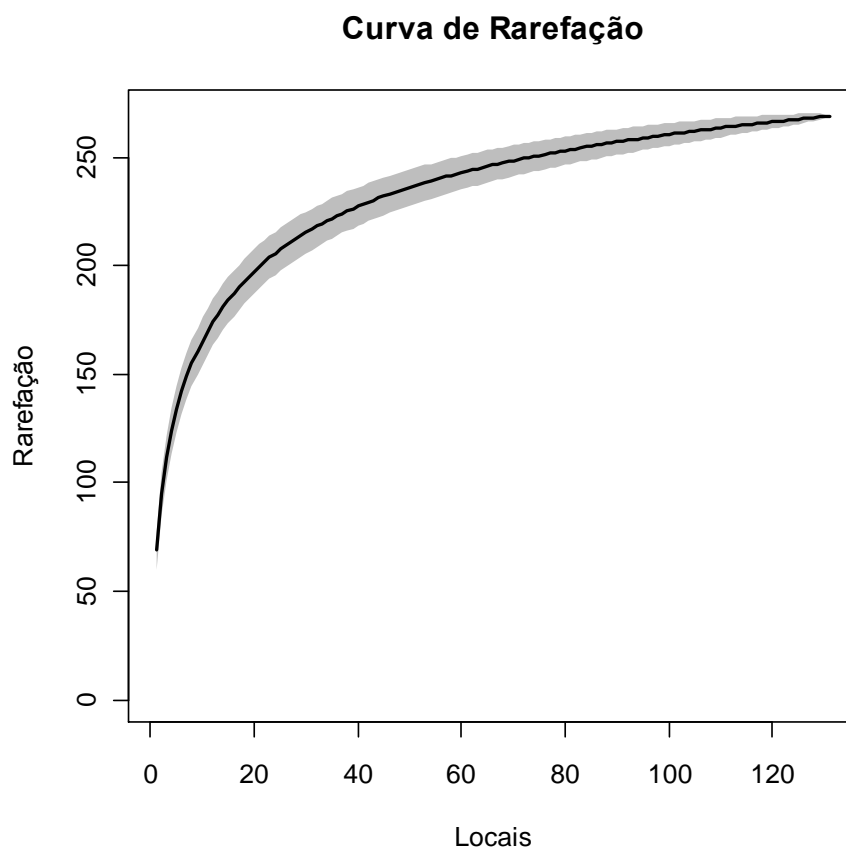
**Figura 18** – Localização geográfica dos riachos estudados. Círculos em cinza correspondem aos pontos amostrais, em distintas drenagens que compõem a Bacia Amazônica.



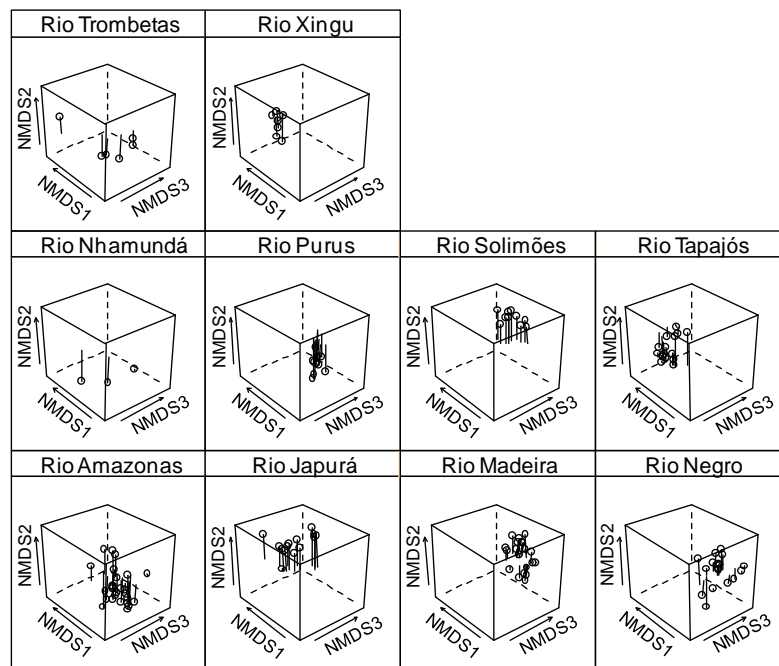
**Figura 19** – Número de espécies capturadas por ponto de coleta em riachos nas diferentes drenagens presentes na Amazônia Brasileira. As drenagens estão identificadas pelos códigos: AM=rio Amazonas; JA=rio Japurá; MA=rio Madeira; NE=rio Negro; NH=rio Nhamundá; PU = rio Purus; SO=rio Solimões; TA=rio Tapajós; TR=rio Trombetas; XI=rio Xingu.



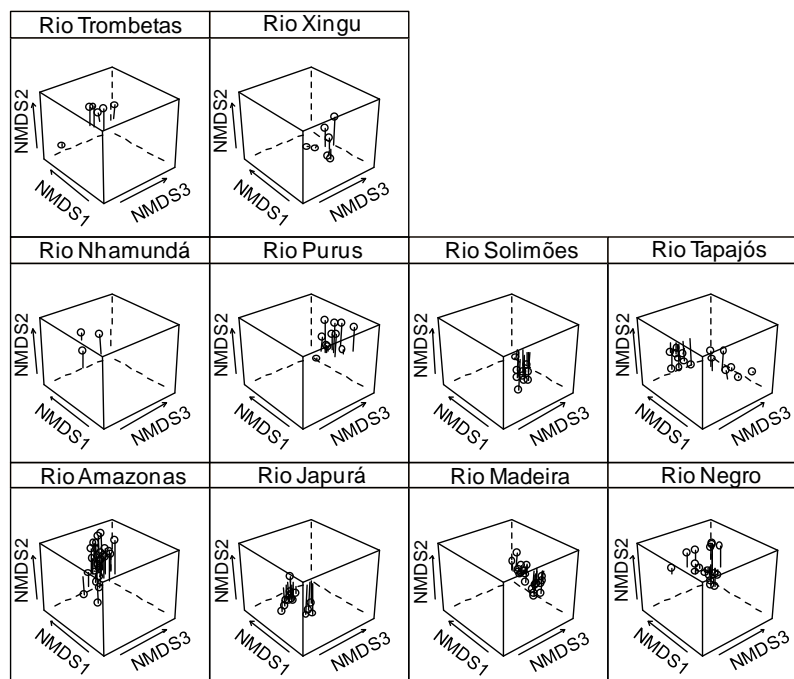
**Figura 20** – Variação longitudinal do número de espécies de peixes ao longo da Amazônia Brasileira. Os riachos amostrados são representados pelas siglas que demonstram a localização destes nas Drenagens - AM=rio Amazonas; JA=rio Japurá; MA=rio Madeira; NE=rio Negro; NH=rio Nhamundá; PU = rio Purus; SO=rio Solimões; TA=rio Tapajós; TR=rio Trombetas; XI=rio Xingu.



**Figura 21** – Curva de rarefação de espécies de peixes obtida a partir de 131 riachos amostrados na Amazônia Legal Brasileira.

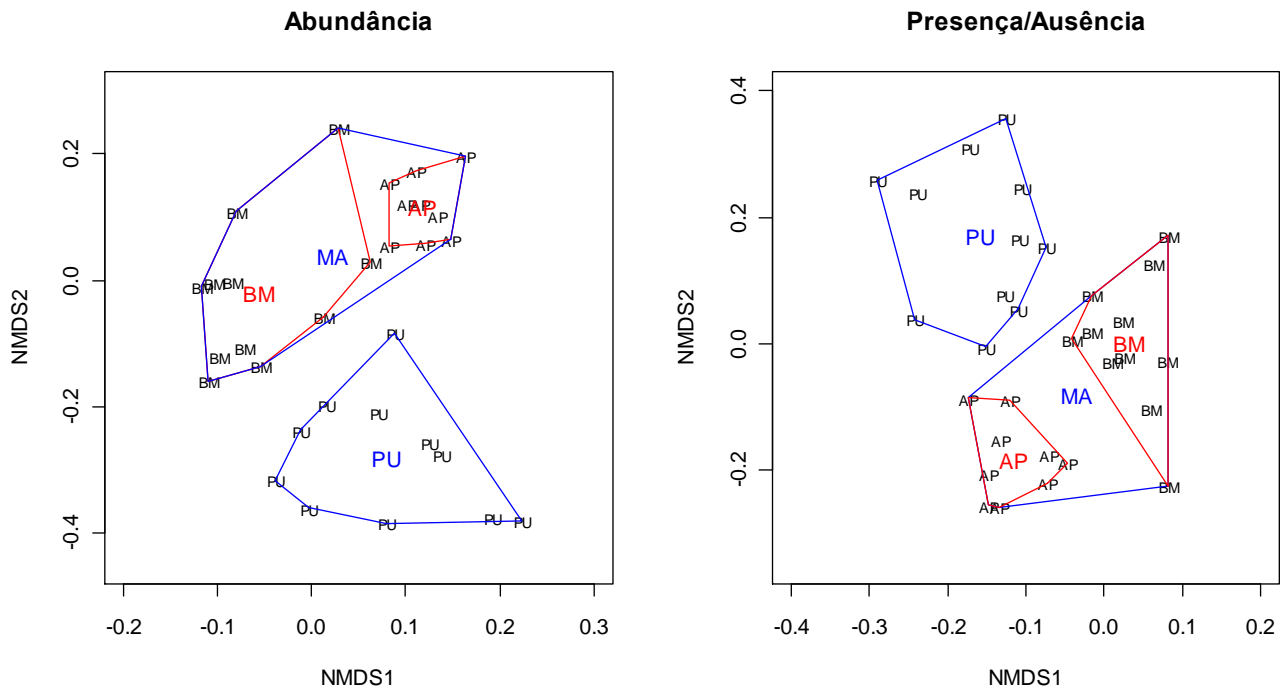


**Figura 22** – Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados com base em dados de abundância das espécies de peixes locados separadamente nos gráficos para cada drenagem.

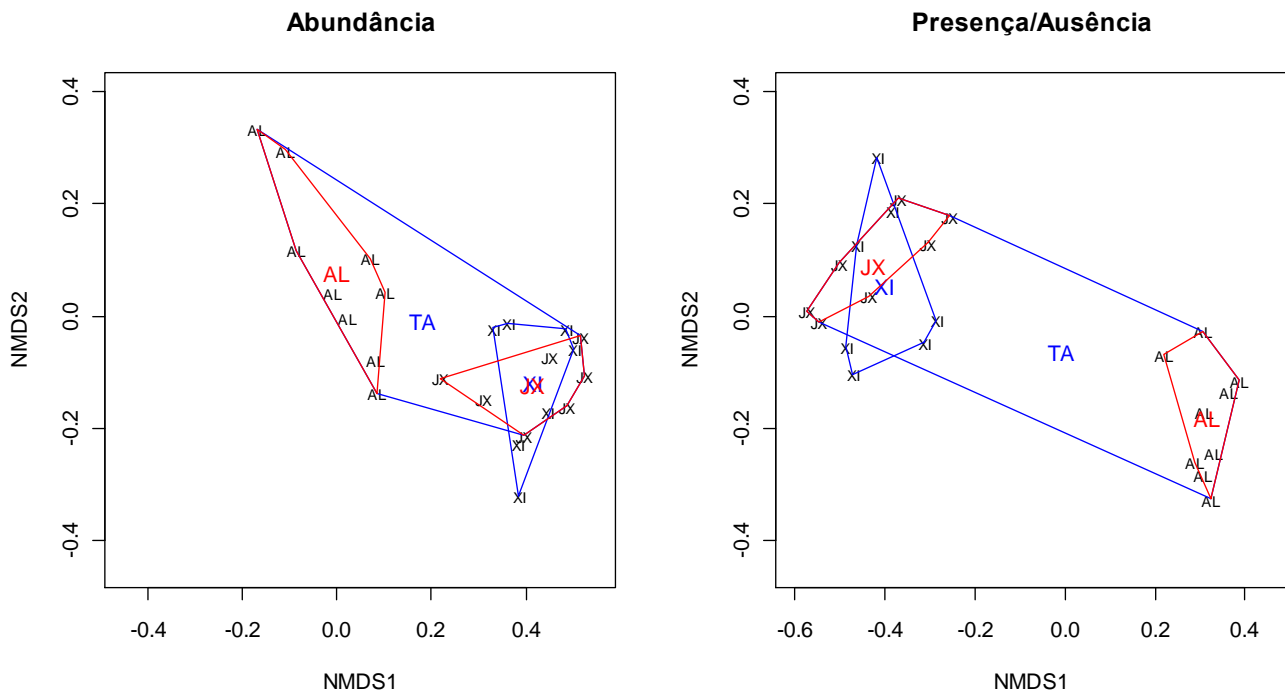


**Figura 23** – Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) dos locais amostrados com base em dados de presença/ausência das espécies de peixes locados separadamente nos gráficos para cada drenagem.





**Figura 24** – Ordenações por NMDS (utilizando os dois primeiros eixos) dos locais amostrados nas drenagens dos rios Purus (PU) e Madeira (MA), baseadas em dados quantitativos e qualitativos. Os sítios amostrados no rio Madeira são provenientes de dois sistemas de drenagem distintos, na região do Baixo Madeira (BM) e na região do rio Amapá (AP). Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a sua localização. As siglas em cores representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem (em vermelho) e de uma drenagem (em azul). Linhas azuis delimitam os locais amostrados em cada drenagem, enquanto linhas vermelhas delimitam amostragens em um mesmo sistema de drenagem.



**Figura 25** – Ordenações por NMDS (utilizando os dois primeiros eixos) dos locais amostrados nas drenagens dos rios Tapajós (TA) e Xingu (XI), baseadas em dados quantitativos e qualitativos. Os sítios amostrados no rio Tapajós são provenientes de dois sistemas de drenagem distintos, na região de Alter do Chão (AL) e na região do rio Jamanxim (JX). Os riachos são representados pelas siglas que demonstram a sua localização. As siglas em cores representam o ponto centróide, ou seja, a menor distância entre todos os pontos de um sistema de drenagem (em vermelho) e de uma drenagem (em azul). Linhas azuis delimitam os locais amostrados em cada drenagem, enquanto linhas vermelhas delimitam amostragens em um mesmo sistema de drenagem.

## Conclusões Finais

---

Fatores locais, regionais e pan-amazônicos influenciam a composição da ictiofauna de riachos na Amazônia Cis-andina. Assembléias estabelecidas em micro-bacias sofrem influência de fatores locais e, desta forma, eventos pontuais podem afetar sua composição em períodos sazonais ou anuais. A composição faunística entre sistemas de drenagem é relacionada a fatores locais (em menor intensidade), eventos históricos localizados (como capturas de drenagem), a distância estabelecida entre os sistemas ou mesmo a presença de barreiras ecológicas, os quais podem acarretar em assembléias distintas em centenas ou alguns milhares de anos. Fatores históricos de grandes proporções, eventos climáticos atuais e do passado, bem como as macro distâncias entre as drenagens e os sistemas de drenagem que compõem a bacia amazônica, em centenas de milhares ou mesmo alguns milhões de anos, influenciaram os processos de dispersão de espécies, afetando a biogeografia e a diversidade gama atual dos peixes de riachos na Amazônia.

# Anexos

---

## Capítulo 1

**Anexo A** – Composição ictiofaunística dos riachos de cabeceira da Amazônia Central, indicando os sistemas de drenagem onde as espécies foram capturadas. Os sistemas de drenagem encontram-se ordenados de oeste para leste.

**Anexo B** – Localização geográfica, fatores físico-químicos da água e estruturais locais dos riachos amostrados nos sistemas de drenagem da Amazônia Central.

Abreviaturas e unidades – Temp.: temperatura (°C); Cond. : condutividade (µS/cm); O<sub>2</sub>: oxigênio dissolvido (mg/l); Vm: velocidade superficial média da correnteza (cm/s); Larg.: largura do canal (m); Vz.: vazão (m<sup>3</sup>/s); Prof. Méd.: profundidade média (m); Prof. Máx.: profundidade máxima (m). Substratos (em porcentagem de cobertura do leito dos riachos) – AR: areia; LT: liteira (folhiço); LF: liteira particulada fina; TR: troncos; MC: macrófitas aquáticas; RA: raízes; SE: seixos; AF: algas filamentosas; FE: sedimentos ferruginosos; OS: outros substratos (argila e rochas).

## Capítulo 2

**Anexo C** – Composição ictiofaunística dos riachos de cabeceira da Amazônia cis-andina, indicando as drenagens onde as espécies foram capturadas. As drenagens encontram-se ordenadas de oeste para leste, considerando os sítios amostrados.

**Anexo D** – Fatores físico-químicos da água e estruturais locais dos riachos amostrados nas distintas drenagens da Amazônia Cis-andina. Abreviaturas e unidades – Temp.: temperatura (°C); Cond. : condutividade (µS/cm); O<sub>2</sub>: oxigênio dissolvido (mg/l); Vm: velocidade superficial média da correnteza (cm/s); Larg.: largura do canal (m); Vz.: vazão (m<sup>3</sup>/s); Prof. Méd.: profundidade média (m); Prof. Máx.: profundidade máxima (m). Substratos (em porcentagem de cobertura do leito dos riachos) – AR: areia; AG: argila; LT: liteira (folhiço); LF: liteira particulada fina; TR: troncos; MC: macrófitas aquáticas; RA: raízes; SE: seixos; RO: rochas ; OS: outros substratos (algas filamentosas e sedimentos ferruginosos).

**Anexo E** – Localização geográfica, fatores históricos, biogeográficos e climáticos dos riachos amostrados nas distintas drenagens da Amazônia Cis-andina.

**Anexo A** – Composição ictiofaunística dos riachos de cabeceira da Amazônia Central, indicando os sistemas de drenagem onde as espécies foram capturadas. Os sistemas de drenagem encontram-se ordenados de oeste para leste.

Taxa	Rio Cuieiras	"Iranduba"	Rio Tarumã	Rio Puraquequara	Rio Preto da Eva	Rio Urubu	Rio Uatumã
<b>Characiformes</b>							
<b>Anostomidae</b>							
<i>Leporinus klausewitzii</i>	X						
<b>Characidae</b>							
<i>Aphyocharacidium bolivianum</i>				X			
<i>Bryconops affinis</i>					X	X	
<i>Bryconops caudomaculatus</i>				X		X	
<i>Bryconops giacopinii</i>			X	X			X
<i>Bryconops humeralis</i>	X						
<i>Bryconops inpai</i>	X		X	X	X	X	
<i>Gnathocharax steindachneri</i>	X						X
<i>Hemigrammus belottii</i>	X				X	X	
<i>Hemigrammus cf. pretoensis</i>			X	X	X	X	X
<i>Hemigrammus gracilis</i>						X	
<i>Hemigrammus melanochrous</i>					X		
<i>Hemigrammus microstomus</i>						X	
<i>Hemigrammus ocellifer</i>	X	X					
<i>Hemigrammus vorderwinkleri</i>	X						
<i>Hyphessobrycon aff. serpae</i>	X						
<i>Hyphessobrycon aff. sweglesi</i>	X						
<i>Hyphessobrycon cf. agulha</i>	X		X	X	X	X	X
<i>Hyphessobrycon heterorhabdus</i>	X						
<i>Hyphessobrycon melazonatus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Iguanodectes geisleri</i>	X		X				
<i>Iguanodectes spilurus</i>						X	
<i>Iguanodectes variatus</i>						X	
<i>Moenkhausia collettii</i>	X						
<i>Tucanoichthys tucano</i>							X
<b>Crenuchidae</b>							
<i>Ammocryptocharax elegans</i>	X			X			
<i>Characidium aff. pteroides</i>						X	
<i>Crenuchus spilurus</i>	X	X	X	X			X
<i>Elachocharax junki</i>	X						
<i>Elachocharax mitopterus</i>	X						X
<i>Elachocharax pulcher</i>	X						X
<i>Microcharacidium eleotrioides</i>		X	X	X		X	X
<i>Microcharacidium weitzmani</i>	X						
<i>Poecilocharax weitzmani</i>			X				
<b>Erythrinidae</b>							
<i>Erythrinus erythrinus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hoplias malabaricus</i>	X	X	X	X	X		X
<b>Gasteropelecidae</b>							
<i>Carnegiella strigata</i>	X			X			X
<b>Lebiasinidae</b>							
<i>Copella meinkenii</i>		X					X
<i>Copella nattereri</i>	X	X				X	X
<i>Copella nigrofasciata</i>				X		X	
<i>Nannostomus marginatus</i>	X		X	X			X
<i>Pyrrhulina brevis</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Pyrrhulina laeta</i>	X	X					

Taxa	Rio Cuieiras	"Iranduba"	Rio Tarumã	Rio Puraquequara	Rio Preto da Eva	Rio Urubu	Rio Uatumã
<b>Cyprinodontiformes</b>							
<b>Rivulidae</b>							
<i>Rivulus kirovskyi</i>	X	X	X	X			
<i>Rivulus micropus</i>			X	X	X	X	X
<i>Rivulus obscurus</i>		X					X
<i>Rivulus</i> sp. "anal borda preta"							X
<i>Rivulus</i> sp. "bandas na cauda"						X	X
<i>Rivulus</i> sp. "iranduba"		X					
<i>Rivulus</i> sp. "pintas brancas"		X					
<b>Gymnotiformes</b>							
<b>Gymnotidae</b>							
<i>Gymnotus carapo</i>		X					
<i>Gymnotus coropinae</i>		X	X	X	X	X	X
<i>Gymnotus pedanopterus</i>	X		X	X	X		X
<i>Gymnotus</i> sp. "tigrinus"						X	X
<b>Hypopomidae</b>							
<i>Brachyhypopomus brevirostris</i>	X						
<i>Brachyhypopomus</i> sp. "wa"	X						
<i>Brachyhypopomus</i> sp. "zebra"			X				
<i>Hypopygus lepturus</i>	X					X	X
<i>Hypopygus neblinae</i>							X
<i>Hypopygus</i> sp. "escuro"		X					
<i>Microsternarchus bilineatus</i>	X	X		X			X
<i>Microsternarchus</i> sp. "cauda longa, olho grande"	X						
<i>Steatogenes duidae</i>	X			X	X		
<b>Rhamphichthyidae</b>							
<i>Gymnorhamphichthys petiti</i>							X
<b>Sternopygidae</b>							
<i>Sternopygus aequilabiatus</i>							X
<b>Perciformes</b>							
<b>Cichlidae</b>							
<i>Acaronia nassa</i>							X
<i>Aequidens pallidus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<i>Apistogramma</i> aff. <i>trifasciata</i>				X			
<i>Apistogramma agassizii</i>	X	X	X				X
<i>Apistogramma hippolytae</i>					X	X	X
<i>Apistogramma</i> sp. "base da dorsal preta"		X				X	
<i>Apistogramma steindachneri</i>						X	
<i>Cichla monoculus</i>							X
<i>Crenicichla inpa</i>	X		X		X	X	
<i>Crenicichla notophthalmus</i>	X						X
<i>Crenicichla</i> sp. "alta"					X		
<i>Hypselecara coryphaenoides</i>							X
<i>Laetacara thayeri</i>		X					
<b>Gobiidae</b>							
<i>Microphilypnus amazonicus</i>	X						X
<i>Microphilypnus macrostoma</i>	X						
<b>Polycentridae</b>							
<i>Monocirrhus polyacanthus</i>	X						X
<b>Siluriformes</b>							
<b>Auchenipteridae</b>							
<i>Tatia brunnea</i>					X		
<i>Tatia</i> sp. "ocelo branco"					X	X	
<i>Tetranematichthys wallacei</i>	X						
<b>Callichthyidae</b>							
<i>Callichthys callichthys</i>			X	X		X	

Taxa	Rio Cuieiras	"Iranduba"	Rio Tarumã	Rio Puraquequara	Rio Preto da Eva	Rio Urubu	Rio Uatumã
<i>Megalechis thoracata</i>	X						
<b>Cetopsidae</b>							
<i>Denticetopsis seducta</i>					X		
<i>Helogenes marmoratus</i>	X	X	X	X	X	X	X
<b>Doradidae</b>							
<i>Acanthodoras cataphractus</i>	X						
<b>Heptapteridae</b>							
<i>Brachyglanis microphthalmus</i>					X	X	
<i>Gladioglanis conquistador</i>	X						
<i>Imparfinis pristos</i>			X	X			
<i>Mastiglanis asopos</i>				X			
<i>Nemuroglanis lanceolatus</i>	X					X	
<i>Nemuroglanis pauciradiatus</i>	X	X					
<i>Nemuroglanis</i> sp. n. "zua"				X		X	
<i>Rhamdia quelen</i>				X	X	X	
<b>Loricariidae</b>							
<i>Acestridium discus</i>	X				X	X	
<i>Acestridium martini</i>	X						
<i>Ancistrus</i> aff. <i>hoplogeny</i> s				X	X	X	
<i>Parotocinclus longirostris</i>			X				
<i>Rineloricaria lanceolata</i>			X	X	X	X	
<b>Scoloplacidae</b>							
<i>Scoloplax distolothrix</i>	X						
<b>Trichomycteridae</b>							
<i>Ammoglanis</i> sp.							X
<i>Ituglanis amazonicus</i>			X	X		X	X
<i>Pygidianops</i> sp. n.			X				
<b>Synbranchiformes</b>							
<b>Synbranchidae</b>							
<i>Synbranchus lampreia</i>					X		
<i>Synbranchus madeirae</i>	X	X	X			X	X
<i>Synbranchus</i> sp. "reticulado"	X	X	X	X			X

**Anexo B** – Localização geográfica, fatores físico-químicos da água e estruturais locais dos riachos amostrados nos sistemas de drenagem da Amazônia Central. Abreviaturas e unidades – Temp.: temperatura (°C); Cond. : condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ );  $\text{O}_2$ : oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{l}$ ); Vm: velocidade superficial média da correnteza ( $\text{cm}/\text{s}$ ); Larg.: largura do canal (m); Vz.: vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ); Prof. Méd.: profundidade média (m); Prof. Máx.: profundidade máxima (m). Substratos (em porcentagem de cobertura do leito dos riachos) – AR: areia; LT: liteira (folhiço); LF: liteira particulada fina; TR: troncos; MC: macrófitas aquáticas; RA: raízes; SE: seixos; AF: algas filamentosas; FE: sedimentos ferruginosos; OS: outros substratos (argila e rochas).

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	pH	Temp.	Cond.	$\text{O}_2$	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	LT	LF	TR	MC	RA	SE	AF	FE	OS
P-001	-2,70534	-60,38371	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,9	7,24	24,1	7,66	7,49	1,41	0,01	0,14	0,22	0,50	0,11	0,31	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P-002	-2,70696	-60,37450	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,7	6,16	25,9	7,32	5,33	0,65	0,00	0,07	0,09	0,33	0,22	0,39	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
P-003	-2,69610	-60,29520	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,1	22,1	24,6	5,9	8,52	1,20	0,03	0,36	0,60	0,25	0,19	0,06	0,03	0,03	0,31	0,00	0,00	0,00	0,14
P-004	-2,56288	-60,31760	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,91	8,95	24	5,89	17,77	1,40	0,03	0,16	0,25	0,00	0,81	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-005	-2,53612	-60,31720	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,4	12,58	24,3	5,54	17,09	2,45	0,10	0,27	0,45	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-006	-2,52350	-60,33480	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,21	15,38	24,7	5,71	30,54	2,60	0,16	0,25	0,40	0,08	0,56	0,11	0,06	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
P-007	-2,49308	-60,33419	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,31	10,04	24,6	5,74	16,05	2,53	0,16	0,38	0,54	0,11	0,42	0,03	0,03	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00
P-008	-2,45865	-60,34600	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,08	11,77	25,1	4,8	23,20	3,38	0,20	0,29	0,44	0,00	0,61	0,03	0,06	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
P-009	-2,57325	-60,29582	Rio Negro	Rio Cuieiras	4,01	9,41	24,8	8,08	26,42	2,46	0,15	0,20	0,32	0,36	0,06	0,28	0,06	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
P-010	-3,10747	-60,32277	Rio Negro	"Iranduba"	4,16	27,7	25,2	4,08	20,99	1,20	0,01	0,06	0,11	0,08	0,39	0,36	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-011	-3,17865	-60,24708	Rio Negro	"Iranduba"	4,29	25,6	25,9	6,25	14,21	1,38	0,02	0,09	0,14	0,31	0,42	0,19	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
P-012	-3,18227	-60,28313	Rio Negro	"Iranduba"	4,35	18,2	24,3	5,8	17,86	3,03	0,21	0,43	0,65	0,39	0,36	0,14	0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-013	-3,17897	-60,27786	Rio Negro	"Iranduba"	4,27	18,2	25,2	5,93	24,43	2,19	0,15	0,32	0,42	0,53	0,19	0,25	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P-014	-3,18540	-60,43744	Rio Negro	"Iranduba"	4,36	26,5	25,3	2,04	9,73	1,41	0,01	0,07	0,12	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-015	-2,93094	-59,93049	Rio Negro	Rio Tarumã	4,31	84,6	24,6	4,51	0,12	2,02	0,06	0,27	0,43	0,42	0,17	0,00	0,14	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-016	-2,94065	-59,93443	Rio Negro	Rio Tarumã	4,83	77,2	24,5	5,09	0,15	2,08	0,07	0,25	0,45	0,33	0,28	0,22	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-017	-2,94189	-59,94242	Rio Negro	Rio Tarumã	4,7	32,3	25	6,03	0,15	2,36	0,08	0,31	0,43	0,69	0,03	0,11	0,06	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
P-018	-2,94439	-59,95838	Rio Negro	Rio Tarumã	4,5	13,1	24,9	4,62	0,20	1,51	0,05	0,21	0,28	0,78	0,00	0,06	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-019	-2,94341	-59,96671	Rio Negro	Rio Tarumã	4,71	22,6	24,3	4,85	0,08	2,01	0,03	0,20	0,38	0,42	0,08	0,31	0,11	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-020	-2,93466	-59,95443	Rio Negro	Rio Tarumã	4,83	25,4	25	5,65	0,22	4,63	0,17	0,21	0,39	0,42	0,14	0,31	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-021	-2,95329	-59,95702	Rio Negro	Rio Tarumã	4,5	26,5	24,5	5,14	0,26	3,05	0,44	0,51	0,70	0,42	0,14	0,14	0,03	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
P-022	-2,98091	-59,92453	Rio Negro	Rio Tarumã	4,34	53,7	24,5	5,91	0,01	1,94	0,03	0,38	0,64	0,50	0,42	0,03	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	pH	Temp.	Cond.	O <sub>2</sub>	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	LT	LF	TR	MC	RA	SE	AF	FE	OS
P-023	-2,98732	-59,94178	Rio Negro	Rio Tarumã	4,84	31,1	24,1	5,28	0,19	2,32	0,17	0,37	0,59	0,50	0,22	0,00	0,03	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
P-024	-2,98804	-59,94623	Rio Negro	Rio Tarumã	4,75	48,1	24,1	4,84	0,22	2,48	0,04	0,10	0,20	0,25	0,28	0,08	0,11	0,03	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
P-025	-2,96332	-59,94548	Rio Negro	Rio Tarumã	4,82	74,9	24,4	4,96	0,19	3,45	0,17	0,53	0,51	0,33	0,25	0,08	0,08	0,00	0,22	0,03	0,00	0,00	0,00
P-026	-2,98961	-59,95602	Rio Negro	Rio Tarumã	4,8	56	25,2	4,69	0,01	1,70	0,01	0,13	0,25	0,36	0,39	0,17	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-027	-2,99686	-59,95856	Rio Negro	Rio Tarumã	5,18	61,7	24,9	5,63	0,24	2,01	0,02	0,05	0,08	0,42	0,33	0,22	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-028	-2,98503	-59,92754	Rio Negro	Rio Tarumã	4,8	49	24,8	6,17	0,16	2,36	0,14	0,34	0,58	0,39	0,06	0,00	0,14	0,00	0,39	0,03	0,00	0,00	0,00
P-029	-2,98042	-59,95560	Rio Negro	Rio Tarumã	4,94	51,6	24,6	5,85	0,23	2,32	0,23	0,53	0,75	0,28	0,14	0,08	0,03	0,00	0,28	0,11	0,00	0,00	0,08
P-030	-2,63803	-60,15450	Rio Negro	Rio Tarumã	4,48	9,62	24,3	5,55	22,24	1,09	0,03	0,15	0,22	0,33	0,39	0,11	0,03	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-031	-2,58722	-60,11972	Rio Negro	Rio Tarumã	4,49	9,49	25,1	6,31	20,47	1,63	0,04	0,12	0,21	0,50	0,28	0,06	0,03	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-032	-2,56683	-60,09831	Rio Negro	Rio Tarumã	3,84	29,4	24,3	3,55	22,32	1,09	0,02	0,11	0,16	0,08	0,33	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00
P-033	-2,66703	-59,89036	Rio Negro	Rio Tarumã	4,6	7,66	24,2	5,81	18,82	1,18	0,01	0,06	0,12	0,11	0,56	0,00	0,08	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
P-034	-2,91905	-59,91239	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,19	59,5	23,6	5,7	0,31	2,42	0,17	0,27	0,38	0,58	0,06	0,11	0,03	0,03	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00
P-035	-2,98480	-59,91480	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,44	44,8	24,7	5,86	0,23	1,36	0,05	0,19	0,26	0,64	0,22	0,03	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
P-036	-2,97417	-59,91646	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,21	15,7	23,9	5,86	0,21	1,48	0,04	0,14	0,23	0,39	0,31	0,11	0,00	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-037	-2,98758	-59,88697	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,34	41,7	24,3	6,02	0,15	2,00	0,05	0,18	0,33	0,28	0,44	0,17	0,03	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P-038	-2,99031	-59,90389	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,6	12,7	24,4	6,24	0,29	3,19	0,28	0,37	0,55	0,58	0,28	0,03	0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-039	-2,96572	-59,92052	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	4,94	3,3	24,1	6,11	0,15	2,25	0,04	0,15	0,27	0,22	0,33	0,25	0,00	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-040	-2,96502	-59,91607	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,08	61,2	24,8	4,97	0,10	1,46	0,02	0,11	0,19	0,42	0,33	0,14	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
P-041	-2,95023	-59,92021	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,11	28,2	24,8	5,46	0,25	1,76	0,07	0,20	0,27	0,44	0,17	0,14	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
P-042	-2,91782	-59,90441	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	4,98	41,6	23	5,02	0,31	1,01	0,02	0,06	0,12	0,56	0,22	0,00	0,00	0,00	0,14	0,08	0,00	0,00	0,00
P-043	-2,95998	-59,91868	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,01	41,4	23,7	5,69	0,33	2,10	0,15	0,32	0,55	0,42	0,28	0,00	0,11	0,00	0,14	0,06	0,00	0,00	0,00
P-044	-2,93718	-59,91226	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,04	56,5	24,9	5,67	0,28	2,31	0,11	0,20	0,32	0,47	0,17	0,14	0,11	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00
P-045	-2,95134	-59,89273	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,29	64,3	25,2	5,29	0,02	1,30	0,02	0,13	0,21	0,36	0,14	0,47	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P-046	-2,96548	-59,89048	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,36	48,3	24,9	5,75	0,18	1,56	0,03	0,14	0,20	0,42	0,14	0,22	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
P-047	-2,95487	-59,89217	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,01	39,3	24,2	5,62	0,26	2,88	0,24	0,34	0,51	0,61	0,14	0,14	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
P-048	-2,97432	-59,88908	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	5,51	40,7	24,5	6,56	0,27	1,65	0,05	0,14	0,20	0,67	0,22	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00
P-049	-2,54690	-59,85470	Rio Amazonas	Rio Preto da Eva	4,53	9,5	25,3	6,78	21,42	1,49	0,01	0,02	0,04	0,42	0,33	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-050	-2,53114	-59,73667	Rio Amazonas	Rio Preto da Eva	4,53	5,42	25,3	7,27	19,36	1,06	0,01	0,03	0,06	0,53	0,36	0,08	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-051	-2,53453	-59,71953	Rio Amazonas	Rio Preto da Eva	4,53	7	25,4	6,63	55,93	3,56	0,86	0,53	0,86	0,81	0,06	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-052	-2,40171	-59,89237	Rio Amazonas	Rio Preto da Eva	4,54	10	24,6	5,58	0,22	1,90	0,04	0,13	0,22	0,14	0,48	0,16	0,06	0,00	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00
P-053	-2,40432	-59,89541	Rio Amazonas	Rio Preto da Eva	4,51	9,2	24,6	6,298	0,22	2,33	0,14	0,37	0,56	0,30	0,38	0,06	0,11	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
P-054	-2,62925	-58,88152	Rio Amazonas	Rio Urubu	3,9	8,94	24,8	6,78	36,66	2,06	0,15	0,21	0,35	0,28	0,22	0,00	0,17	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
P-055	-2,63658	-58,87348	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,2	9,09	25,4	6,04	17,73	1,83	0,02	0,10	0,20	0,28	0,22	0,00	0,17	0,00	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
P-056	-2,63227	-58,89559	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,55	8,52	24,5	6,48	28,43	1,34	0,05	0,23	0,37	0,31	0,17	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	pH	Temp.	Cond.	O <sub>2</sub>	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	LT	LF	TR	MC	RA	SE	AF	FE	OS
P-057	-2,63394	-58,89391	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,12	8,72	25,2	6,56	21,98	1,14	0,02	0,09	0,16	0,39	0,28	0,00	0,11	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
P-058	-2,66059	-58,90854	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,33	9,56	24,7	6,2	16,98	1,42	0,03	0,10	0,18	0,33	0,28	0,00	0,11	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
P-059	-2,66611	-58,90825	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,2	9,95	24,6	5,9	19,11	0,68	0,00	0,05	0,09	0,25	0,19	0,00	0,06	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
P-060	-2,64387	-58,88093	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,5	8,53	24,2	6,66	26,97	2,09	0,03	0,06	0,17	0,14	0,36	0,00	0,33	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-061	-2,64960	-58,90210	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,6	7,71	24,4	6,58	27,02	1,27	0,03	0,09	0,16	0,37	0,20	0,20	0,14	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
P-062	-2,64460	-58,90770	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,5	8,82	25,2	6,87	19,23	1,20	0,01	0,05	0,08	0,42	0,22	0,28	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
P-063	-2,64620	-58,91818	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,8	7,8	24,3	6,4	18,58	2,15	0,01	0,03	0,06	0,31	0,29	0,14	0,03	0,00	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00
P-064	-2,64923	-58,92072	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,38	7,13	25,4	6,68	17,40	0,98	0,01	0,05	0,08	0,42	0,25	0,11	0,08	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-065	-2,63421	-58,91103	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,48	7,57	24,7	6,57	27,36	1,67	0,02	0,06	0,11	0,50	0,28	0,08	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
P-066	-2,65092	-58,85029	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,61	8,31	24,3	6,32	9,70	0,95	0,01	0,11	0,18	0,11	0,28	0,25	0,08	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
P-067	-2,72169	-58,63608	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,22	6,97	24,7	6,42	23,86	1,56	0,02	0,06	0,13	0,14	0,06	0,22	0,22	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00
P-068	-2,94343	-58,90959	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,2	8,3	24,8	6,56	16,49	1,52	0,02	0,09	0,17	0,50	0,28	0,11	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
P-069	-2,85210	-58,89794	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,83	6,74	24,8	5,95	7,33	1,08	0,01	0,07	0,12	0,53	0,19	0,08	0,11	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-070	-2,80411	-58,87072	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,73	6,88	24,9	6,17	22,21	1,11	0,02	0,09	0,17	0,22	0,33	0,14	0,17	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-071	-2,97218	-58,59749	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,74	6,37	25,4	6	15,35	1,11	0,01	0,07	0,11	0,03	0,42	0,31	0,17	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-072	-2,94432	-58,73443	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,76	6,71	25,2	6,43	10,34	1,10	0,00	0,05	0,08	0,36	0,22	0,28	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
P-073	-2,86883	-58,68040	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,63	7,19	25	5,89	7,03	1,10	0,00	0,07	0,14	0,39	0,28	0,14	0,11	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-074	-2,85781	-58,91160	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,12	15	25	5,5	13,81	0,83	0,01	0,08	0,15	0,22	0,14	0,14	0,11	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00
P-075	-2,51703	-59,72047	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,42	5,41	25,1	6,69	14,74	1,48	0,01	0,05	0,08	0,36	0,61	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-076	-2,16100	-60,09822	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,46	11,3	24,3	5,7	33,95	3,83	0,64	0,59	0,80	0,58	0,31	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-077	-2,20981	-59,81064	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,21	8,44	25	6	14,28	1,27	0,01	0,08	0,12	0,19	0,44	0,22	0,03	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-078	-2,47569	-59,61389	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,14	8,94	24,8	6,42	20,31	1,07	0,01	0,04	0,07	0,33	0,33	0,14	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,14
P-079	-2,46336	-59,61881	Rio Amazonas	Rio Urubu	4,41	5,74	27,5	6,85	9,68	0,74	0,00	0,05	0,04	0,67	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-080	-2,56672	-58,80854	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,27	8,54	24,1	6,72	20,30	1,46	0,01	0,04	0,10	0,50	0,22	0,06	0,19	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
P-081	-2,60865	-58,64728	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,31	9,51	24,5	7,06	22,23	1,53	0,03	0,09	0,15	0,61	0,11	0,06	0,08	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
P-082	-2,55131	-58,78521	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	8,21	24,8	6,56	27,28	1,03	0,01	0,03	0,06	0,22	0,33	0,03	0,06	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00
P-083	-2,61174	-58,22114	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25,3	6	39,55	2,87	0,34	0,35	0,52	0,58	0,17	0,03	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
P-084	-2,60890	-58,20697	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25,2	4,99	21,74	2,83	0,16	0,31	0,53	0,31	0,44	0,06	0,00	0,00	0,17	0,03	0,00	0,00	0,00
P-085	-2,60570	-58,22442	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25,9	5,8	8,70	1,33	0,01	0,10	0,19	0,11	0,67	0,14	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
P-086	-2,39847	-58,41825	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25	6,24	25,87	2,28	0,09	0,17	0,31	0,44	0,33	0,06	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00
P-087	-2,41177	-58,41491	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	26,4	5,68	16,41	1,28	0,01	0,07	0,12	0,50	0,17	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-088	-2,44517	-58,40469	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25,4	5,56	14,04	2,44	0,05	0,19	0,30	0,33	0,08	0,47	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
P-089	-2,33293	-58,11919	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25,8	3,58	11,88	2,58	0,06	0,28	0,45	0,00	0,53	0,14	0,11	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00
P-090	-2,35205	-58,10550	Rio Amazonas	Rio Uatumã	4,29	9,03	25	4,32	13,91	1,20	0,03	0,30	0,41	0,47	0,06	0,33	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00





Taxa	Rio Japurá	Rio Solimões	Rio Negro	Rio Amazonas	Rio Purus	Rio Madeira	Rio Nhamundá	Rio Trombetas	Rio Tapajós	Rio Xingu
<i>Melanocharacidium dispilomma</i>	X					X				
<i>Melanocharacidium pectorale</i>		X				X				
<i>Microcharacidium eleotrioides</i>	X	X	X	X						
<i>Microcharacidium gnomus</i>	X						X	X		
<i>Microcharacidium weitzmani</i>		X	X		X	X				
<i>Odontocharacidium aphanes</i>		X	X			X				
<i>Poecilocharax</i> sp. n.	X									
<i>Poecilocharax weitzmani</i>			X							
<b>Curimatidae</b>										
<i>Curimatopsis evelynae</i>			X						X	
<i>Cyphocharax pantostictos</i>					X					
<i>Cyphocharax spiluropsis</i>		X								
<i>Curimatopsis macrolepis</i>			X							
<b>Erythrinidae</b>										
<i>Erythrinus erythrinus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>			X		X	X				
<i>Hoplias curupira</i>						X				
<i>Hoplias malabaricus</i>	X	X	X	X	X	X		X	X	X
<b>Gasteropelecidae</b>										
<i>Carnegiella marthae</i>		X				X				
<i>Carnegiella strigata</i>	X	X	X	X	X	X				
<b>Lebiasinidae</b>										
<i>Copella meinkenii</i>				X					X	
<i>Copella nattereri</i>		X	X	X		X		X		
<i>Copella nigrofasciata</i>				X	X	X			X	
<i>Copella</i> sp. "sem manchas"	X									
<i>Copella vilmae</i>	X									
<i>Nannostomus digrammus</i>						X			X	
<i>Nannostomus eques</i>			X			X				
<i>Nannostomus marginatus</i>	X	X	X	X				X	X	
<i>Nannostomus trifasciatus</i>						X				
<i>Pyrrhulina brevis</i>	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Pyrrhulina laeta</i>	X	X	X							
<i>Pyrrhulina zigzag</i>					X					
<b>Cyprinodontiformes</b>										
<b>Rivulidae</b>										
<i>Rivulus</i> aff. <i>compressus</i>	X									
<i>Rivulus geayi</i>									X	
<i>Rivulus kirovskiyi</i>		X	X	X	X	X				
<i>Rivulus micropus</i>				X						
<i>Rivulus obscurus</i>				X						
<i>Rivulus</i> sp. "anal borda preta"			X	X						
<i>Rivulus</i> sp. "atarracado"									X	
<i>Rivulus</i> sp. "bandas na cauda"				X			X	X		
<i>Rivulus</i> sp. "ocelo grande"		X								
<i>Rivulus</i> sp. "ocelo pequeno"										X
<i>Rivulus</i> sp. "ocelo vertical"	X									
<i>Rivulus</i> sp. "pintas brancas"					X	X				
<b>Gymnotiformes</b>										
<b>Gymnotidae</b>										
<i>Electrophorus electricus</i>		X				X				
<i>Gymnotus carapo</i>		X			X	X			X	X
<i>Gymnotus carapo</i> "cabeça longa"		X								
<i>Gymnotus coatesi</i>		X				X				
<i>Gymnotus coropinae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gymnotus pedanopterus</i>			X	X						
<i>Gymnotus</i> sp. "geoma"					X	X				
<i>Gymnotus</i> sp. "tigrinus"			X	X		X				

Taxa	Rio Japurá	Rio Solimões	Rio Negro	Rio Amazonas	Rio Purus	Rio Madeira	Rio Nhamundá	Rio Trombetas	Rio Tapajós	Rio Xingu
<b>Hypopomidae</b>										
<i>Brachyhypopomus beebei</i>			X							X
<i>Brachyhypopomus brevirostris</i>			X			X				
<i>Brachyhypopomus</i> sp. "pintas"		X								
<i>Brachyhypopomus</i> sp. "wa"		X	X			X			X	X
<i>Brachyhypopomus</i> sp. "zebra"					X	X			X	
<i>Brachyhypopomus</i> sp.1 "corpo alto"					X					
<i>Hypopygus lepturus</i>	X	X	X	X	X	X				
<i>Hypopygus neblinae</i>			X	X					X	
<i>Hypopygus</i> sp. "escuro"			X					X		
<i>Microsternarchus bilineatus</i>		X	X	X		X	X		X	
<i>Microsternarchus</i> sp. "cauda curta"		X			X	X				
<i>Microsternarchus</i> sp. "cauda longa, olho grande"	X		X			X				
<i>Steatogenes duidae</i>	X	X	X	X		X	X			
<b>Rhamphichthyidae</b>										
<i>Gymnorhamphichthys petiti</i>		X		X	X	X		X	X	X
<i>Gymnorhamphichthys</i> sp. "Juami"	X									
<b>Sternopygidae</b>										
<i>Eigenmannia</i> aff. <i>trilineata</i>						X				X
<i>Sternopygus aequilabiatus</i>				X		X				
<i>Sternopygus castroi</i>	X	X	X							
<b>Perciformes</b>										
<b>Cichlidae</b>										
<i>Acaronia nassa</i>				X		X				
<i>Aequidens pallidus</i>	X		X	X		X	X	X		
<i>Aequidens</i> sp. "mancha subocular"		X			X	X				
<i>Aequidens</i> sp. "mancha suborbital dupla"						X			X	
<i>Aequidens tetramerus</i>									X	X
<i>Apistogramma</i> aff. <i>cruzi</i>	X	X								X
<i>Apistogramma</i> aff. <i>trifasciata</i>				X						X
<i>Apistogramma agassizii</i>		X	X	X	X	X		X		
<i>Apistogramma gephyra</i>									X	
<i>Apistogramma hippolytae</i>				X						
<i>Apistogramma regani</i>	X						X	X		
<i>Apistogramma regani</i> "mancha oval"					X					
<i>Apistogramma</i> sp. "faixa interrompida"		X								
<i>Apistogramma</i> sp. "mancha lateral"	X									
<i>Bujurquina peregrinabunda</i>		X								
<i>Cichla monoculus</i>				X						
<i>Crenicara latruncularium</i>		X								
<i>Crenicara punctulatum</i>						X				
<i>Crenicichla inpa</i>		X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Crenicichla notophthalmus</i>		X	X	X						
<i>Crenicichla regani</i>						X				
<i>Hypselecara coryphaenoides</i>				X					X	
<i>Mesonauta festivus</i>						X				
<i>Taeniacara candidi</i>									X	
<b>Gobiidae</b>										
<i>Microphilypnus amazonicus</i>			X	X					X	
<i>Microphilypnus macrostoma</i>			X							
<i>Microphilypnus ternetzi</i>						X				

Taxa	Rio Japurá	Rio Solimões	Rio Negro	Rio Amazonas	Rio Purus	Rio Madeira	Rio Nhamundá	Rio Trombetas	Rio Tapajós	Rio Xingu
<b>Polycentridae</b>										
<i>Monocirrhus polyacanthus</i>		X	X	X		X				
<b>Siluriformes</b>										
<b>Aspredinidae</b>										
<i>Bunocephalus coracoideus</i>	X	X								
<i>Bunocephalus verrucosus</i>		X								
<b>Auchenipteridae</b>										
Auchenipteridae g. n. sp. n.						X				
<i>Parauchenipterus galeatus</i>										X
<i>Tatia brunnea</i>						X				
<i>Tatia gyrina</i>		X	X		X	X				
<i>Tatia intermedia</i>										X
<i>Tetranematichthys wallacei</i>			X			X				
<i>Trachelyopterichthys taeniatus</i>									X	
<b>Callichthyidae</b>										
<i>Aspidoras cf. poecilus</i>										X
<i>Callichthys callichthys</i>		X		X						
<i>Corydoras elegans</i>		X								
<i>Megalechis thoracata</i>		X	X		X	X				
<b>Cetopsidae</b>										
<i>Denticetopsis seducta</i>	X	X				X				
<i>Helogenes marmoratus</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Doradidae</b>										
<i>Acanthodoras cataphractus</i>		X	X						X	
<i>Physopyxis ananas</i>						X				
<i>Physopyxis lyra</i>		X								
<b>Heptapteridae</b>										
<i>Brachyglanis microphthalmus</i>	X							X	X	
<i>Cetopsorhamdia</i> sp.		X								
<i>Gladioglanis conquistador</i>		X	X		X	X				
<i>Gladioglanis</i> sp. n. "spart"						X				
<i>Imparfinis pristos</i>	X			X						
<i>Imparfinis</i> sp. "xingu"									X	X
<i>Mastiglanis asopos</i>	X	X		X		X				
<i>Myoglanis koepckeii</i>	X	X				X				
<i>Nannoglanis fasciatus</i>	X									
<i>Nemuroglanis lanceolatus</i>		X	X							
<i>Nemuroglanis pauciradiatus</i>		X	X					X		
<i>Nemuroglanis</i> sp. n. "zua"	X	X		X		X				
<i>Pariolius armillatus</i>	X									
<i>Pimelodella</i> aff. <i>cristata</i>		X				X			X	X
<i>Rhamdia foina</i>										X
<i>Rhamdia quelen</i>			X	X		X			X	
<b>Loricariidae</b>										
<i>Acestridium discus</i>			X							
<i>Acestridium gymnogaster</i>						X				
<i>Acestridium martini</i>			X							
<i>Ancistrus</i> aff. <i>hoplogenyis</i>				X						
<i>Ancistrus</i> sp. "bolas brancas"					X	X				
<i>Ancistrus</i> sp. "cinza"									X	X
<i>Ancistrus</i> sp. "dorsal listrada"	X	X								X
<i>Farlowella platorynchus</i>		X								
<i>Farlowella smithi</i>	X	X								
<i>Hypostomus cochliodon</i>									X	
<i>Otocinclus</i> aff. <i>affinis</i>									X	X
<i>Otocinclus caxarari</i>					X					
<i>Otocinclus</i> cf. <i>hasemani</i>									X	
<i>Otocinclus hoppei</i>		X								
<i>Otocinclus mura</i>						X				

Taxa	Rio Japurá	Rio Solimões	Rio Negro	Rio Amazonas	Rio Purus	Rio Madeira	Rio Nhamundá	Rio Trombetas	Rio Tapajós	Rio Xingu
<i>Oxyropsis wrightiana</i>	X									
<i>Parotocinclus cesarpintoi</i>		X								
<i>Parotocinclus</i> sp. "sem adiposa"	X									
<i>Pseudoloricaria</i> sp.		X								
<i>Rineloricaria</i> cf. <i>phoxocephala</i>		X				X				
<i>Rineloricaria lanceolata</i>	X	X		X						X
<b>Pseudopimelodidae</b>										
<i>Batrochoglanis raninus</i>		X			X	X				
<i>Microglanis poecilus</i>		X				X				
<i>Pseudopimelodus</i> cf. <i>pulcher</i>										X
<b>Scoloplacidae</b>										
<i>Scoloplax distolothrix</i>			X							
<b>Trichomycteridae</b>										
<i>Ammoglanis</i> sp.				X						
<i>Glanapteryx anguilla</i>	X									
<i>Homodiaetus</i> sp.		X								
<i>Ituglanis amazonicus</i>	X	X		X	X				X	X
<i>Ochmacanthus</i> sp.		X								
<i>Paracanthopoma</i> sp.	X									
<i>Paravandellia</i> sp.		X								
<i>Stauroglanis gouldingi</i>	X									
<i>Trichomycterus hasemani</i>	X	X				X			X	
<b>Synbranchiformes</b>										
<b>Synbranchidae</b>										
<i>Synbranchus madeirae</i>		X	X	X	X			X	X	X
<i>Synbranchus</i> sp. "reticulado"	X	X	X	X	X	X			X	



**Anexo D –** Fatores físico-químicos da água e estruturais locais dos riachos amostrados nas distintas drenagens da Amazônia Cis-andina. Abreviaturas e unidades – Temp.: temperatura (°C); Cond. : condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ );  $\text{O}_2$ : oxigênio dissolvido ( $\text{mg}/\text{l}$ ); Vm: velocidade superficial média da correnteza ( $\text{cm}/\text{s}$ ); Larg.: largura do canal (m); Vz.: vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ ); Prof. Méd.: profundidade média (m); Prof. Máx.: profundidade máxima (m). Substratos (em porcentagem de cobertura do leito dos riachos) – AR: areia; AG: argila; LT: liteira (folhiço); LF: liteira particulada fina; TR: troncos; MC: macrófitas aquáticas; RA: raízes; SE: seixos; RO: rochas ; OS: outros substratos (algas filamentosas e sedimentos ferruginosos).

Riacho	pH	Temp.	Cond.	$\text{O}_2$	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	AG	LT	LF	TR	MC	RA	SE	RO	OS
P-001	4,15	24,3	18,58	4,86	6,36	1,05	0,00	0,11	0,17	0,42	0,00	0,42	0,14	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-002	4,97	24,7	4,27	7,7	42,34	2,03	0,17	0,22	0,37	0,69	0,00	0,14	0,03	0,08	0,00	0,03	0,03	0,00	0,00
P-003	4,5	24	5,64	7,09	27,09	0,59	0,00	0,02	0,02	0,47	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
P-004	3,82	24,4	30	6,94	27,98	1,04	0,02	0,07	0,13	0,06	0,00	0,47	0,08	0,00	0,00	0,03	0,36	0,00	0,00
P-005	5,11	24,6	63,4	6,8	11,35	1,30	0,01	0,08	0,12	0,33	0,00	0,31	0,22	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-006	5,44	24,9	13,9	6,86	13,89	1,06	0,01	0,09	0,13	0,31	0,00	0,44	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-007	5,29	23,6	33,1	5,51	18,78	0,78	0,01	0,07	0,12	0,22	0,00	0,36	0,33	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
P-008	5,06	24,3	20,4	5,75	8,60	0,98	0,00	0,06	0,09	0,56	0,00	0,36	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-009	4,91	26,3	86	6,56	15,30	1,07	0,01	0,07	0,11	0,36	0,00	0,22	0,17	0,03	0,00	0,00	0,11	0,11	0,00
P-010	6,13	24,3	45,6	7,33	26,12	3,74	0,23	0,26	0,40	0,89	0,00	0,03	0,00	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
P-011	4,74	23	38,5	6,34	1,00	0,92	0,00	0,09	0,14	0,50	0,00	0,19	0,11	0,08	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-012	5,5	23,8	24,6	7,34	21,88	1,20	0,02	0,17	0,25	0,56	0,00	0,33	0,03	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-013	5,97	23,3	56	5,97	20,82	3,04	0,20	0,34	0,49	0,33	0,00	0,19	0,08	0,08	0,00	0,06	0,25	0,00	0,00
P-014	5,8	24,1	15,4	5,8	27,15	3,41	0,20	0,26	0,34	0,67	0,00	0,14	0,03	0,03	0,00	0,03	0,03	0,08	0,00
P-015	6,02	24,7	9,48	7,15	34,00	2,63	0,21	0,22	0,37	0,42	0,36	0,11	0,00	0,08	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
P-016	5,41	24,9	4,93	6,92	26,20	1,88	0,08	0,18	0,30	0,56	0,11	0,31	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-017	5,12	25,2	4,21	6,49	28,52	0,92	0,02	0,09	0,15	0,11	0,33	0,36	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
P-018	3,93	24,9	8,77	4,25	18,09	0,84	0,00	0,05	0,09	0,03	0,06	0,67	0,19	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-019	3,8	24,3	19,7	4,99	7,17	1,18	0,01	0,13	0,17	0,25	0,03	0,50	0,03	0,03	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
P-020	4,64	23,8	4,09	7,48	19,81	1,30	0,03	0,12	0,18	0,75	0,08	0,14	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-021	4,96	23,9	6,28	7,21	26,20	1,27	0,05	0,20	0,46	0,50	0,06	0,19	0,03	0,08	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
P-022	5,12	24	6,59	6,59	17,64	1,73	0,04	0,16	0,23	0,31	0,03	0,39	0,14	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-023	4,66	23,5	10,4	5,68	13,50	1,18	0,02	0,10	0,36	0,06	0,03	0,53	0,14	0,03	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
P-024	4,62	24,1	5,47	5,53	0,01	1,06	0,00	0,18	0,25	0,00	0,06	0,75	0,11	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-025	4,45	25,2	77,9	2,45	0,55	0,85	0,00	0,06	0,10	0,00	0,00	0,33	0,42	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
P-026	5,56	24,6	57,8	4,4	4,60	1,36	0,00	0,07	0,10	0,00	0,61	0,17	0,00	0,00	0,00	0,11	0,03	0,00	0,08

Riacho	pH	Temp.	Cond.	O <sub>2</sub>	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	AG	LT	LF	TR	MC	RA	SE	RO	OS
P-027	5,22	25,9	29,8	4,21	8,73	1,53	0,01	0,09	0,13	0,00	0,67	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
P-028	5,7	25,1	69,6	4,11	12,56	1,75	0,01	0,05	0,09	0,00	0,42	0,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-029	5,1	26,4	15,8	4,18	19,97	2,24	0,04	0,19	0,32	0,00	0,14	0,19	0,36	0,03	0,00	0,11	0,17	0,00	0,00
P-030	5,19	24,5	88,2	6,34	15,94	3,10	0,11	0,24	0,36	0,00	0,11	0,50	0,36	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-031	6,02	24,8	56,9	6,15	18,35	4,39	0,25	0,37	0,53	0,00	0,19	0,53	0,03	0,17	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-032	6,09	26	59	4,18	3,56	3,82	0,02	0,22	0,31	0,00	0,00	0,31	0,00	0,03	0,19	0,06	0,03	0,28	0,11
P-033	6,2	29	51,1	6,03	12,67	1,27	0,04	0,37	0,51	0,00	0,08	0,50	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00
P-034	6,26	24	33,5	5,45	20,68	1,08	0,01	0,05	0,07	0,00	0,33	0,50	0,00	0,03	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
P-035	5,96	25	25,7	4,73	23,31	1,53	0,05	0,19	0,27	0,00	0,67	0,11	0,03	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
P-036	3,35	24,2	78,04	1,07	0,01	1,40	0,00	0,15	0,22	0,00	0,00	0,61	0,06	0,06	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00
P-037	4,31	23,7	3,43	4,7	7,37	1,48	0,02	0,17	0,25	0,09	0,00	0,58	0,00	0,06	0,00	0,09	0,00	0,18	0,00
P-038	4,53	24,5	27,5	3,44	6,56	0,50	0,00	0,02	0,04	0,03	0,00	0,94	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-039	4,67	24,2	29,6	3,42	15,15	1,50	0,02	0,15	0,28	0,00	0,00	0,81	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
P-040	3,59	24,3	30,01	2,2	0,00	2,05	0,00	0,24	0,34	0,42	0,00	0,31	0,03	0,14	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-041	3,98	25	31,7	1	3,70	2,01	0,01	0,17	0,28	0,00	0,00	0,94	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-042	4,93	23	22,8	3,96	10,88	1,83	0,04	0,22	0,29	0,00	0,00	0,81	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00
P-043	4,25	23,4	29,4	2,34	0,00	1,50	0,00	0,20	0,33	0,03	0,00	0,78	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-044	4,67	23,6	25,4	1,45	0,01	1,26	0,00	0,27	0,36	0,00	0,00	0,94	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-045	4,9	24,1	7,24	7,66	7,49	1,41	0,01	0,14	0,22	0,50	0,00	0,11	0,31	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-046	4,7	25,9	6,16	7,32	5,33	0,65	0,00	0,07	0,09	0,33	0,00	0,22	0,39	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
P-047	4,1	24,6	22,1	5,9	8,52	1,20	0,03	0,36	0,60	0,25	0,00	0,19	0,06	0,03	0,03	0,31	0,00	0,14	0,00
P-048	4,91	24	8,95	5,89	17,77	1,40	0,03	0,16	0,25	0,00	0,00	0,81	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-049	4,4	24,3	12,58	5,54	17,09	2,45	0,10	0,27	0,45	0,00	0,00	0,86	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
P-050	4,21	24,7	15,38	5,71	30,54	2,60	0,16	0,25	0,40	0,08	0,00	0,56	0,11	0,06	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
P-051	4,31	24,6	10,04	5,74	16,05	2,53	0,16	0,38	0,54	0,11	0,00	0,42	0,03	0,03	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00
P-052	4,08	25,1	11,77	4,8	23,20	3,38	0,20	0,29	0,44	0,00	0,00	0,61	0,03	0,06	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00
P-053	4,01	24,8	9,41	8,08	26,42	2,46	0,15	0,20	0,32	0,36	0,00	0,06	0,28	0,06	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00
P-054	5,19	23,6	59,5	5,7	0,31	2,42	0,17	0,27	0,38	0,58	0,00	0,06	0,11	0,03	0,03	0,19	0,00	0,00	0,00
P-055	5,44	24,7	44,8	5,86	0,23	1,36	0,05	0,19	0,26	0,64	0,00	0,22	0,03	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-056	5,21	23,9	15,7	5,86	0,21	1,48	0,04	0,14	0,23	0,39	0,00	0,31	0,11	0,00	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00
P-057	5,34	24,3	41,7	6,02	0,15	2,00	0,05	0,18	0,33	0,28	0,00	0,44	0,17	0,03	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00
P-058	5,6	24,4	12,7	6,24	0,29	3,19	0,28	0,37	0,55	0,58	0,00	0,28	0,03	0,03	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-059	4,94	24,1	3,3	6,11	0,15	2,25	0,04	0,15	0,27	0,22	0,00	0,33	0,25	0,00	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00
P-060	5,08	24,8	61,2	4,97	0,10	1,46	0,02	0,11	0,19	0,42	0,00	0,33	0,14	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-061	5,11	24,8	28,2	5,46	0,25	1,76	0,07	0,20	0,27	0,44	0,00	0,17	0,14	0,00	0,00	0,25	0,00	0,00	0,00

Riacho	pH	Temp.	Cond.	O <sub>2</sub>	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	AG	LT	LF	TR	MC	RA	SE	RO	OS
P-062	4,98	23	41,6	5,02	0,31	1,01	0,02	0,06	0,12	0,56	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,14	0,08	0,00	0,00
P-063	5,01	23,7	41,4	5,69	0,33	2,10	0,15	0,32	0,55	0,42	0,00	0,28	0,00	0,11	0,00	0,14	0,06	0,00	0,00
P-064	5,04	24,9	56,5	5,67	0,28	2,31	0,11	0,20	0,32	0,47	0,00	0,17	0,14	0,11	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00
P-065	5,29	25,2	64,3	5,29	0,02	1,30	0,02	0,13	0,21	0,36	0,00	0,14	0,47	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-066	5,36	24,9	48,3	5,75	0,18	1,56	0,03	0,14	0,20	0,42	0,00	0,14	0,22	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
P-067	5,01	24,2	39,3	5,62	0,26	2,88	0,24	0,34	0,51	0,61	0,00	0,14	0,14	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-068	5,51	24,5	40,7	6,56	0,27	1,65	0,05	0,14	0,20	0,67	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00	0,08	0,03	0,00	0,00
P-069	4,27	24,1	8,54	6,72	20,30	1,46	0,01	0,04	0,10	0,50	0,00	0,22	0,06	0,19	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-070	4,31	24,5	9,51	7,06	22,23	1,53	0,03	0,09	0,15	0,61	0,00	0,11	0,06	0,08	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
P-071	4,29	24,8	8,21	6,56	27,28	1,03	0,01	0,03	0,06	0,22	0,00	0,33	0,03	0,06	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00
P-072	4,29	25,3	9,03	6	39,55	2,87	0,34	0,35	0,52	0,58	0,00	0,17	0,03	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
P-073	4,29	25,2	9,03	4,99	21,74	2,83	0,16	0,31	0,53	0,31	0,00	0,44	0,06	0,00	0,00	0,17	0,03	0,00	0,00
P-074	4,29	25,9	9,03	5,8	8,70	1,33	0,01	0,10	0,19	0,11	0,00	0,67	0,14	0,03	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
P-075	4,29	25	9,03	6,24	25,87	2,28	0,09	0,17	0,31	0,44	0,00	0,33	0,06	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
P-076	4,29	26,4	9,03	5,68	16,41	1,28	0,01	0,07	0,12	0,50	0,00	0,17	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-077	4,29	25,4	9,03	5,56	14,04	2,44	0,05	0,19	0,30	0,33	0,00	0,08	0,47	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
P-078	4,29	25,8	9,03	3,58	11,88	2,58	0,06	0,28	0,45	0,00	0,00	0,53	0,14	0,11	0,00	0,22	0,00	0,00	0,00
P-079	4,29	25	9,03	4,32	13,91	1,20	0,03	0,30	0,41	0,47	0,00	0,06	0,33	0,00	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
P-080	5,66	24,3	83,8	4,64	4,09	2,09	0,02	0,33	0,49	0,00	0,33	0,56	0,00	0,08	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-081	4,47	24,9	91,6	0,73	0,42	1,86	0,00	0,17	0,26	0,00	0,03	0,78	0,00	0,11	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-082	6,28	24,3	57	4,6	8,17	3,53	0,07	0,28	0,41	0,00	0,33	0,58	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-083	5,12	23,9	21,5	4,12	6,52	2,40	0,02	0,13	0,20	0,00	0,08	0,78	0,00	0,11	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-084	4,68	24,5	16,6	4,27	5,79	1,96	0,01	0,14	0,20	0,08	0,22	0,56	0,06	0,06	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-085	5,12	24,5	7,9	3,63	9,66	2,34	0,02	0,10	0,17	0,00	0,08	0,83	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-086	4,88	24,5	7,6	5,03	7,64	2,97	0,52	3,04	13,10	0,00	0,17	0,64	0,11	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-087	4,63	24,8	37,6	5,26	15,81	2,13	0,09	0,32	0,48	0,00	0,00	0,86	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-088	5,54	24,4	19,6	4,45	12,02	1,34	0,02	0,11	0,15	0,17	0,00	0,78	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-089	4,93	25,1	15,2	3,78	2,05	1,56	0,01	0,08	0,14	0,00	0,00	0,97	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-090	4,9	25	17,6	3,64	6,62	1,25	0,01	0,17	0,23	0,03	0,00	0,89	0,06	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-091	4	24,5	7	6,79	26,60	3,25	0,18	0,26	0,39	0,06	0,06	0,47	0,28	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-092	3,92	24,8	8,6	5,95	17,67	3,67	0,14	0,24	0,36	0,00	0,03	0,92	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-093	3,96	24,8	10,2	5,33	27,01	4,90	0,15	0,13	0,23	0,00	0,00	0,75	0,06	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-094	3,96	25,2	10,03	6,18	24,29	2,85	0,12	0,20	0,32	0,22	0,03	0,42	0,14	0,11	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-095	3,96	26,4	11	5,05	18,36	3,88	0,04	0,07	0,15	0,00	0,00	0,69	0,17	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-096	3,96	24,8	8,6	5,56	17,86	2,12	0,03	0,10	0,20	0,03	0,00	0,78	0,03	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Riacho	pH	Temp.	Cond.	O <sub>2</sub>	Vm	Larg.	Vz.	Prof. Méd.	Prof. Máx.	AR	AG	LT	LF	TR	MC	RA	SE	RO	OS
P-097	3,96	25,5	9,5	7	35,68	3,10	0,18	0,19	0,33	0,42	0,00	0,17	0,06	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-098	3,96	24,7	12,2	5,94	26,07	1,45	0,06	0,18	0,29	0,06	0,00	0,50	0,19	0,17	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00
P-099	3,96	25,7	9,6	6,58	17,57	1,30	0,02	0,09	0,18	0,25	0,00	0,42	0,19	0,03	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-100	5,41	25,2	149,3	5,85	35,83	0,83	0,01	0,02	0,04	0,35	0,00	0,21	0,26	0,00	0,00	0,15	0,03	0,00	0,00
P-101	5,99	24,7	196,6	6,26	39,41	2,61	0,21	0,23	0,37	0,56	0,00	0,25	0,06	0,06	0,00	0,06	0,03	0,00	0,00
P-102	5,55	26	138,7	5,38	11,79	2,05	0,03	0,17	0,27	0,08	0,00	0,33	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
P-103	5,83	25,3	136,7	5,42	39,05	2,28	0,19	0,28	0,52	0,17	0,06	0,42	0,14	0,03	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
P-104	5,67	24,8	77	5,9	36,43	3,65	0,56	0,49	0,71	0,61	0,00	0,14	0,03	0,08	0,00	0,08	0,03	0,03	0,00
P-105	5,6	25,1	74,8	5,18	30,29	2,13	0,15	0,30	0,45	0,19	0,00	0,17	0,25	0,19	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00
P-106	5,62	26,2	81,4	5,36	20,38	1,94	0,04	0,12	0,38	0,47	0,00	0,39	0,11	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00
P-107	5,73	25,7	41,8	5,9	23,15	1,78	0,07	0,19	0,29	0,42	0,00	0,17	0,17	0,03	0,00	0,11	0,11	0,00	0,00
P-108	5,56	25,8	84,1	5,41	21,19	1,58	0,04	0,13	0,18	0,22	0,00	0,31	0,33	0,06	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-109	3,94	28,9	10,4	3,67	40,82	2,10	0,11	0,15	0,25	0,47	0,00	0,19	0,03	0,08	0,00	0,19	0,00	0,00	0,03
P-110	4,37	27,6	11,8	2,94	12,63	1,94	0,04	0,16	0,22	0,00	0,00	0,42	0,03	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,44
P-111	3,91	27	11	3,49	50,68	3,00	0,60	0,46	0,77	0,33	0,00	0,19	0,03	0,06	0,00	0,22	0,00	0,17	0,00
P-112	4,47	27,1	14	4,66	40,61	2,50	0,22	0,25	0,39	0,47	0,06	0,19	0,11	0,03	0,00	0,14	0,00	0,00	0,00
P-113	3,97	26,2	18,4	3,38	13,40	1,88	0,05	0,21	0,29	0,00	0,00	0,53	0,25	0,06	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00
P-114	4,6	26,1	23,2	3,4	40,66	1,35	0,12	0,25	0,41	0,14	0,00	0,28	0,11	0,11	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00
P-115	5,24	26,3	18,7	4,44	35,43	1,28	0,07	0,18	0,27	0,33	0,03	0,22	0,00	0,03	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00
P-116	5,11	29,4	28,5	5,53	31,73	1,75	0,13	0,27	0,38	0,36	0,00	0,11	0,00	0,03	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00
P-117	5,05	29	46,4	3,22	52,80	2,37	0,19	0,18	0,35	0,30	0,22	0,22	0,00	0,04	0,00	0,15	0,00	0,00	0,07
P-118	5,49	23,5	38,7	0,7	0,01	2,54	0,00	0,18	0,24	0,31	0,03	0,44	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
P-119	6,34	23,9	84,1	0,62	0,00	1,56	0,00	0,13	0,33	0,09	0,00	0,73	0,16	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-120	6,83	23,4	40,8	6,75	18,46	0,59	0,01	0,08	0,12	0,36	0,00	0,22	0,36	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-121	6,22	23,6	54,53	2,69	10,59	4,51	0,05	0,12	0,17	0,06	0,00	0,75	0,00	0,08	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-122	6,22	23,6	54,53	2,69	48,89	2,68	0,22	0,20	0,31	0,64	0,06	0,22	0,00	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,00
P-123	6,22	23,6	54,53	2,69	12,66	3,18	0,08	0,22	0,37	0,06	0,19	0,33	0,00	0,03	0,00	0,17	0,00	0,17	0,06
P-124	6,22	23,6	54,53	2,69	51,72	3,24	0,41	0,28	0,44	0,56	0,14	0,08	0,00	0,19	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-125	5,27	29,4	88,3	6,36	3,02	1,39	0,00	0,10	0,16	0,17	0,00	0,28	0,03	0,00	0,36	0,00	0,00	0,17	0,00
P-126	6,22	23,9	98,9	5,29	10,23	0,59	0,00	0,02	0,04	0,17	0,00	0,28	0,53	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-127	7,02	23,6	62	5,47	11,76	1,81	0,01	0,05	0,08	0,19	0,00	0,25	0,53	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00
P-128	6,17	25,63	83,07	5,71	44,26	3,31	0,67	0,51	0,71	0,08	0,61	0,19	0,00	0,06	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00
P-129	6,17	25,63	83,07	5,71	26,82	4,34	0,42	0,36	0,54	0,00	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,89	0,00
P-130	6,17	25,63	83,07	5,71	32,40	2,90	0,29	0,34	0,47	0,39	0,25	0,19	0,00	0,06	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00
P-131	6,17	25,63	83,07	5,71	32,29	3,00	0,32	0,35	0,53	0,28	0,33	0,19	0,00	0,11	0,00	0,03	0,03	0,03	0,00

**Anexo E – Localização geográfica, fatores históricos, biogeográficos e climáticos dos riachos amostrados nas distintas drenagens da Amazônia Cis-andina.**

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-001	-1,99791	-67,95480	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-002	-1,97968	-67,94591	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-003	-1,95889	-67,92882	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-004	-1,91658	-67,87770	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-005	-2,32562	-68,41575	Rio Japurá	Rio Juami	Içá	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-006	-2,32950	-68,41217	Rio Japurá	Rio Juami	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	24
P-007	-2,33656	-68,40531	Rio Japurá	Rio Juami	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	24
P-008	-2,33974	-68,40248	Rio Japurá	Rio Juami	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	24
P-009	-2,34983	-68,39364	Rio Japurá	Rio Juami	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	24
P-010	-2,31620	-68,42213	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-011	-2,21643	-68,36606	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-012	-2,21285	-68,37436	Rio Japurá	Rio Juami	Içá	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-013	-2,15606	-68,31859	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-014	-2,14127	-68,30775	Rio Japurá	Rio Juami	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	24
P-015	-4,84517	-65,36014	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-016	-4,83919	-65,36328	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-017	-4,83583	-65,36733	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-018	-4,84837	-65,35170	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-019	-4,83389	-65,36822	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-020	-4,84683	-65,37244	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-021	-4,84553	-65,37364	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-022	-4,83906	-65,37364	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-023	-4,84094	-65,36144	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-024	-4,84783	-65,34806	Rio Solimões	Rio Urucu	Içá - Depósitos Aluvionares	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-025	-8,65464	-64,36732	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-026	-8,62705	-64,37228	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-027	-8,62150	-64,37337	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-028	-8,61653	-64,37453	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-029	-8,67588	-64,36375	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	7,5
P-030	-8,68126	-64,34756	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	7,5
P-031	-8,67881	-64,35653	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	7,5
P-032	-8,66866	-64,34768	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	7,5
P-033	-8,65247	-64,35941	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-034	-8,66543	-64,32198	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-035	-8,67434	-64,30994	Rio Purus	"Alto Purus"	Içá	Solimões	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Savana	8,5
P-036	-1,75871	-61,62134	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Escudo das Guianas	Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos (Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa	Savana	17
P-037	-1,76918	-61,63976	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Escudo das Guianas	Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos (Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa	Savana	17
P-038	-1,80167	-61,64628	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Médio Amazonas	Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos (Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa	Savana	17
P-039	-1,77051	-61,62178	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Escudo das Guianas	Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos (Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa	Savana	17
P-040	-1,78287	-61,62204	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Escudo das Guianas	Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos	Savana	17

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-041	-1,80255	-61,62785	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Guianas Médio	(Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos	Savana	17
P-042	-1,77697	-61,63064	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Amazonas Escudo das Guianas	(Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos	Savana	17
P-043	-1,79187	-61,62687	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Médio	(Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa Ld - Vegetação Lenhosa Oligotrófica dos Pântanos	Savana	17
P-044	-1,80166	-61,65703	Rio Negro	Rio Jaú	Prosperança	Amazonas Médio	(Campinarana e Campinas do Rio Negro) - Arbórea Densa LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/Fl. Ombrófila	Savana	17
P-045	-2,70534	-60,38371	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	14,5
P-046	-2,70696	-60,37450	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	14,5
P-047	-2,69610	-60,29520	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	14,5
P-048	-2,56288	-60,31760	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	18
P-049	-2,53612	-60,31720	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	18
P-050	-2,52350	-60,33480	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	18
P-051	-2,49308	-60,33419	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	18
P-052	-2,45865	-60,34600	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	16,5
P-053	-2,57325	-60,29582	Rio Negro	Rio Cuieiras	Alter do Chão	Médio	LO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Campinarana/Fl. Ombrófila	Floresta Ombrófila	18
P-054	-2,91905	-59,91239	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-055	-2,98480	-59,91480	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	14,5
P-056	-2,97417	-59,91646	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-057	-2,98758	-59,88697	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-058	-2,99031	-59,90389	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-059	-2,96572	-59,92052	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-060	-2,96502	-59,91607	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-061	-2,95023	-59,92021	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-062	-2,91782	-59,90441	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-063	-2,95998	-59,91868	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-064	-2,93718	-59,91226	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-065	-2,95134	-59,89273	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-066	-2,96548	-59,89048	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-067	-2,95487	-59,89217	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-068	-2,97432	-59,88908	Rio Amazonas	Rio Puraquequara	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	12,5
P-069	-2,56672	-58,80854	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	18
P-070	-2,60865	-58,64728	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	18
P-071	-2,55131	-58,78521	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	13,5
P-072	-2,61174	-58,22114	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	13,5
P-073	-2,60890	-58,20697	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	13,5
P-074	-2,60570	-58,22442	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-075	-2,39847	-58,41825	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Médio Amazonas	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	11,5



Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-076	-2,41177	-58,41491	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	11,5
P-077	-2,44517	-58,40469	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-078	-2,33293	-58,11919	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão - Depósitos aluvionares	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	11,5
P-079	-2,35205	-58,10550	Rio Amazonas	Rio Uatumã	Alter do Chão - Depósitos aluvionares	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Savana	11,5
P-080	-4,15982	-60,13805	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	11,5
P-081	-4,16374	-60,14769	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	11,5
P-082	-4,15669	-60,14452	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	12,5
P-083	-4,15797	-60,13573	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	12,5
P-084	-4,91023	-61,11546	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	12,5
P-085	-4,90538	-61,12005	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	12,5
P-086	-4,90748	-61,11251	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	PaO- áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Formações Pioneiras (Campos) - Influência Fluvial/FI. Ombrófila	Floresta Ombrófila	15,5
P-087	-4,72799	-61,27896	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	15,5
P-088	-4,69174	-61,30878	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	15,5
P-089	-4,70179	-61,27042	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá - Depósitos Aluvionares	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	15,5
P-090	-4,69660	-61,29686	Rio Madeira	"Baixo Madeira"	Içá	Amazonas Médio	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	15,5
P-091	-5,55311	-61,75012	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	15,5
P-092	-5,54233	-61,76453	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	15,5
P-093	-5,55102	-61,74105	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-094	-5,63143	-61,80511	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	16,5

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-095	-5,66407	-61,79070	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	16,5
P-096	-5,47685	-61,64444	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-097	-5,49138	-61,65701	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	16,5
P-098	-5,49620	-61,67369	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Floresta Ombrófila	15,5
P-099	-5,53433	-61,74705	Rio Madeira	Rio Amapá	Içá	Solimões	Da - Floresta Ombrófila Densa - Aluvial	Floresta Ombrófila	15,5
P-100	-1,65224	-56,51268	Rio Trombetas	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	15,5
P-101	-1,60204	-56,49820	Rio Trombetas	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	16,5
P-102	-1,84567	-56,53670	Rio Nhamundá	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-103	-1,83859	-56,49402	Rio Nhamundá	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-104	-1,67147	-56,52164	Rio Trombetas	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	8,5
P-105	-1,82087	-56,42498	Rio Trombetas	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	10,5
P-106	-1,75293	-56,62003	Rio Nhamundá	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-107	-1,78652	-56,45840	Rio Trombetas	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-108	-1,76951	-56,49740	Rio Trombetas	-	Alter do Chão	Médio Amazonas	Db - Floresta Ombrófila Densa - Terras Baixas	Savana	11,5
P-109	-2,49772	-54,92403	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	11,5
P-110	-2,47795	-54,95011	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	11,5
P-111	-2,46673	-54,91645	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	4,5
P-112	-2,54962	-54,95725	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	4,5
P-113	-2,53950	-54,93156	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	4,5
P-114	-2,55678	-54,92877	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	6,5

Riacho	Latitude	Longitude	Drenagem	Sistema de drenagem	Formação Geológica	Paleo-Bacias	Fitofisionomia Atual	Fitofisionomia no UMG	Índice de Walsh
P-115	-2,55054	-54,90458	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	6,5
P-116	-2,47715	-54,90508	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	6,5
P-117	-2,44733	-54,90263	Rio Tapajós	Alter do Chão	Alter do Chão	Médio Amazonas	SO - áreas de Tensão Ecológica (Contatos) - Savana/Fl. Ombrófila	Savana	6,5
P-118	-6,03527	-55,32394	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Granito Porquinho	Escudo Brasileiro	Ds - Floresta Ombrófila Densa - Submontana	Savana	6,5
P-119	-6,01608	-55,30256	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Granito Porquinho	Escudo Brasileiro	Ds - Floresta Ombrófila Densa - Submontana	Savana	4,5
P-120	-5,65089	-55,45920	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	Ds - Floresta Ombrófila Densa - Submontana	Savana	4,5
P-121	-5,46522	-55,38292	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	8,5
P-122	-5,45823	-55,39266	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	8,5
P-123	-5,46963	-55,36776	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	10,5
P-124	-5,44549	-55,36899	Rio Tapajós	Rio Jamanxim	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	9,5
P-125	-6,11501	-55,28079	Rio Xingu	Rio Curuá	Complexo Xingu - Formação Salustiano	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	9,5
P-126	-6,16779	-55,04103	Rio Xingu	Rio Curuá	Complexo Xingu - Formação Aruri	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	9,5
P-127	-6,19476	-55,09074	Rio Xingu	Rio Curuá	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	9,5
P-128	-5,49002	-55,14224	Rio Xingu	Rio Iriri	Complexo Xingu - Formação Aruri	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	8,5
P-129	-5,49093	-55,13794	Rio Xingu	Rio Iriri	Complexo Xingu - Suíte intrusiva Maloquinha	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	8,5
P-130	-5,50505	-55,14892	Rio Xingu	Rio Iriri	Complexo Xingu - Formação Aruri	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	8,5
P-131	-5,50471	-55,16655	Rio Xingu	Rio Iriri	Complexo Xingu - Formação Aruri	Escudo Brasileiro	As - Floresta Ombrófila Aberta - Submontana	Savana	7,5

# Referências Bibliográficas

---

- Adams, J. M.; Faure, H. 1997. Preliminary vegetation maps of the world since the Last Glacial Maximum: an aid to archaeological understanding. *Journal of Archaeological Science*, 24: 623–647.
- Albert, J. S.; Crampton, W. G. R.; Thorsen, D. H.; Lovejoy, N. R. 2005. Phylogenetic systematics and historical biogeography of the Neotropical electric fish *Gymnotus* (Teleostei:Gymnotidae). *Systematics and Biodiversity*, 2: 375–417.
- Albert, J. S.; Lovejoy, N. R.; Crampton, W. G. R. 2006. Miocene tectonism and the separation of cis- and trans-Andean river basins: Evidence from Neotropical fishes. *Journal of South American Earth Sciences*, 21: 14-27.
- Allan, J. D.; Castilho M. M. 2007. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*, Springer, Netherlands. 436p.
- Allen, T. F. H.; Starr, T. B., 1982. *Hierarchy: Perspectives for ecological Complexity*, University of Chicago Press, Chicago. 310p.
- Amaral, F. R.; Silva, C. L.; Maia, T. F. A.; Val, P. F. A.; Ribeiro, O. L.; Morales, N. 2009. Controle neotectônico no paleocanal do Tarumã-Mirim, noroeste de Manaus (AM). In: *Anais do XII Simpósio Nacional de Estudo Tectônico*. SBG, Ouro Preto, MG. 56p.
- American Veterinary Medical Association 2001. Report of the AVMA panel on euthanasia. *JAVMA*, 218: 669-696.
- Anderson, A. A.; Hubbs, C.; Winemiller K. O.; Edwards R. J. 1995. Texas freshwater fish assemblages following three decades of environmental change. *The Southwestern Naturalist*, 40: 314-321.
- Angermeier, P. L.; Karr, J. R. 1984. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. In: T. M. Zaret (Ed.). *Evolutionary*

*ecology of neotropical freshwater fishes*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Netherlands. p. ?-?.

- Angermeier, P. L.; Winston., R. M. 1998. Local vs. Regional influences on local diversity in stream fish communities of Virginia. *Ecology*, 79: 911–927.
- Anhuf, D.; Ledru, M. P.; Behling, H.; Da Cruz Jr., F. W.; Cordeiro, R. C., Van der Hammen, T.; Karmann, I.; Marengo, J. A.; De Oliveira, P. E.; Pessenda, L.; Siffedine, A.; Albuquerque, A. L.; Da Silva Dias, P. L. 2006. Paleo-environmental change in Amazonian and African rainforest during the LGM. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239: 510–527.
- 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.
- Baker, P. A.; Seltzer, G. O.; Fritz, S. C.; Dunbar, R. B.; Grove, M. J.; Tapia, P. M.; Cross, S. L.; Rowe, H. D.; Broda, J. P. 2001. The history of South American tropical precipitation for the past 25,000 years. *Science*, 291: 640–643.
- Bermingham E.; Martin A. P. 1998. Comparative mtDNA phylogeography of Neotropical freshwater fishes: testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America. *Molecular Ecology*, 7: 499–517.
- Bierregaard, R. O. Jr. 1989. Conservation of tropical rainforests: Facing a fragmented future. *Proc. Regional Meeting American Association of Zoological Parks and Aquariums*. 4-12.
- Bierregaard, R. O. Jr.; Lovejoy, T. E.; Kapos, V.; Santos, A. A.; Hutchings, R. W. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. *BioScience*, 42: 859-866.
- Birnbaum, J. S.; Winemiller, K. O.; Shen L.; Munster C. L.; Wilcox, B. P.; Wilkins, R. N. 2007. Associations of watershed vegetation and environmental variables with fish and crayfish assemblages in headwater streams of the pedernales river, Texas. *River Research And Applications*, 23: 979–996.

- Bojsen, B. H.; Barriga, R. 2002.. Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, 47: 2246–2260.
- Bonaccorso, E.; Koch, I.; Peterson, A. T. 2006. Pleistocene fragmentation of Amazon species' ranges. *Diversity and Distributions*, 12: 157-164.
- Braga-Neto, R.; Luizão, R. C. C.; Magnusson, W. E.; Zuquim, G.; Castilho, C. V. 2008. Leaf litter fungi in a Central Amazonian forest: the influence of rainfall, soil and topography on the distribution of fruiting bodies. *Biodiversity and Conservation*, 17: 2701-2712.
- Brito E.F.; Moulton T.P.; Souza M.L.; Bunn S.E. 2006. Stable isotope analysis indicates microalgae as the predominant food source of fauna in a coastal forest stream, south-east Brazil. *Austral Ecology*, 31: 623–633.
- Buckup, P. A. 1999. Sistemática e biogeografia de peixes de riachos. *Inn*: Caramaschi, E. P., Mazzoni, R., Peres-Neto, P. R. (Eds). *Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis. Vol. 6. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. p. 91-138.
- Bührnheim, C. M. 1999. Habitat abundance patterns of fish communities in three Amazonian rainforest streams. *Inn*: Val, A. L., Almeida-Val, V. M. (Eds). *Biology of Tropical Fishes*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. p. 63-74.
- Bührnheim, C. M. 2002. Heterogeneidade de habitats: rasos x fundos em assembléias de peixes de igarapés de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Rev. Bras. Zool.*, 19(3): 889-905.
- Bührnheim, C. M.; Cox-Fernandes, C. 2001. Low seasonal variation of fish assemblages in Amazonian rain forest streams. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 12: (1), 65-78.
- Bührnheim, C. M.; Carvalho, T. P.; Malabarba, L. R.; Weitzman, S. H. 2008. A new genus and species of characid fish from the Amazon basin: the recognition of a relictual lineage of characid fishes (Ostariophysi: Cheirodontinae: Cheirodontini). *Neotropical Ichthyology*, 6: 663-678.

- Campbell Jr.; K. E.; Frailey, C. D.; Romero-Pittman, L. 2006. The Pan-Amazonian Ucayali Peneplain, late Neogene sedimentation in Amazonia, and the birth of the modern Amazon River system. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239: 166–219.
- Cardoso, Y. P.; Montoya-Burgos, J. I. 2009. Unexpected diversity in the catfish *Pseudancistrus brevispinis* reveals dispersal routes in a Neotropical center of endemism: the Guyanas Region. *Molecular Ecology*, 18: 947–964.
- Carvalho, L. N.; Zuanon, J.; Sazima, I. 2006. The almost invisible league: crypsis and association between minute fishes and shrimps as a possible defence against visually hunting predators. *Neotropical Ichthyology*, 4: (2), 219-224.
- Castilho, C. V.; Magnusson, W. E.; Araújo, R. N. O.; Luizão, R. C. C.; Luizão, F. J.; Lima, A. P.; Higuchi, N. 2006. Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian forest: effects of soil and topography. *Forest Ecology and Management*, 234: 85-96.
- Castro, R. M. C. 1999. Evolução da ictiofauna de riachos sul-americanos: padrões gerais e possíveis processos causais. *Inn*: Caramaschi, E. P., Mazzoni, R., Peres-Neto, P. R. (Eds). *Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis. Vol. 6. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. p. 139-155.
- Colinvaux, P. 1987. Amazon diversity in light of the paleoecological record. Quaternary. *Science Reviews*, 6: 93–114.
- Colinvaux, P. A.; De Oliveira, P. E. 2001. Palaeoecology and climate of the Amazon basin during the last glacial cycle. *Journal of Quaternary Science*, 15: 347–356.
- Colinvaux, P. A.; De Oliveira, P. E.; Moreno, J. E.; Miller, M. C.; Bush, M. B. 1996. A long pollen record from lowland Amazonia: forest and cooling in glacial times. *Science*, 274: 85–88.
- Costa. W. J. E. M. 2004. *Rivulus kirovskyi*, a new killifish from the central Amazon, Brazil (Cyprinodontiformes: Rivulidae). *Neotropical Ichthyology*, 2: (1), 9-12.

- Cowen, R. K.; Paris, C. B.; Srinivasan, A. 2006. Scaling of Connectivity in Marine Populations. *Science*, 311: 522-527.
- Cowling, S. A.; Maslin, M. A.; Sykes, M. T. 2001. Paleovegetation Simulations of Lowland Amazonia and Implications for Neotropical Allopatry and Speciation. *Quaternary Research*, 55: 140–149.
- Cox-Fernandes, C.; Podos, J.; Lundberg, J. G. 2004. Amazonian Ecology: Tributaries Enhance the Diversity of Electric Fishes. *Science*, 305: 1960-1962.
- Dias, M. S.; Magnusson, W. E.; Zuanon, J. 2010. Effects of Reduced-Impact Logging on Fish Assemblages in Central Amazonia. *Conservation Biology*, 24: 278-286.
- Espírito-Santo, H. M. V.; Magnusson, W. E.; Zuanon, J.; Mendonça, F. P.; Landeiro, V. L. 2009. Seasonal variation in the composition of fish assemblages in small Amazonian forest streams: evidence for predictable changes. *Freshwater Biology*, 54: 536–548.
- Fagan, W. F. 2002. Connectivity, fragmentation, and extinction risk in dendritic metapopulations. *Ecology*, 83: (12) 3243–3249.
- Faith, D. P.; Minchin, P. R.; Belbin, L. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance: a theoretical model and computer simulations. *Vegetatio*, 69: 57-68.
- Farias, I. P.; Torrico, J. P.; García-Dávila, C.; Santos, M. C. F.; Hrbek, T.; Renno, J. F. 2010. Are rapids a barrier for floodplain fishes of the Amazon basin? A demographic study of the keystone floodplain species *Colossoma macropomum* (Teleostei: Characiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, in press, doi:10.1016/j.ympev.2010.03.028.
- Ferreira, E. J. G.; Zuanon, J.; Santos, G. M. 1998. *Peixes comerciais do Médio Amazonas, região de Santarém – PA*. IBAMA, Brasília, DF. 214p.
- Ferreira, E.; Zuanon, J.; Forsberg, B.; Goulding, M.; Briglia-Ferreira, S. R. 2007. Rio Branco, Peixes, Ecologia, e Conservação de Roraima. Amazon



Conservation Association/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Sociedade Civil Mamirauá, Manaus, AM. 201p.

- Filipe, A. F.; Araújo, M. B.; Doadrio, I.; Angermeier, P. L.; Collares-Pereira, M. J. 2009. Biogeography of Iberian freshwater fishes revisited: the roles of historical versus contemporary constraints. *Journal of Biogeography*, 36: 2096–2110.
- Frissel, C. A.; Liss, W. L.; Warren, C. E.; Hurley, M. D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environ. Mangmt.*, 10: 199-214.
- Géry, J. 1970. *Characoids of the world*. T. F. H. Publications, Neptune City. 672p.
- Géry, J.; Römer, U. 1997. *Tucanoichthys tucano* gen. n. sp. n., a new miniature characid fish (Teleostei: Characiformes: Characidae) from rio Uaupès basin in Brasil. *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology*, 2: (4) 65-72.
- González, R. J. 1996. Ion regulation in ion poor waters of low pH. *Inn: Val, A. L., Almeida-Val, V. M. F., Randall D. J. (Eds.). Physiology and Biochemistry of the fishes of the Amazon*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. 420 p.
- Gordon, N. D.; McMahon, T. A.; Finlayson, B. L.; Gippel, C. J.; Nathan R. J. 2004. *Stream Hydrology. An Introduction for Ecologists*. John Wiley & Sons, West Sussex.
- Gotelli, N. J.; Taylor, C. M. 1999. Testing metapopulation models with stream-fish assemblages. *Evolutionary Ecology Research*, 1: 835–845.
- Goulding, M.; Barthem, R.; Ferreira, E. 2003. *The Smithsonian Atlas of the Amazon*. Smithsonian Books, Washington , U.S.A.
- Goulding, M.; Carvalho, M. L.; Ferreira, E. G. 1988. *Rio Negro, rich life in poor water*. SPB Academic, The Hague, Hague, Netherlands.
- Haffer, J. 2001. Hypotheses to explain the origin of species in Amazonia. *Inn: Vieira, I. C. G.; Silva, J. M. C.; Oren, D. C.; D'incao, M. Â. (Eds.)*.

*Diversidade Biológica e Cultural da Amazônia – Biological and Cultural Diversity of Amazoni*. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA. 421p.

- Hoeinghaus, D. J.; Layman, C. A.; Arrington, D. A.; Winemiller, K. O. 2003. Spatiotemporal variation in fish assemblage structure in tropical floodplain creeks. *Environmental Biology of Fishes*, 67: 379–387.
- Hoeinghaus, D. J.; Winemiller, K. O.; Birnbaum, J. S. 2007. Local and regional determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs. functional groups. *Journal of Biogeography*, 34: 324-338.
- Horn, C. 1993. Marine incursions and the influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonia: results of a palynostratigraphic study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 105: 267–309.
- Horn, C. 1994. An environmental reconstruction of the palaeo-Amazon River system (Middle–Late Miocene, NW Amazonia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 112: 187–238.
- Horn, C.; Guerrero, J.; Sarmiento, G. A.; Lorente, M. A. 1995. Andean tectonics as a cause for changing drainage patterns in Miocene northern South America. *Geology*, 23: 237–240.
- Hrbek, T.; Deus, C. P.; Farias, I. P. 2004. *Rivulus duckensis* (Teleostei; Cyprinodontiformes): New species from the Tarumã basin of Manaus, Amazonas, Brazil and its relationship to other Neotropical Rivulidae. *Copeia*, 3: 569-576.
- Hubert, N.; Renno, J. F. 2006. Historical biogeography of South American freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, 33: 1414-1436.
- Hubert, N.; Duponchelle, F.; Nuñez, J.; Garcia-Davila, C.; Paugy, D.; Renno, J. F. 2007. Phylogeography of the piranha genera *Serrasalmus* and *Pygocentrus*: implications for the diversification of the Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 16: 2115–2136.

- Jackson, D. A.; Harvey, H. H. 1989. Biogeographic associations in fish assemblages: local vs. regional processes. *Ecology*, 70: 1472-1484.
- Johnson, R. K.; Furse, M. T.; Hering, D.; Sandin, L. 2007. Ecological relationships between stream communities and spatial scale: implications for designing catchment-level monitoring programmes. *Freshwater Biology*. 52: (5) 939-958.
- Junk, W. J. 1983. As águas da Região Amazônica. In: Salati, E., Schubart, H. O. R., Junk, W. J. E Oliveira, A. E. (Eds.). *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. CNPq/Brasiliense, São Paulo, SP. 328p.
- Junk, W. J.; Furch, K. 1985. The Physical and Chemical Properties of Amazonian Waters and their Relationship with the Biota. In: Treherne, J. E (Ed.). *Key environments: Amazonia*. Pergamon, Oxford, England.
- Junk, W.; Bayley, J. 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*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci,
- Junk, W.; Wantzen, K. M. 2004. The Flood Pulse Concept: New Aspects, Approaches and Applications - An Update. In: Welcomme R.; Petr, T. (Eds.). *Proceedings of the Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries*. Vol 2. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok, Thailand. p. 117-140.
- Kenkel, N. C.; Orlóci, L. 1986. Applying metric and nonmetric multidimensional scaling to ecological studies: some new results. *Ecology*, 67 (4): 919-928.
- Lasne, E.; Lek, S.; Laffaille, P. 2007. Patterns in fish assemblages in the Loire floodplain: The role of hydrological connectivity and implications for conservation. *Biological Conservation*, 139: 258–268.
- Laffaille, P.; Lasne, E.; Baisez A. 2009. Effects of improving longitudinal connectivity on colonisation and distribution of European eel in the Loire catchment, France. *Ecology of Freshwater Fish*, 18: 610–619.

- Latrubesse, E. M.; Silva, S. A. F.; Cozzuol, M.; Absy, M. L. 2007. Late Miocene continental sedimentation in southwestern Amazonia and its regional significance: Biotic and geological evidence. *Journal of South American Earth Sciences*, 23: 61–80.
- Latrubesse, E. M.; Stevaux, J. C.; Sinha, R. 2005. Tropical rivers. *Geomorphology*, 70: 187–206.
- Legendre, P.; Legendre, L. 1998. *Numerical ecology*. Elsevier Science. BV, Amsterdam. 853pp.
- Lowe-McConnell, R. H. 1999. *Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais*. Edusp, São Paulo. 366 p.
- Lundberg, J. O. 1998. The temporal context for the diversification of neotropical fishes. *Inn*: Malabarba, L. R.; Reis, R. E.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S.; Lucena, C. A. S. (Eds.) *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edpuers, Porto Alegre, RS. p. 49-68.
- Lundberg, J. O.; Marshall, L. G.; Guerrero, J.; Horton, B.; Malabarba, C.; Wesselingh, F. 1998. The stage for neotropical fish diversification: a history of tropical South American rivers. *Inn*: Malabarba, L. R.; Reis, R. E.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S.; Lucena, C. A. S. (Eds.) *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edpuers, Porto Alegre, RS. p. 13-48.
- Magnusson, W. E. 2001. Catchments as basic units of management in conservation biology courses. *Conservation Biology*, 15: 1464-1465.
- Magnusson, W. E.; Lima, A. P.; Luizão, R. C.; Luizão, F.; Costa, F. R. C.; Castilho, C. V.; Kinupp, V. F. 2005. RAPELD: uma modificação do método de Gentry pra inventários de biodiversidade em sítios para pesquisa ecológica de longa duração. *Biota Neotropica*, 5: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v5n2/pt/abstract?point-of-view+bn01005022005>>.
- Malabarba L. R.; Reis R. E.; Vari R. P.; Lucena Z. M.; Lucena C. A. S. 1998. *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. Edipucrs, Porto Alegre, RS. 603p.

- Malmqvist B.; Rundle S. 2002. Threats to the running water ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, 29: 134-153.
- Martin-Smith, K. M. 1998. Relationships between fishes and habitat in rainforest streams in Sabah, Malaysia. *Journal of Fish Biology*, 52: 458-482.
- Matthews, W. J. (1998) *Patterns in Freshwater Fish Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA. USA. 28pp.
- Mendonça, F. P.; Magnusson, W. E.; Zuanon, J. 2005. Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia. *Copeia*, 4: 750-763.
- Menezes, N. A. 1996. Methods for assessing freshwater fish diversity. *Inn*: Menezes, N. A.; Bicudo, C. E. M. (Eds.). *Biodiversity in Brazil: a first approach*. CNPq, São Paulo, SP. p. 289-295.
- Menin, M.; Lima, A. P.; Magnusson, W. E.; Waldez, F. 2007. Topographic and edaphic effects on the distribution of terrestrially reproducing anurans in Central Amazonia: mesoscale spatial patterns. *Journal of Tropical Ecology*, 23: 539-547.
- Metzger, J. P.; Décamps, H. 1997. The structural connectivity threshold: an hypothesis in conservation biology at the landscape scale. *Acta Æcologica*, 18: 1-12.
- Minchin, P. R. 1987. Simulation of multidimensional community patterns: toward a comprehensive model. *Vegetatio*, 71: 145-156.
- Ministério Do Meio Ambiente, Brasil. 2001. *Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade na Amazônia brasileira*. Brasília : MMA/SBF.
- Mojica, J. I.; Castellanos, C.; Lobón-Cerviá, J. 2009. High temporal species turnover enhances the complexity of fish assemblages in Amazonian *Terra firme* streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 18: 520–526.

- Monsch, K. A. 1998. Miocene fish faunas from the northwestern Amazonia basin (Colombia, Peru, Brazil) with evidence of marine incursions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 143: 31–50.
- Montoya-Burgos, J. I. 2003. Historical biogeography of the catfish genus *Hypostomus* (Siluriformes: Loricariidae), with implications on the diversification of Neotropical ichthyofauna. *Molecular Ecology*, 12: 1855–1867.
- Moulton, T.P. 2006. Why the world is green, the waters are blue and food webs in small streams in the Atlantic Rainforest are predominantly driven by microalgae? *Oecologia Brasiliensis*, 10: 78-89.
- Moyle, P. B.; Vondracek B. 1985. Persistence and structure of the fish assemblage in a small California streams. *Ecology*, 66: 1–13.
- Oberdorff, T.; Hugueny, B.; Compin, A.; Belkessam, D. 1998. Non-interactive fish communities in the coastal streams of North-western France. *Journal of Animal Ecology*, 68: 472-484.
- Oksanen, J.; Blanchet, F. G.; Kindt, R.; Legendre, P.; O'hara, R. G.; Simpson, G. L.; Solymos, P.; Stevens, M. H. H.; Wagner, H. 2010. Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.17-0. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Paiva, M. P. 1983. *Peixes e pescas da águas interiores do Brasil*. Editerra, Brasília, DF. 158p.
- Pazin, V. F. V.; Magnusson, W. E.; Zuanon J.; Mendonça, F. P. 2006. Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology*, 51: 1025-1037.
- Petts, G. E. 1994. Rivers: Dynamic components of catchment ecosystems. *Inn*: Calow, P., Petts, G. E. (eds.). *The River Handbook*. Vol. 2. Blackwell Scientific, Oxford. p. 3-22.

- Pont, D.; Hugueny, B.; Oberdorff, T. 2005. Modelling habitat requirement of European fishes: do species have similar responses to local and regional environmental constraints? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 62: 163–173.
- Pringle, C. M. 2001. Hidrologic connectivity and the management of biological reserves: a global perspective. *Ecological Applications*, 11: 981-998.
- Radam Brasil. 1968-1978. *Levantamento de Recursos Naturais*. Vol. 1-18. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia/Departamento Nacional de Produção Mineral.
- Ready, J. S.; Ferreira, E. J. G.; Kullander, S. O. 2006. Discus fishes: mitochondrial DNA evidence for a phylogeographic barrier in the Amazonian genus *Symphysodon* (Teleostei: Cichlidae). *Journal of Fish Biology*, 69: 200–211.
- R Development Core Team. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Reis, R. E.; Kullander, S. O.; Ferraris Jr., C. J. 2003. *Check list of the freshwater fishes of South and Central America*. EDIPUCR, Porto Alegre, RS. 742 p.
- Ribeiro, J. E. L. Da S.; Hopkins, M. J. G.; Vicentini, A.; Sothers, C. A.; Costa, M. A. Da S.; De Brito, J. M.; De Souza, M. A. D.; Martins, L. H. P.; Lohmann, L. G.; Assunção, P. A. C. L.; Pereira, E. Da C.; Da Silva, C. F.; Mesquita M.; L. Procópio, C. 1999. *Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das Plantas Vasculares de uma Floresta de Terra Firme na Amazônia Central*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 798p.
- Ribeiro, O. M.; Zuanon, J. 2006. Comparação da eficiência de dois métodos de coleta de peixes em igarapés de terra firme da Amazônia Central (Comparison of the efficiency of two fish collecting methods in small forest streams in Central Amazon). *Acta Amazonica*, 36 (3): 389-394.
- Rodrigues, R. R.; Carvalho, L. N.; Zuanon, J.; Del-Claro, K. 2009. Color changing and behavioral context in the Amazonian Dwarf Cichlid

*Apistogramma hippolytae* (Perciformes). *Neotropical Ichthyology*, 7 (4): 641-646.

Rossetti, D. F.; Toledo, P. M.; Góes, A. M. 2005. New geological framework for Western Amazonia (Brazil) and implications for biogeography and evolution. *Quaternary Research*, 63: 78– 89.

Sabino, J.; Zuanon, J. 1998. A stream fish assemblage in Central Amazonia: distribution, activity patterns and feeding behavior. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 8(3): 201-210.

Saint-Paul, U.; Zuanon, J.; Correa, M. A. V.; García, M.; Fabr e, N. N.; Bergera U.; Junk, W. J. 2000. Fish communities in central Amazonian white- and blackwater floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 235–250.

Saunders, D. L.; Meeuwing, J. J.; Vincent A. C. J. 2002. Freshwater protected areas: strategies for conservation. *Conservation Biology*, 16(1): 30-41.

Sazima, I.; Carvalho, L. N.; Mendonça, F. P.; Zuanon, J. 2006. Fallen leaves on the water-bed: diurnal camouflage of three night active fish species in an Amazonian streamlet. *Neotropical Ichthyology*, 4(1): 119-122.

Silva C.L.; Morales, N.; Cr sta, A.P.; Costa, S. S.; Jimenez-Rueda, J. R. 2007. Analysis of tectonic-controlled fluvial morphology and sedimentary processes of the western Amazon basin: an approach using satellite images and digital elevation model". *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 79(4): 693-711.

Silva, C. P. D. 1993. Alimentação e distribuição espacial de algumas espécies de peixes do igarapé do Candir , Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 23(2-3): 271-285.

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 extin o de igarapés. *Inn*: Ferreira, E. J. G., Santos, G. M., Leão, E. L. M., Oliveira, L. A. (Eds.). *Bases Científicas para Estratégias de*



- Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*. Vol.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM.
- Silva, J. M. C.; Rylands, A. B.; Fonseca, G. A. B. 2005. The Fate of the Amazonian Areas of Endemism. *Conservation Biology*, 19: 689-694.
- Sioli, H. 1984. *The Amazon: Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Dr. W. Junk Publishers, Netherlands. 762p.
- Smith, N. J. H. 1979. *A pesca no rio Amazonas*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. 154p.
- Steneck, R. S. 2006. Staying Connected in a Turbulent World. *Science*, 311: 480-481.
- Tedesco, P. A., Oberdorff, T., Lasso, C. A., Zapata, M., Hugueny, B. 2005. Evidence of history in explaining diversity patterns in tropical riverine fish. *Journal of Biogeography*, **32**, 1899-1907pp.
- Van der Hammen, T.; Absy, M. L. 1994. Amazonia during the last glacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109: 247-261.
- Van Der Hammen, T.; Hooghiemstra, H. 2000. Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Review*, 19: 725-742.
- Van der Hammen, T.; Duivenvoorden, J. F.; Lips, J. M.; Urrego, L. E.; Espejo, N., 1992. Late Quaternary of the middle Caquetá River area (Colombian Amazonia). *Journal Quaternary Science*, 7: 45-55.
- Val, A. L.; Almeida-Val, V. M. F.; Randall D. J. 1996. *Physiology and Biochemistry of the fishes of the Amazon*. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM. 420p.
- Vannote, R. L.; Minshall, G. W.; Cummins, K. W.; Sedell, J. R.; Cushing, C. E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.
- Vari, R. P.; Malabarba, L. R. 1998. Neotropical Ichthyology: An Overview. *Inn*: Malabarba, L. R.; Reis, R. E.; Vari, R. P.; Lucena, Z. M. S.; Lucena, C. A.

- (Eds.) *Phylogeny and Classification of Neotropical Fishes*. EDPUCRS, Porto Alegre, RS. p. 49-68.
- Veech, J. A.; Summerville, K. S.; Crist, T. O.; Gering, J. C. 2002. The additive partitioning of species diversity: recent revival of an old idea. *Oikos*, 99: 3-9.
- Walker, I. 1991. Algumas considerações sobre um programa de zoneamento da Amazônia. *Inn: Val, A. L., Figliuolo, R., Feldberg, E. (Eds.). Bases Científicas para Estratégias de Preservação e Desenvolvimento da Amazônia*. Vol.1. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM.
- Walker, I. 1995. Amazonian streams and small rivers. *Inn: Tundisi, J. G., Bicudo, C. E. M., Matsumura-Tundisi, T. (Eds). Limnology in Brazil*. Soc. Bras. De Limnologia/Acad. Bras. de Ciências. p. 167-193.
- Walsh, R. P. D. 1996. The climate. *Inn: Richards, P.W. (Ed.). The Tropical Rain Forest: an ecological study*. Cambridge University Press. p. 159-255.
- Walsh, R. P. D. 1996. The climate. *Inn: Richards, P. W. (Ed.) The Tropical Rain Forest: an ecological study*. Cambridge University Press. p.159-255.
- Wantzen, K. M.; Ramírez, A.; Winemiller, K. O. 2006. New vistas in Neotropical stream ecology — Preface. *Journal of the North American Benthological Society* , 25: 61–65.
- Ward, J.V.; Tockner, K.; Schiemer, F. 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research & Management*, 15: 125-139.
- Wiens, J. J.; Donoghue M. J. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 19: 639-644.
- Winemiller, K. O.; López-Fernández, H.; Taphorn, D. C.; Nico, L. G.; Duque, A. B. 2008. Fish assemblages of the Casiquiare River, a corridor and zoogeographical filter for dispersal between the Orinoco and Amazon basins. *Journal of Biogeography*, 35: 1551–1563.

Zuanon, J.; Bockmann, F. A.; Sazima, I. 2006a. A remarkable sand-dwelling fish assemblage from central Amazonia, with comments on the evolution of psammophily in South American freshwater fishes. *Neotropical Ichthyology*, 4(1): 107-118.

Zuanon, J.; Carvalho, L. N.; Sazima, I. 2006b. A chamaleon characin: the plant-clinging and colour-charging *Ammocryptocharax elegans* (Characidiinae: Crenuchidae) *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 17(3): 225-232.