



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ZOOLOGIA**

NARAIANA LOUREIRO BENONE

**EFEITOS DO ESPAÇO E DO AMBIENTE SOBRE ASSEMBLEIAS
DE PEIXES DE IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio entre a Universidade Federal do Pará e o Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Orientador: Dr. Luciano F. de Assis Montag
ICB/UFPA

Belém – PA

2012

EFEITOS DO ESPAÇO E DO AMBIENTE SOBRE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DE
IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre do Programa de Pós-graduação em Zoologia da Universidade Federal do Pará e do Museu Paraense Emílio Goeldi, para comissão avaliadora formada pelos doutores:

Orientador: **Prof. Dr. Luciano Fogaça de Assis Montag**
Universidade Federal do Pará

Prof. Dr. Paulo de Marco Júnior
Universidade Federal de Goiás

Prof^a. Dr^a. Marlúcia Bonifácio Martins
Museu Paraense Emílio Goeldi

Prof. Dr. Jansen Alfredo Sampaio Zuanon
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia

Prof. Dr. Ludgero Cardoso Galli Vieira
Universidade de Brasília

Prof. Dr. Cesar Enrique de Melo
Universidade Federal do Mato Grosso

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às seguintes pessoas e instituições:

Ao Dr. Luciano F. de A. Montag pela orientação, conselhos e pela amizade, sempre disponíveis ao longo dos dois anos de mestrado;

À minha família pelo amor e apoio incondicionais, indispensáveis a este trabalho;

Ao Dr. Leandro Juen (ICB/UFPA) pela ajuda fundamental nas análises estatísticas;

Ao Dr. David Santana, ao M.Sc. Guilherme Dutra e ao mestrando Luiz Peixoto, do Museu Paraense Emílio Goeldi, pela identificação das espécies de peixes coletadas;

Ao mestrando Bruno Prudente pelo auxílio na coleta-piloto;

A todos os amigos do Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados pelos divertidos dias de trabalho e pelas discussões, de grande importância no desenvolvimento desta pesquisa; em especial, agradeço à Anna Emília, Chico, Gabriel, Guido, Kleiton e Michelle, pelo apoio em campo e no laboratório;

Aos amigos do Mestrado, em especial à Cássia, Dina-Mara, Guevara e Luciana, pela grande amizade, companheirismo, lasanhas, tapiquinhas e intermináveis conversas;

Aos moradores da FLONA de Caxiuanã e funcionários da Estação Científica Ferreira Penna, em especial ao João Domingos e ao Renato, pelo imprescindível auxílio nas coletas de campo;

Ao Douglas de Oliveira pela ajuda em campo e pelo amor e apoio constantes;

Aos (às) doutores (as) Cristiane de Paula Ferreira (IG/UFPA), Marlúcia Bonifácio Martins (CZO/MPEG) e Ronaldo Borges Barthem (CZO/MPEG) pelas valiosas contribuições feitas durante a qualificação deste trabalho;

Ao geógrafo Igor Soares pelo auxílio na elaboração dos mapas;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida;

Ao Programa de Pesquisas em Biodiversidade (PPBio/Amazônia Oriental) pelo auxílio financeiro;

À Universidade Federal do Pará, ao Museu Paraense Emílio Goeldi e ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia pelas oportunidades e infraestrutura oferecidas;

A todos que me ajudaram, direta ou indiretamente, a realizar este trabalho e que não foram aqui mencionados por falhas em minha memória, minhas desculpas e meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
EFEITOS DO ESPAÇO E DO AMBIENTE SOBRE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DE IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL	9
RESUMO	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS	13
Área de estudo	13
Variáveis ambientais.....	14
Coleta de peixes.....	15
Variáveis espaciais	15
Análises estatísticas	16
RESULTADOS	18
Características estruturais e ambientais dos igarapés afogados.....	18
Ictiofauna	18
Influência do ambiente e do espaço sobre a diversidade beta	20
DISCUSSÃO	24
AGRADECIMENTOS	27
REFERÊNCIAS	28
ANEXO	37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Localização da região do baixo Anapu, com a delimitação da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil. Os pontos representam os 34 trechos de igarapés afogados que tiveram a ictiofauna amostrada durante a seca de 2010. 14
- Figura 2.** Resultado da diversidade beta média por trecho de igarapé amostrado durante a seca de 2010 no Baixo Anapu, PA. A linha indica as unidades amostrais com dissimilaridade média superior a 0,5. 22
- Figura 3.** Diagrama da diversidade beta (dissimilaridade) em função da distância linear (km) para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 na FLONA de Caxiuanã, PA. Pontos representam os pares de igarapés. 22

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão dos fatores abióticos amostrados em 34 trechos de igarapés do Baixo Anapu, PA durante a seca de 2010.... 18
- Tabela 2.** Espécies de peixes coligidas em 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 no Baixo Anapu, PA, com o número de tombo (*voucher*) e abundâncias absoluta e relativa (táxons listados em ordem alfabética). 19
- Tabela 3.** Resultado da análise de BioEnv realizada para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 no Baixo Anapu, PA, com destaque para o grupo com a maior correlação em relação à matriz biótica. 21
- Tabela 4.** Resultado do teste de Mantel parcial entre a distância geográfica (linear, com filtros espaciais), a diversidade beta e os fatores abióticos para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 na FLONA de Caxiuanã, PA. 23
- Tabela 5.** Resultado do teste de Mantel parcial entre a distância fluvial, a diversidade beta e os fatores abióticos para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 na FLONA de Caxiuanã, PA. 23

EFEITOS DO ESPAÇO E DO AMBIENTE SOBRE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DE IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL

RESUMO

Os igarapés amazônicos podem apresentar características ambientais rigorosas para diversas espécies de peixes devido à sua condição oligotrófica. Apesar disso, estes cursos d'água detêm uma ictiofauna rica e diversificada, que ocupa uma grande variedade de microhábitats nos igarapés. Em sistemas de lagos de ria, os rios e igarapés sofrem um represamento natural e passam a ter baixos valores de correnteza, o que pode tornar esses ambientes mais homogêneos, já que a correnteza afeta diversas características dos igarapés. Nesse caso, a distância entre os igarapés poderia ser um dos principais fatores estruturadores das assembleias de peixes. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do espaço e do ambiente sobre a estrutura das assembleias de peixes de igarapés afogados em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. As coletas de peixes foram realizadas durante o período da seca de 2010, abrangendo 34 trechos de igarapés. Foram mensurados oito fatores abióticos para testar os efeitos das características ambientais locais. Para analisar os efeitos do espaço, foram calculados filtros espaciais a partir das coordenadas geográficas, bem como a distância fluvial entre os trechos. As análises mostraram que o ambiente foi o único fator a influenciar a diversidade beta, refutando a hipótese do espaço enquanto fator estruturador e reforçando o papel do nicho ecológico na distribuição das espécies. Apesar disso, os fatores abióticos explicaram uma porcentagem baixa da variação na composição das espécies de peixe, o que mostra que outras variáveis podem afetar essas assembleias.

Palavras-chave: Lago de ria, β -diversidade, teoria do nicho, teoria neutra, partição de variância.

EFFECTS OF SPACE AND ENVIRONMENT ON THE FISH ASSEMBLAGES IN STREAMS OF THE EASTERN AMAZON

ABSTRACT

The amazon streams have harsh environmental characteristics for several fish species due to their oligotrophic conditions. In spite of that, these watercourses possess a rich and diversified ichthyofauna, resulting from the various microhabitats found in streams. In ria lake systems, the rivers and streams suffer a natural impoundment, which provokes a lowering on current velocity values. This could homogenize the environment, since current velocity affects many of the streams features. Thereby, distance between streams could have its importance emphasized as a structural factor of stream fish assemblages. This study aimed to analyze the influence of space and environment on the structure of fish assemblages in drowned streams of Caxiuanã, in Eastern Amazon. The fishes were caught during the period of drought of 2010, including 34 transects of drowned streams. Eight abiotic factors were measured to test the effect of the environment. To analyze the effect of the space, space filters were calculated based on the geographical coordinates, as well as the distance among the streams following the watercourse. The analyses showed that the environment was the only factor to influence the beta diversity, refuting the hypothesis of the space as a structuring factor and reinforcing the paper of the ecological niche in the distribution of species. Nevertheless, the abiotic factors explained a low percentage of the variation in the fish composition, what shows that other variables can affect these assemblages.

Key-words: Ria lake, β -diversity, niche theory, neutral theory, variance partitioning.

EFEITOS DO ESPAÇO E DO AMBIENTE SOBRE ASSEMBLEIAS DE PEIXES DE IGARAPÉS DA AMAZÔNIA ORIENTAL¹

Naraiana Loureiro Benone⁺; Leandro Juen⁺⁺; Luciano Fogaça de Assis Montag⁺

⁺ Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados – Ictiologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. Correio eletrônico: nbenone@gmail.com (NLB); montag@ufpa.br (LFAM).

⁺⁺ Laboratório de Zoologia de Invertebrados, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará - Rua Augusto Corrêa, 01 - Guamá. CEP 66075-110. Caixa postal, 479. Belém - Pará - Brasil. Correio eletrônico: leandrojuen@ufpa.br

TÍTULO ABREVIADO: Efeitos do espaço e do ambiente sobre peixes de igarapés

PALAVRAS-CHAVE: Lago de ria, β -diversidade, teoria do nicho, teoria neutra, partição de variância.

¹Trabalho a ser submetido para publicação e avaliação aos pares na revista *Freshwater Biology* (ver Anexo 1).

RESUMO

1. Os igarapés amazônicos podem apresentar características ambientais rigorosas para diversas espécies de peixes devido à sua condição oligotrófica. Apesar disso, estes cursos d'água detêm uma ictiofauna rica e diversificada, que ocupa uma grande variedade de microhábitats nos igarapés.
2. Em sistemas de lagos de ria, os rios e igarapés sofrem um represamento natural e passam a ter baixos valores de correnteza, o que pode tornar esses ambientes mais homogêneos, já que a correnteza afeta diversas características dos igarapés. Nesse caso, a distância entre os igarapés poderia ser um dos principais fatores estruturadores das assembleias de peixes.
3. Este trabalho teve como objetivo analisar a influência do espaço e do ambiente sobre a estrutura das assembleias de peixes de igarapés afogados em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. As coletas de peixes foram realizadas durante o período da seca de 2010, abrangendo 34 trechos de igarapés afogados. Foram mensurados oito fatores abióticos para testar o efeito do ambiente. Para analisar o efeito do espaço, foram calculados filtros espaciais a partir das coordenadas geográficas, bem como a distância fluvial entre os trechos.
4. As análises mostraram que o ambiente foi o único fator a influenciar a diversidade beta, refutando a hipótese do espaço enquanto fator estruturador e reforçando o papel do nicho ecológico na distribuição das espécies. Apesar disso, os fatores abióticos explicaram uma porcentagem baixa da variação na composição das espécies de peixe, o que mostra que outras variáveis podem afetar essas assembleias.

INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da ecologia de comunidades é compreender como as espécies estão distribuídas no espaço e quais são os fatores e processos que geram esses padrões (Brown, 1984; Cottenie, 2005; Soininen, McDonald & Hillebrand, 2007). A variação da abundância dos indivíduos entre as espécies, bem como a variação da composição específica ao longo do espaço, constituem medidas importantes para a compreensão dos processos que estruturam essa diversidade. Para este fim, a análise da diversidade beta (β) (Whittaker, 1960, 1972), que é a variação na composição de espécies de um local para outro, permite avaliar a dissimilaridade entre as comunidades através da mensuração da taxa de substituição (*turnover*) de espécies entre duas ou mais áreas (Koleff, Gaston & Lennon, 2003; Cardoso, Borges & Veech, 2009). Esse tipo de análise possibilita o exame de padrões de distribuição de espécies no espaço, como por exemplo, o decaimento da similaridade em função da distância (Qian, Ricklefs & White, 2005; Soininen *et al.*, 2007).

A variação da diversidade beta entre locais pode ser explicada tanto por variações nos fatores ambientais locais como por fatores espaciais, sendo estes mecanismos não necessariamente exclusivos (Nekola & White, 1999; Thompson & Townsend, 2006; Soininen *et al.*, 2007). Pela abordagem ambiental, cada espécie tem um conjunto de condições bióticas e abióticas que determinam os limites dentro dos quais as espécies podem persistir (Juen & de Marco, 2011). Assim, a distribuição das espécies seria determinada pelos fatores abióticos (Hutchinson, 1957); quanto maior a heterogeneidade ambiental, maior será a taxa de substituição de espécies e menor será a similaridade entre os locais. A abordagem espacial parte do pressuposto de que todos os organismos de todas as espécies apresentam aptidões idênticas e, desta forma, teriam a mesma probabilidade de acessar e se estabelecer nos ambientes (Nekola & White, 1999); nesse caso, o principal agente estruturador da similaridade faunística regional em uma escala de tempo ecológico seria a dispersão limitada pela distância geográfica entre as assembleias (Hubbell, 2001, 2005; Chave, 2004). Desta forma, locais mais próximos teriam maiores chances de serem colonizados por indivíduos das mesmas espécies existentes nas assembleias circunvizinhas e, conseqüentemente, locais mais próximos teriam maior compartilhamento de espécies (Juen & de Marco, 2011). Mesmo em ambientes completamente homogêneos, as assembleias teriam sua dissimilaridade aumentada em função da distância devido às limitações espaciais impostas sobre a capacidade de dispersão das espécies (Hubbell, 2001; Cassemiro & Padiã, 2008).

Igarapés são pequenos corpos d'água que formam a maior parte da imensa rede de drenagem que constitui a bacia amazônica (Lowe-McConnell, 1999). Na maioria dos casos, esses cursos d'água são caracterizados por possuírem leito bem delimitado, baixo pH devido à presença de ácidos húmicos e fúlvicos, pobreza de nutrientes dissolvidos e baixa produtividade autóctone (Lowe-McConnell, 1999; Mendonça, Magnusson & Zuanon, 2005; Espírito-Santo *et al.*, 2009), levando à dependência da entrada de material alóctone para manutenção das teias alimentares (Fidelis, Nessimian & Hamada, 2008; Nin, Ruppenthal & Rodrigues, 2009). Apesar dessas condições extremas, a ictiofauna de igarapés amazônicos é bem diversificada e possui altas taxas de endemismo, o que mostra que esses ambientes são grandes contribuintes da biodiversidade regional (Mendonça *et al.*, 2005; Arbeláez, Duivenvoorden & Maldonado-Ocampo, 2008; Montag *et al.*, 2008). Apesar do conhecimento das características funcionais dessas assembleias ainda ser limitado, os igarapés amazônicos representam uma oportunidade interessante de estudar os processos determinantes da diversidade local e da distribuição espacial da diversidade, já que apresentam um padrão claro de interconexão e se espalham por uma vasta planície, com características ambientais relativamente estáveis (Lowe-McConnell, 1999).

Uma das principais causas da grande diversidade de peixes em pequenos riachos é que estes estão distribuídos em áreas submetidas a diferentes condições geológicas, hidrológicas e ambientais, criando uma grande variedade de microhabitats (Jackson, Peres-Neto & Olden, 2001; Meyer *et al.*, 2007). Uma condição hidrográfica pouco conhecida é encontrada na região do baixo rio Anapu, localizada na Amazônia Oriental. Esta área constitui um lago de ria, com formação derivada do afogamento de vales durante o Holoceno (Behling & da Costa, 2000; Irion *et al.*, 2009). Esse processo resultou no represamento do rio e levou ao ganho de características lacustres, tanto para as baías como para seus afluentes de menores ordens. Desta maneira, rios e igarapés (nome dado aos riachos amazônicos) passaram a apresentar características de ambientes lênticos e são chamados de “afogados” (IBGE, 1991; Behling & da Costa, 2000). Os igarapés afogados possuem extensas planícies de inundação que podem ultrapassar os dez metros de largura, mesmo em cursos d'água de pequena ordem (Montag *et al.*, 2009).

Considerando os igarapés amazônicos e a peculiar hidrografia dos lagos de ria, este trabalho tem por objetivo avaliar o efeito do espaço e do ambiente sobre a estrutura das assembleias de peixes de igarapés afogados do baixo Rio Anapu, na Amazônia

Oriental. Através deste objetivo, busca-se testar as seguintes hipóteses: i) igarapés com condições abióticas semelhantes terão uma ictiofauna mais similar independente da distância, de acordo com a abordagem ambiental; ii) igarapés mais próximos terão fauna mais similar independente dos fatores abióticos, de acordo com a abordagem espacial. Como a velocidade de correnteza se mantém em níveis muito baixos, e considerando que esta variável determina diversas características dos riachos (Uieda & Castro, 1999), espera-se que os fatores abióticos tenham sofrido certa homogeneização, minimizando os efeitos do ambiente sobre a ictiofauna e fortalecendo a abordagem espacial.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em 34 trechos de igarapés afogados na região do baixo rio Anapu, onde está inserida a Floresta Nacional (FLONA) de Caxiuanã, nos municípios de Portel e Melgaço, Estado do Pará, Brasil (Figura 1).

A FLONA de Caxiuanã possui 85% de sua área coberta por Floresta Ombrófila Densa de Terra Firme (Almeida, Lisboa & Silva, 1993). O clima local é do tipo “Am” na classificação de Köppen, definido como tropical quente e úmido, com curto período de seca e sazonalidade bem definida (Peel, Finlayson & McMahon, 2007). A temperatura média é de 26,7 °C, com mínima de 23 °C e máxima de 32,7 °C. A pluviosidade média anual alcança 2.000 mm, com a maior incidência de chuvas no mês de março (379 mm) e a menor, em outubro (50 mm) (Costa & Moraes, 2002). O nível máximo das águas ocorre nos meses de abril e maio, com 180 cm, enquanto a cota mais baixa é alcançada nos meses de novembro e dezembro, com 120 cm (Divisão de Proteção dos Recursos Naturais, DPRN).

Os igarapés de Caxiuanã apresentam águas ácidas (pH \approx 5,5), o leito abundantemente recoberto por folhiço e troncos caídos, pouca profundidade (\approx 30 cm) e um canal principal associado com uma extensa planície de inundação, que pode atingir mais de dez metros (Montag *et al.*, 2009). O sistema hidrográfico de Caxiuanã é um ambiente peculiar, pois constitui um “lago de ria” derivado do afogamento de vales do rio Anapu durante o Holoceno (Behling & da Costa, 2000). Esse tipo de formação levou o rio a perder suas planícies marginais inundáveis, a ter pouca variação entre os ciclos de cheia e seca e a ter suas bordas delimitadas por áreas de Terra Firme (IBGE, 1991; Costa *et al.*, 2002; Montag *et al.*, 2009), definindo uma condição predominantemente lacustre para o sistema.

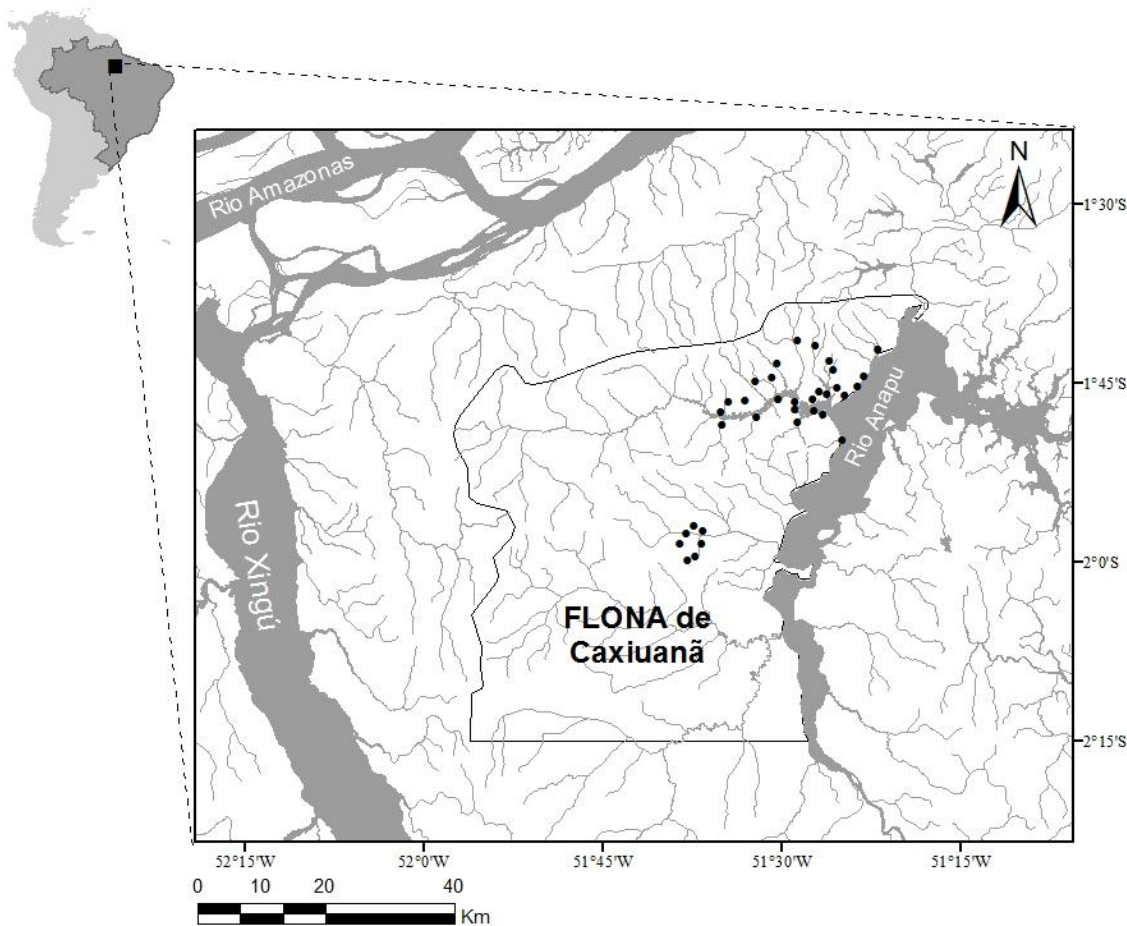


Figura 1. Localização da região do baixo Anapu, com a delimitação da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil. Os pontos representam os 34 trechos de igarapés afogados que tiveram a ictiofauna amostrada durante a seca de 2010.

Variáveis ambientais

Em cada trecho de igarapé, os fatores abióticos foram mensurados em três pontos equidistantes antes da coleta dos peixes. A média dos valores obtidos para cada fator em cada trecho foi utilizada nas análises estatísticas.

Foram mensurados os seguintes fatores abióticos: i) profundidade (m) e ii) largura do igarapé (m), iii) velocidade da correnteza (m/s), iv) temperatura da água (°C), v) pH, vi) condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), vii) oxigênio dissolvido (%) e viii) abertura de dossel (%). Estas variáveis são consideradas como algumas das mais representativas em estudos de assembleias de peixes de igarapés de terra firme (Rincón, 1999; Jackson *et al.*, 2001; Allan & Castillo, 2007).

A profundidade e largura do igarapé foram medidas com a utilização de trenas. O teor de oxigênio dissolvido foi obtido com uso de oxímetro DO-5510 (Lutron

Electronic Enterprises, Taipei, Taiwan). O pH, a temperatura e a condutividade foram medidos por medidor multiparamétrico PCSTestr 35 (OAKTON, Vernon Hills, IL, USA). Para medir a velocidade da correnteza, foi observado o tempo que um objeto semi-flutuante levou para percorrer uma distância preestabelecida. A abertura de dossel foi determinada a partir de fotos digitais, obtidas com máquina fotográfica SONY DSC-W110 a 1 m acima da superfície da água. As fotos foram convertidas para escala de cinza para que se pudesse calcular a porcentagem de pixels brancos na figura utilizando o programa ENVI 4.5 (ITT Visual Information Solutions, Boulder, CO, USA). Como a escala de Horton (*sensu* Welcomme, 1983) não é propícia para essa região em consequência do afogamento dos corpos d'água, preferiu-se utilizar a largura para classificar os igarapés em duas categorias de tamanho, sendo elas: “pequeno” (< 5 m) e “grande” (> 5 m). Esta classificação foi utilizada em algumas análises estatísticas descritas a seguir.

Coleta de peixes

As coletas foram realizadas em novembro de 2010, durante o período da seca. Em cada igarapé foi estabelecido um trecho de 50 m de comprimento, com amostragem nas duas margens do corpo d'água. A coleta dos exemplares foi realizada com redes de mão durante seis horas, sendo que este tempo foi dividido entre três ou quatro coletores. Os indivíduos coligidos foram fixados em formol 10% e conservados posteriormente em álcool 70%. A identificação dos exemplares foi realizada ao menor nível taxonômico possível usando chaves taxonômicas e com consulta a especialistas (Dr. David Santana, M. Sc. Guilherme Dutra e mestrando Luiz Peixoto) do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Todo o material coletado foi depositado na Coleção Ictiológica do MPEG, Belém, Pará (ver números de tombo na Tabela 2).

Variáveis espaciais

Foram criadas duas matrizes de variáveis espaciais, uma contendo filtros espaciais e outra contendo a distância fluvial entre os pares de trechos de igarapé. Para a formação da primeira matriz, uma série de variáveis espaciais foi criada com as análises de Coordenadas Principais de Matrizes de Vizinhanças (PCNM) (Borcard & Legendre, 2002; Borcard *et al.*, 2004; Diniz-Filho & Bini, 2005; Dray, Legendre & Peres-Neto, 2006; Griffith & Peres-Neto, 2006). Nessa análise, as coordenadas geográficas são primeiramente usadas para criar uma matriz de distância linear entre os locais

amostrados. De acordo com os procedimentos descritos por Griffith & Peres-Neto (2006), a variação espacial total é decomposta em um conjunto finito de variáveis (filtros ou autovetores) espaciais explanatórias, cada qual correspondendo a uma escala, ou estrutura espacial específica (Nabout *et al.*, 2009). Assim, esta decomposição possibilita a análise espacial em todas as escalas que podem ser descritas pela configuração espacial dos locais de amostragem (Borcard *et al.*, 2004). Todos os autovetores com coeficientes I de Moran maiores que 0,1 foram incluídos na matriz de preditores espaciais. Esta análise foi realizada utilizando o *software* Spatial Analysis in Macroecology v. 4.0 (SAM, Rangel, Diniz-Filho & Bini, 2010). Os escores dessa análise (PCNM), derivados da matriz das coordenadas geográficas, foram utilizados para representar as variáveis espaciais nas análises estatísticas e, de acordo com o critério acima, cinco filtros espaciais foram selecionados.

Diferente do ambiente terrestre, o meio aquático não está disposto de maneira bidimensional; o mesmo tem a configuração de uma rede dendrítica, formada por uma série de segmentos lineares (Ganio, Torgersen & Gresswell, 2005), o que deve ser considerado em análises espaciais feitas a partir desses ambientes. Diversas espécies associadas ao ambiente aquático, como os peixes, não podem se locomover em linha reta entre um ponto e outro, podendo se deslocar unicamente seguindo o curso da água (Landeiro *et al.*, 2011). Assim, foi calculada a distância fluvial entre os igarapés (distância seguindo o curso d'água), por esta ser mais apropriada para espécies aquáticas. Para isso, foi utilizado o programa ArcMap[®] 10 e *shapes* da drenagem local em escalas de 1:100.000. A distância fluvial foi calculada medindo a drenagem trecho a trecho entre cada par de igarapés.

Análises estatísticas

Para determinar quais fatores ambientais foram mais correlacionados com a abundância das espécies, foi utilizado o procedimento BioEnv (Clarke & Ainsworth, 1993), que gera diversas matrizes de distância euclidiana para todos os subconjuntos possíveis de fatores abióticos. É selecionado o subconjunto com a melhor correlação do *rank* de Spearman em relação à matriz de abundância das espécies. Os fatores que compunham este subconjunto foram utilizados nas demais análises estatísticas. Para esta análise, foi elaborada uma matriz de dissimilaridade com o coeficiente de Bray-Curtis, sendo os dados de abundância previamente transformados ($\log(x+1)$). Para a matriz de dados ambientais, foi feita a padronização através da subtração de cada valor pela média

e divisão pelo desvio padrão. A padronização faz com que os fatores abióticos, medidos em diferentes unidades, passem a seguir uma escala comum, permitindo comparações entre as variáveis (Legendre & Legendre, 1998).

A variação da composição de espécies entre locais (diversidade beta) foi calculada usando o índice de Jaccard quantitativo modificado por Chao *et al.* (2005). Este índice foi escolhido porque leva em consideração tanto a abundância das espécies quanto uma estimativa das espécies que possivelmente não foram amostradas. Além disso, ele é considerado relativamente independente da riqueza de espécies e mais preciso, mesmo para pequenas amostras (Soininen *et al.*, 2007). O índice de Jaccard foi estimado par-a-par para todos os locais amostrados. Um índice de dissimilaridade de Jaccard maior corresponde a uma composição de espécies mais diferenciada para um determinado trecho de igarapé. Os valores de dissimilaridade entre os pares de trechos de igarapés foram plotados em função da distância (Condit *et al.*, 2002; Soininen *et al.*, 2007).

Para analisar os efeitos do ambiente e do espaço sobre a diversidade beta, foi utilizado o teste de Mantel parcial (Legendre & Troussellier, 1988) com aplicação do coeficiente de correlação de Pearson. Esta análise computa uma correlação parcial entre duas matrizes após controlar o efeito de uma terceira matriz (Legendre & Legendre, 1998). Para a matriz euclidiana de variáveis espaciais, foi utilizada tanto a matriz de filtros espaciais quanto a matriz de distância fluvial. Para a matriz euclidiana de fatores ambientais, os fatores abióticos foram padronizados. Foram realizadas duas análises, uma para todos os trechos de igarapés, uma para os igarapés “pequenos” e outra para os igarapés “grandes”. Foram feitas 10.000 permutações para cada teste.

Existe um debate acerca do melhor método para analisar a diversidade beta (Bin *et al.*, 2010), se seria a utilização dos dados brutos (*raw data approach*) ou de matrizes de distância (*distance approach*) (Legendre, Borcard & Peres-Neto, 2005; Tuomisto & Ruokolainen, 2006). Para este estudo, foi seguida a sugestão dada por Tuomisto & Ruokolainen (2006) de utilizar o teste de Mantel parcial, calculado com base em matrizes de distância, por ser o que melhor se adéqua à análise dos efeitos previstos pela Teoria Neutra (Hubbell, 2001) para a variação na composição das espécies, já que a mesma avalia o efeito da distância entre as unidades amostrais.

Todas as análises estatísticas foram realizadas pelas rotinas do programa R (R Development Core Team, 2011), utilizando o pacote *vegan* (Oksanen *et al.*, 2011).

RESULTADOS

Características estruturais e ambientais dos igarapés afogados

Os igarapés da região do baixo Anapu apresentaram águas ácidas (Média = 6,28; \pm 1,02 DP), baixa condutividade elétrica (18,81 μ S/cm; \pm 5,60), alta concentração de oxigênio dissolvido (7,04 mg/l; \pm 2,28) e temperatura elevada (27,24 °C; \pm 1,94). Em relação à estrutura, os cursos d'água mostraram-se largos (10,81 m; \pm 12,68) e pouco profundos (0,73 m; \pm 0,36), com correnteza lenta (0,07 m/s; \pm 0,05) e dossel pouco aberto (27,33 %; \pm 4,52) (Tabela 1).

Tabela 1. Valores médios, mínimos, máximos e desvio padrão dos fatores abióticos amostrados em 34 trechos de igarapés do Baixo Anapu, PA durante a seca de 2010.

pH: potencial hidrogeniônico; Cond: condutividade; OD: oxigênio dissolvido; Temp: temperatura; Prof: profundidade; Larg: largura; Dossel: abertura de dossel.

	pH	Cond. (μ S/cm)	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Vel. (m/s)	Prof. (m)	Larg. (m)	Dossel (%)
Média	6,28	18,81	7,04	27,24	0,07	0,73	10,81	27,33
Mínimo	4,45	12,50	3,30	24,60	0,00	0,33	2,03	16,60
Máximo	7,78	40,53	11,60	31,13	0,19	1,43	53,33	37,48
DP	1,02	5,60	2,28	1,94	0,05	0,36	12,68	4,52

Ictiofauna

Foram coligidos 12.926 exemplares pertencentes a 55 espécies, 20 famílias e seis ordens (Tabela 2). Seis espécies apresentaram abundância relativa maior que 5% do total, sendo elas: *Copella arnoldi* (4.340 indivíduos; 33,58%), *Crenuchus spilurus* (1.850; 14,31%), *Hyphessobrycon heterorhabdus* (1.618; 12,5%), *Hemigrammus* sp. 1 (1.220; 9,43%), *Apistogramma* sp. 1 (830; 6,42%) e *Apistogramma* sp. 3 (698; 5,40%) (Tabela 3). As ordens mais representativas em termos de abundância foram Characiformes (83,3%) e Perciformes (13,5%), seguidas por Cyprinodontiformes (1,42%), Siluriformes (0,9%), Gymnotiformes (0,81%) e Synbranchiformes (0,03%). As ordens que apresentaram maior riqueza foram Characiformes (40%), Perciformes (23,64%) e Siluriformes (16,36%).

Tabela 2. Espécies de peixes coligadas em 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 no Baixo Anapu, PA, com o número de tombo (*voucher*) e abundâncias absoluta e relativa (táxons listados em ordem alfabética).

Táxon/Autoridade	Voucher	Abundância absoluta	Abundância relativa (%)
Characiformes		10.774	83,4%
Characidae		3.296	83,4%
Characidae gen.1	MPEG 23384	15	0,1%
<i>Hemigrammus</i> sp. 1	MPEG 23385	1.220	9,43%
<i>Hemigrammus</i> sp. 4	MPEG 23386	152	1,17%
<i>Hemigrammus unilineatus</i> (Gill, 1858)	MPEG 23387	265	2,1%
<i>Heterocharax</i> sp. 1	MPEG 23388	14	0,1%
<i>Hypessobrycon heterorhabdus</i> (Ulrey, 1894)	MPEG 23389	1.618	12,5%
<i>Iguanodectes</i> sp. 1	MPEG 23390	12	0,1%
Crenuchidae		2.171	16,8%
<i>Crenuchus spilurus</i> Günther, 1863	MPEG 23391	1.850	14,3%
<i>Microcharacidium</i> sp. 1	MPEG 23392	321	2,5%
Curimatidae		19	0,1%
<i>Cyphocharax spilurus</i> (Günther, 1864)	MPEG 23393	19	0,1%
Erythrinidae		12	0,1%
<i>Erythrinus erythrinus</i> (Bloch & Schneider, 1801)	MPEG 23394	1	<0,1%
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)	MPEG 23395	2	<0,1%
<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	MPEG 23396	9	0,1%
Gasteropelecidae		423	3,3%
<i>Carnegiella strigata</i> (Günther, 1864)	MPEG 23397	423	3,3%
Lebiasinidae		4.853	37,5%
<i>Copella arnoldi</i> (Regan, 1912)	MPEG 23398	4.340	33,6%
<i>Copella nigrofasciata</i> (Meinken, 1952)	MPEG 23399	471	3,6%
<i>Nannostomus eques</i> Steindachner, 1876	MPEG 23400	2	<0,1%
<i>Nannostomus trifasciatus</i> Steindachner, 1876	MPEG 23401	30	0,2%
<i>Pyrrhulina</i> sp. 1	MPEG 23402	1	<0,1%
<i>Pyrrhulina</i> sp. 2	MPEG 23403	2	<0,1%
<i>Pyrrhulina</i> sp. 3	MPEG 23404	1	<0,1%
<i>Pyrrhulina</i> sp. 4	MPEG 23405	3	<0,1%
<i>Pyrrhulina</i> sp. 5	MPEG 23406	3	<0,1%
Cyprinodontiformes		184	1,4%
Rivulidae		184	1,4%
Rivulidae gen. 1	MPEG 23407	2	<0,1%
<i>Rivulus</i> sp. 1	MPEG 23408	75	0,6%
<i>Rivulus</i> sp. 2	MPEG 23409	73	0,6%
<i>Rivulus</i> sp. 3	MPEG 23410	1	<0,1%
<i>Rivulus</i> sp. 4	MPEG 23411	33	0,3%
Gymnotiformes		105	0,8%
Gymnotidae		10	0,1%
<i>Gymnotus coropinae</i> Hoedeman, 1962	MPEG 23412	10	0,1%
Hypopomidae		95	0,7%
<i>Brachyhypopomus</i> sp. 1	MPEG 23413	84	0,6%
<i>Brachyhypopomus</i> sp. 2	MPEG 23414	4	<0,1%
<i>Hypopygus lepturus</i> Hoedeman, 1962	MPEG 23415	2	<0,1%
<i>Hypopygus</i> sp. 1	MPEG 23416	5	<0,1%

Perciformes		1.747	13,5%
Cichlidae		1.731	13,4%
<i>Acarichthys heckelli</i> (Müller & Troschel, 1849)	MPEG 23417	4	<0,1%
<i>Acaronia nassa</i> (Heckel, 1840)	MPEG 23418	2	<0,1%
<i>Aequidens</i> sp. 1	MPEG 23419	11	0,1%
<i>Apistogramma</i> sp. 1	MPEG 23420	830	6,4%
<i>Apistogramma</i> sp. 2	MPEG 23421	171	1,3%
<i>Apistogramma</i> sp. 3	MPEG 23422	698	5,4%
<i>Cichlasoma</i> aff. <i>amazonarum</i> Kullander, 1983	MPEG 23423	1	<0,1%
<i>Crenicichla inpa</i> Ploeg, 1991	MPEG 23424	2	<0,1%
<i>Hypselacara</i> sp. 1	MPEG 23425	1	<0,1%
<i>Taeniacara candidi</i> Myers, 1935	MPEG 23426	11	0,1%
Eleotridae		4	<0,1%
<i>Microphilypnus amazonicus</i> Myers, 1927	MPEG 23427	4	<0,1%
Polycentridae		12	0,1%
<i>Monocirrhus polyacanthus</i> Heckel, 1840	MPEG 23428	11	0,1%
<i>Polycentrus</i> sp. 1	MPEG 23429	1	<0,1%
Siluriformes		112	0,9%
Auchenipteridae		2	<0,1%
<i>Tatia caxiuanensis</i> Sarmento-Soares & Martins-Pinheiro, 2008	MPEG 23430	2	<0,1%
Cetopsidae		26	0,2%
<i>Helogenes marmoratus</i> Günther, 1863	MPEG 23431	26	0,2%
Doradidae		45	0,3%
<i>Acanthodoras cataphractus</i> (Linnaeus, 1758)	MPEG 23432	1	<0,1%
<i>Physopyxis ananas</i> Sousa & Rapp Py-Daniel, 2005	MPEG 23433	44	0,3%
Heptapteridae		6	<0,1%
<i>Gladioglanis machadoi</i> Ferraris & Mago-Leccia, 1989	MPEG 23434	6	<0,1%
Loricariidae		2	<0,1%
<i>Otocinclus mura</i> Schaefer, 1997	MPEG 23435	2	<0,1%
Trichomycteridae		31	0,2%
<i>Miuroglanis platycephalus</i> Eigenmann & Eigenmann, 1889	MPEG 23436	3	<0,1%
<i>Trichomycterus hasemani</i> (Eigenmann, 1914)	MPEG 23437	28	0,2%
Synbranchiformes		4	<0,1%
Synbranchidae		4	<0,1%
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795	MPEG 23438	4	<0,1%
Total		12.926	100%

Influência do ambiente e do espaço sobre a diversidade beta

A análise do BioEnv selecionou as variáveis temperatura, oxigênio dissolvido, velocidade da correnteza e largura como os quatro fatores abióticos mais importantes para a estruturação das assembleias de peixes em igarapés afogados, apresentando uma correlação de 0,483 com a matriz biótica (Tabela 3).

Tabela 3. Resultado da análise de BioEnv realizada para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 no Baixo Anapu, PA, com destaque para o grupo com a maior correlação em relação à matriz biótica.

Tamanho	Modelo								Correlação
1	Temp								0,354
2	OD	Temp							0,415
3	OD	Temp	Larg						0,467
4	OD	Temp	Vel	Larg					0,483
5	OD	Temp	Vel	Prof	Larg				0,469
6	pH	OD	Temp	Vel	Prof	Larg			0,445
7	pH	OD	Temp	Vel	Prof	Larg	Dossel		0,407
8	pH	Cond	OD	Temp	Vel	Prof	Larg	Dossel	0,324

A diversidade beta média por igarapé foi baixa, sendo que 90% das amostras obtiveram valores abaixo de 0,5, o que mostra que a fauna está distribuída de maneira pouco heterogênea (Figura 2). Quando os valores da diversidade beta entre os pares amostrais foram plotados em relação à distância (Figura 3), foi possível observar que não houve uma resposta da similaridade em relação a essa variável ($r = -0,01$; $p > 0,05$), pois igarapés muito distantes (> 40 km) apresentaram tanto valores altos quanto baixos de dissimilaridade, o mesmo acontecendo entre pares de igarapés próximos (< 5 km). Por outro lado, pela análise de Mantel parcial (Tabela 4), a diversidade beta esteve significativamente relacionada ao ambiente, mas não com a distância. A mesma análise, quando refeita com a matriz contendo a distância fluvial (Tabela 5), reforçou o papel do ambiente sobre a ictiofauna, porém houve uma correlação significativa entre os fatores abióticos locais e a distância entre os trechos amostrados, exceto para os igarapés “grandes”.

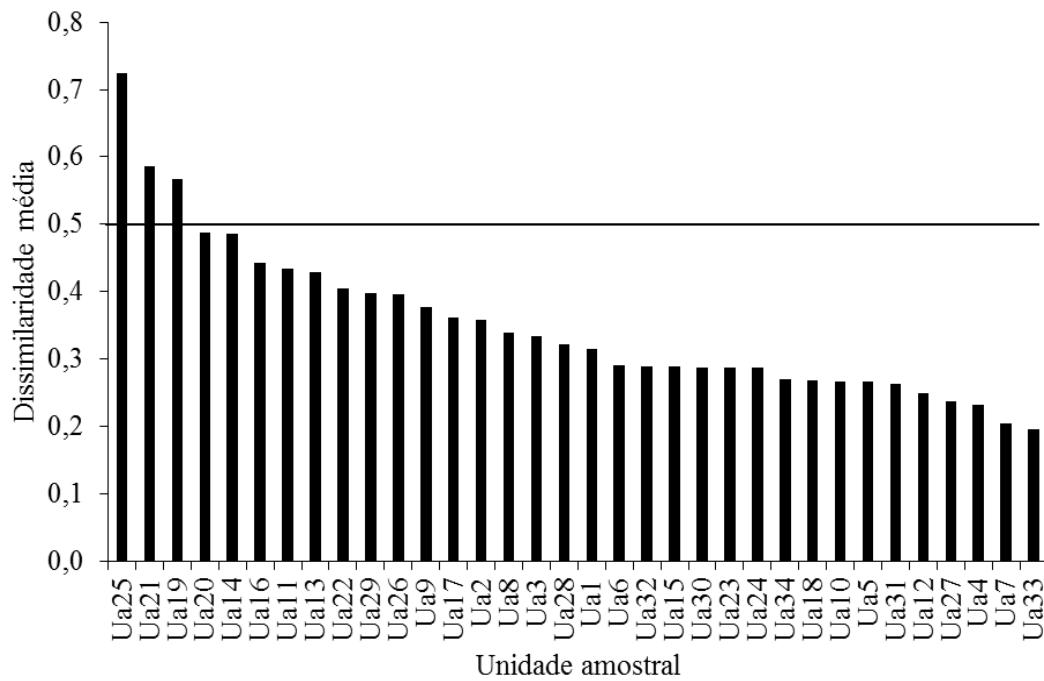


Figura 2. Resultado da diversidade beta média por trecho de igarapé amostrado durante a seca de 2010 no Baixo Anapu, PA. A linha indica as unidades amostrais com dissimilaridade média superior a 0,5.

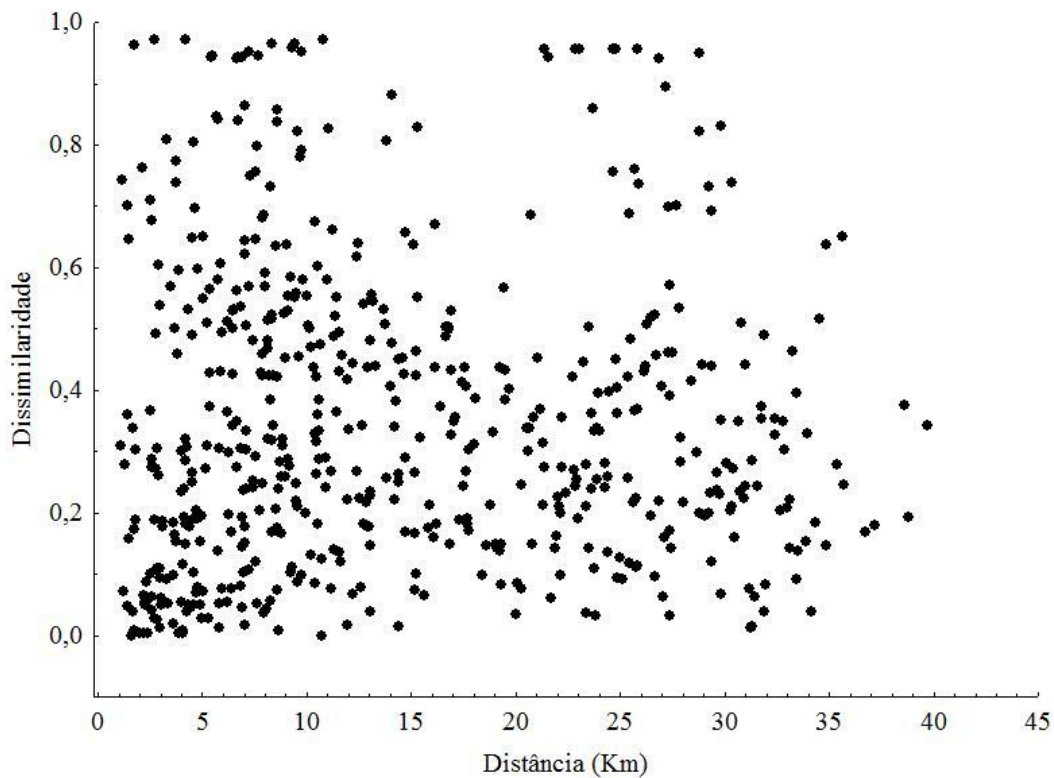


Figura 3. Diagrama da diversidade beta (dissimilaridade) em função da distância linear (km) para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 na FLONA de Caxiuanã, PA. Pontos representam os pares de igarapés.

Tabela 4. Resultado do teste de Mantel parcial entre a distância geográfica (linear, com filtros espaciais), a diversidade beta e os fatores abióticos para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 na FLONA de Caxiuanã, PA.

	Todos		Pequenos		Grandes	
	R	p	R	p	R	p
Beta x Ambiente	0,31	0,001	0,28	0,005	0,35	0,008
Beta x Distância	-0,03	0,63	0,1	0,2	-0,04	0,6
Ambiente x Distância	0,05	0,25	0,17	0,06	-0,12	0,8

Tabela 5. Resultado do teste de Mantel parcial entre a distância fluvial, a diversidade beta e os fatores abióticos para 34 trechos de igarapés afogados amostrados durante a seca de 2010 na FLONA de Caxiuanã, PA.

	Todos		Pequenos		Grandes	
	R	p	R	p	R	p
Beta x Ambiente	0,33	<0,001	0,31	0,002	0,37	0,007
Beta x Distância	-0,15	0,97	-0,09	0,78	-0,08	0,68
Ambiente x Distância	0,19	0,02	0,47	<0,001	0,1	0,18

DISCUSSÃO

É bem documentada a influência que as características físico-químicas dos riachos exercem sobre a ictiofauna (Grossman & Freeman, 1987; Rincón, 1999, Jackson *et al.*, 2001). Dentre estas, podemos citar alguns parâmetros como: largura, profundidade (Bojsen & Barriga, 2002; Couto & Aquino, 2011), vazão, substrato (Angermeier & Karr, 1983; Casatti, 2005; Mendonça *et al.*, 2005), condutividade e oxigênio dissolvido (Arbeláez *et al.*, 2008), o que mostra que as espécies estão distribuídas de acordo com seu nicho ecológico (Hutchinson, 1957; Chase & Leibold, 2003). Recentemente, após o desenvolvimento da teoria neutra por Hubbell (2001), o espaço vem recebendo uma atenção cada vez maior como possível fator de influência sobre a distribuição das espécies, especialmente entre organismos sésseis (Condit *et al.*, 2002; Duivenvoordeen, Svenning & Wright, 2002; Gilbert & Lechowicz, 2004; Dornelas, Connolly & Hughes, 2006), com poucos estudos voltados para espécies aquáticas, como macroinvertebrados (Thompson & Townsend, 2006; Juen & De Marco, 2011) e peixes (Muneepeerakul *et al.*, 2008). Os resultados encontrados neste trabalho refutam a hipótese do espaço enquanto fator estruturador importante, confirmando a primeira hipótese de que o ambiente é o responsável pela distribuição das espécies, independente da distância entre os igarapés.

Os igarapés estudados possuem águas ácidas, de baixa condutividade e cobertura de dossel extensa, similar a outros pequenos cursos d'água da região amazônica (Silva, 1993; Mendonça *et al.*, 2005; Dias, Magnusson & Zuanon, 2009). Entretanto, a grande largura e a baixa velocidade de correnteza dos igarapés de Caxiuanã são muito diferentes do relatado em outros igarapés amazônicos (Bürnheim & Cox Fernandes, 2003; Mendonça *et al.*, 2005) e nos demais riachos da região Neotropical (Casatti, 2005; Suárez & Petreire Jr, 2007; Lorion & Kennedy, 2009; Teresa & Romero, 2010). Considerando o represamento do rio, a alteração desses parâmetros já era esperada, pois esse processo fez com que a dinâmica dos igarapés mudasse de ambiente lótico para lêntico, além de formar extensas planícies de inundação (IBGE, 1991; Montag *et al.*, 2009).

A ictiofauna encontrada foi bastante rica e diversificada, confirmando a grande riqueza destes ambientes aquáticos na região Neotropical, assim como o encontrado por Burcham (1988, 26 espécies) para riachos da Costa Rica e por Casatti *et al.* (2006, 50 spp.) para riachos do sudeste do Brasil, e em especial na Bacia Amazônica, como encontrado por Arbeláez *et al.* (2008, 122 spp.) para a Amazônia colombiana e por

Bojsen e Barriga (2002, 48 spp.) para riachos do Equador e por Mendonça *et al.* (2005, 49 spp.) e Anjos e Zuanon (2007, 61 spp.) para igarapés da Amazônia Central. Considerando que foi utilizado apenas um método de coleta (redes de mão) no presente estudo, frente ao uso de metodologias complementares aplicadas pelos autores supracitados, é possível que a riqueza total de espécies de peixes de Caxiuanã seja maior que a encontrada (55 spp.). Em relação à abundância, foi encontrado um número de indivíduos de duas a seis vezes maior que em outras áreas da Amazônia (Mendonça *et al.*, 2005; Anjos & Zuanon, 2007; Espírito-Santo *et al.*, 2009), o que pode ter sido provocado pela formação de planícies de inundação nos igarapés afogados. Estas planícies, de maneira similar à planície inundável de grandes rios, são ricas em material alóctone e proporcionam uma grande disponibilidade de alimento (Junk, Bayley & Sparks, 1989), além de microhábitats atípicos do canal, como poças laterais e áreas rasas (Taylor, 1997; Pazin *et al.*, 2006), possibilitando a coexistência de diversas espécies e uma maior abundância de peixes.

O ambiente foi o único fator a influenciar a variação na composição das assembleias de peixes de igarapé, e não houve autocorrelação espacial dos fatores abióticos quando se utilizou a matriz de filtros espaciais. A ausência da autocorrelação espacial já era esperada nesse caso, pois a criação de filtros espaciais com o PCNM retira este efeito da análise (Griffith & Peres-Neto, 2006). Quando se considerou o tamanho do igarapé, o mesmo padrão prevaleceu. Quando foi analisada a distância fluvial, o ambiente se manteve como o único fator a afetar a ictiofauna, mas o mesmo esteve correlacionado com a distância. Grande parte da variação das assembleias não pôde ser explicada com as variáveis estudadas e pode estar associadas aos efeitos de interações ecológicas, como a predação e a competição (Grossman *et al.*, 1998), e da diversidade funcional e filogenética (Gilbert & Lechowicz, 2004; Thompson & Townsend, 2006; Cianciaruso, Silva & Batalha, 2009).

Os riachos podem ser vistos como mosaicos de manchas de hábitat interconectadas, nos quais as espécies responderiam de maneira diferenciada às características locais (Pringle *et al.*, 1988; Rincón, 1999), evidenciando a importância do ambiente para a ictiofauna. Diversos estudos com assembleias de peixes de riachos tropicais evidenciam a importância dos fatores abióticos para a ictiofauna (Mendonça *et al.*, 2005; Herder & Freyhof, 2006; Suárez & Petrere Jr, 2007). Os dados encontrados neste estudo confirmam a importância do ambiente para a ictiofauna de igarapés

amazônicos, mas com uma correlação fraca entre os fatores abióticos locais e a estrutura das assembleias de peixe.

Essa relação fraca entre fatores abióticos locais e ictiofauna pode estar relacionada aos baixos valores de correnteza. Riachos, de modo geral, são ambientes lóticos, com fluxo de água forte e unidirecional (Uieda & Castro, 1999). A correnteza é considerada um dos principais fatores a modificar as características ambientais dos riachos e a determinar a distribuição espacial da fauna aquática (Welcomme, 1983; Allan & Castillo, 2007). Isso ocorre porque a correnteza altera a morfologia do riacho, o tamanho e distribuição do substrato, a formação de trechos de corredeira e poções e a descarga de sedimentos, além de estar relacionada a variações nos parâmetros químicos, tais como o oxigênio dissolvido e a temperatura da água (Jackson *et al.*, 2001; Bürnheim & Cox-Fernandes, 2003; Allan & Castillo, 2007). Com a correnteza diminuída em consequência do afogamento dos igarapés, a heterogeneidade associada ao gradiente longitudinal pode ter sido minimizada, diminuindo o efeito do ambiente sobre a distribuição das espécies de peixe.

A ausência de influência significativa do espaço pode estar relacionada às grandes planícies de inundação, que podem aumentar a conectividade entre os cursos d'água, especialmente durante os períodos de cheia (Franssen *et al.*, 2006; Macedo-Soares *et al.*, 2010; Osorio *et al.*, 2011). Considerando que a área estudada detém altas taxas de conservação (Lisboa, 1997) e a condição de lago de ria está presente há pelo menos sete mil anos (Behling & da Costa, 2000), o ambiente estável (Juen & de Marco, 2011), juntamente com a conectividade entre os igarapés (Baguette & Dyck, 2007; Hitt & Angermeier, 2008; Espírito-Santo *et al.*, 2009), podem ter permitido a distribuição gradual dessas espécies ao longo do tempo, diminuindo os efeitos da distância. A realização de estudos que investiguem essa possível conectividade podem fornecer novas informações a respeito do papel da distância e do ambiente na distribuição das espécies de peixes de igarapés.

Em resumo, a primeira hipótese do trabalho, de que apenas o ambiente exerce influência sobre a assembleia de peixes independente da distância, foi a que melhor se adequou aos dados encontrados, porém de maneira fraca. Novos estudos que avaliem os efeitos da cheia (Macedo-Soares *et al.*, 2010; Osorio *et al.*, 2011) e das interações ecológicas (Grossman *et al.*, 1998) sobre a ictiofauna podem ajudar a determinar quais fatores são mais importantes para os peixes de igarapés. Quanto aos efeitos do espaço e do ambiente, estes podem ser diferenciados em relação aos grupos funcionais e

filogenéticos de peixes, de maneira similar à encontrada por Gilbert & Lechowicz (2004) e Thompson & Townsend (2006) para plantas de sub-bosque e invertebrados aquáticos, respectivamente, nos quais os grupos responderam diferenciadamente em relação a esses dois fatores, sendo necessárias investigações futuras para determinar como a ictiofauna de igarapés se comporta sob essa ótica.

AGRADECIMENTOS

Este estudo é resultante do desenvolvimento da dissertação de mestrado de NLB, realizado pelo convênio entre a Universidade Federal do Pará (UFPA) e o Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), com bolsa de pesquisa concedida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e financiamento parcial do Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio). Gostaríamos de agradecer ao Dr. David Santana, M. Sc. Guilherme Dutra e ao mestrando Luiz Peixoto, do MPEG, pela identificação do material coletado; aos funcionários da Estação Científica Ferreira Penna pelo auxílio em campo; e aos alunos do Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados da UFPA pelo auxílio na coleta e triagem do material. A coleta de peixes foi realizada sob autorização N° 25060-1 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais e Renováveis (IBAMA).

REFERÊNCIAS

- Allan J.D. & Castillo M.M. (2007) *Stream ecology: structure and function of running waters*. Springer, The Netherlands.
- Almeida S.S., Lisboa P.L.B. & Silva A.S.L. (1993) Diversidade florística de uma comunidade arbórea na Estação Científica Ferreira Penna, em Caxiuanã (Pará). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica*, **9**, 93-128.
- Angermeier P.L. & Karr J.R. (1983) Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes*, **9**, 117-135.
- 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- 52.
- Arbeláez F., Duivenvoorden J.F. & Maldonado-Ocampo J.A. (2008) Geological differentiation explains diversity and composition of fish communities in upland streams in the southern Amazon of Colombia. *Journal of Tropical Ecology*, **24**, 505–515.
- Baguette M. & Dyck H.V. (2007) Landscape connectivity and animal behavior: functional grain as a key determinant for dispersal. *Landscape Ecology*, **22**, 1117-1129.
- Behling H. & Da Costa M.L. (2000) Holocene environmental changes from the Rio Curuá record in the Caxiuanã region, eastern Amazon Basin. *Quaternary Research*, **53**, 377–396.
- Bin Y., Wang Z., Wang Z., Ye W., Cao H. & Lian J. (2010) The effects of dispersal limitation and topographic heterogeneity on beta diversity and phylobetadiversity in a subtropical forest. *Plant Ecology*, **209**, 237-256.
- Bojsen B.H. & Barriga R. (2002) Effects of deforestation on fish community structure in Ecuadorian Amazon streams. *Freshwater Biology*, **47**, 2246-2260.
- Borcard D. & Legendre P. (2002) All scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbor matrices. *Ecological modeling*, **153**, 51-68.

- Borcard D., Legendre P., Avois-Jacquet C. & Tuomisto H. (2004) Dissecting the spatial structure of ecological data at multiple scales. *Ecology*, **85**, 1826-1832.
- Brown J.H. (1984) On the relationship between abundance and distribution of species. *The American Naturalist*, **124**, 255-279.
- Bührnheim C.M. & Cox-Fernandes C. (2003) Structure of fish assemblages in Amazonian rain-forest streams: effects of habitats and locality. *Copeia*, **2**, 255-262.
- Burcham J. (1988) Fish communities and environmental characteristics of two lowland streams in Costa Rica. *Revista de Biologia Tropical*, **36**, 273-285.
- Cardoso P., Borges P.A.V. & Veech J.A. (2009) Testing the performance of beta diversity measures based on incidence data: the robustness to undersampling. *Diversity and Distributions*, **15**, 1081–1090.
- Casatti, L. (2005) Fish assemblage structure in a first order stream, southeastern Brazil: longitudinal distribution, seasonality, and microhabitat diversity. *Biota Neotropica*, **5**, 75-83.
- Casatti L., Langeani F., Silva A.M. & Castro R.M.C. (2006) Stream fishes, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **66**, 681-696.
- Casemiro F.A.S. & Padiá A.A. (2008) Teoria neutra da biodiversidade e biogeografia: aspectos teóricos, impactos na literatura e perspectivas. *Oecologia Brasiliensis*, **12**, 706-719.
- Chao A., Chazdon R.L., Colwell R.K. & Shen T.J. (2005) A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and abundance data. *Ecology Letters*, **8**, 148-159.
- Chase J.M. & Leibold M.A. (2003) *Ecological niches: linking classical and contemporary approaches*. University of Chicago Press, Chicago.
- Chave J. (2004) Neutral theory and community ecology. *Ecology Letters*, **7**, 241–253.

- Cienciaruso M.V., Silva I.A. & Batalha M.A. (2009) Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. *Biota Neotropica*, **9**.
- Clarke K.R. & Ainsworth M. (1993) A method of linking multivariate community structure to environmental variables. *Marine Ecology Progress Series*, **92**, 205-219.
- Condit R., Pitman N., Leigh E.G., Chave J., Terborgh J., Foster R.B. *et al.* (2002) Beta-diversity in tropical forest trees. *Science*, **295**, 666-669.
- Costa J.P.R. & Moraes J.C. (2002) Médias mensais de variáveis meteorológicas (1996-1999). In: *Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico e Diversidade Biológica* (Org. P.L.B. Lisboa), pp. 225-232. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- Costa M.L., Kern D.C., Behling H. & Borges M.S. (2002) Geologia. In: *Caxiuanã: Populações Tradicionais, Meio Físico e Diversidade Biológica* (Org. P.L.B. Lisboa), pp. 179-205. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- Cottenie K. (2005) Integrating environmental and spatial processes in ecological community dynamics. *Ecology Letters*, **8**, 1175-1182.
- Couto T.B.D'a. & Aquino P.P.U. (2011) Structure and integrity of fish assemblages in streams associated to conservation units in Central Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **9**, 445-454.
- Dias M.S., Magnusson W.E. & Zuanon J. (2009) Effects of reduced-impact logging on fish assemblages in Central Amazonia. *Conservation Biology*, **24**, 278-286.
- Diniz-Filho J.A.F. & Bini L.M. (2005) Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, **14**, 177-185.
- Dornelas M., Connolly S.R. & Hughes T.P. (2006) Coral reef diversity refutes the neutral theory of biodiversity. *Nature*, **440**, 80-82.
- Dray S., Legendre P. & Peres-Neto P.R. (2006) Spatial modeling: a comprehensive framework for principal coordinate analysis of neighbor matrices (PCNM). *Ecological modeling*, **196**, 483-493.

Duivenvoordeen J.F., Svenning J.C. & Wright S.J. (2002) Beta-diversity in tropical forests. *Science*, **295**, 636-637.

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.

Fidelis L., Nessimian J.L. & Hamada N. (2008) Distribuição espacial de insetos aquáticos em igarapés de pequena ordem na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, **38**, 127-134.

Franssen N.R., Gido K.B., Guy C.S., Tripe J.A., Shrank S.J., Strakosh T.R. *et al.* (2006) Effects of floods on fish assemblages in a intermittent prairie stream. *Freshwater Biology*, **51**, 2072-2086.

Ganio L.M., Torgersen C.E. & Gresswell R.E. (2005) A geostatistical approach for describing spatial pattern in stream networks. *Frontiers in Ecology and the Environment*, **3**, 138-144.

Gilbert B. & Lechowicz M.J. (2004) Neutrality, niches, and dispersal in a temperate forest understory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **101**, 7651-7656.

Griffith D.A. & Peres-Neto P.R. (2006) Spatial modeling in Ecology: the flexibility of eigenfunction spatial analyses. *Ecology*, **87**, 2603-2613.

Grossman G.D. & Freeman, M.C. (1987) Microhabitat use in a stream fish assemblage. *Journal of Zoology (London)*, **212**, 151-176.

Grossman G.D., Ratajczak Jr. R.E., Crawford M. & Freeman M.C. (1998) Assemblage organization in stream fishes: effects of environmental variation and interspecific interactions. *Ecological Monographs*, **68**, 395-420.

Herder F. & Freyhof J. (2006) Resource partitioning in a tropical stream fish assemblage. *Journal of Fish Biology*, **69**, 571-589.

Hitt N.P. & Angermeier P.L. (2008) Evidence for fish dispersal from spatial analysis of stream network topology. *Journal of North American Benthological Society*, **27**, 304-320.

Hubbell S.P. (2001) *A unified Neutral Theory of biodiversity and biogeography*. Princeton University Press, Princeton.

Hubbell S.P. (2005) Neutral theory in community ecology and the hypothesis of functional equivalence. *Functional Ecology*, **19**, 166–172.

Hutchinson G.E. (1957) Concluding remarks. *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, **22**, 415–427.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (1991) *Geografia do Brasil v. 3: Região Norte*. Série Geografia do Brasil. IBGE, Rio de Janeiro.

Irion G., Müller J., Morais J.O., Keim G., De Mello J.N. & Junk W.J. (2009) The impact of Quaternary sea level changes on the evolution of the Amazonian lowland. *Hydrological Processes*, **23**, 3168-3172.

Jackson D.A., Peres-Neto P.R. & Olden J.D. (2001) What controls who is where in freshwater fish communities - the roles of biotic, abiotic, and spatial factors. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **58**, 157-170.

Juen L. & de Marco P. (2011) Odonate biodiversity in terra-firme forest streamlets in Central Amazonia: on the relative effects of neutral and niche drivers at small geographical extents. *Insect Conservation and Diversity*, **4**.

Junk W.J., Bayley P.B. & Sparks R.E. (1989) The flood pulse concept in river-floodplain systems. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, **106**, 110-127.

Koleff P., Gaston K.J. & Lennon J.J. (2003) Measuring beta diversity for presence–absence data. *Journal of Animal Ecology*, **72**, 367-382.

Landeiro V.L., Magnusson W.E., Melo A.S., Espírito-Santo H.M.V. & Bini L.M. (2011) Spatial eigenfunction analyses in stream networks: do watercourse and overland distances produce different results? *Freshwater Biology*, **56**, 1184-1192.

Legendre P., Borcard D. & Peres-Neto P.R. (2005) Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs*, **75**, 435-450.

- Legendre P. & Legendre L. (1998) *Numerical Ecology*. Elsevier Science, Amsterdam.
- Legendre P. & Troussellier M. (1988) Aquatic heterotrophic bacteria: modeling in the presence of spatial autocorrelation. *Limnology and Oceanography*, **33**, 1055-1067.
- Lisboa P.L.B. (1997) A Estação Científica Ferreira Penna/ECFPn. In: *Caxiuanã* (Org. P.L.B. Lisboa), pp. 23-49. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.
- Lorion C.M. & Kennedy B.P. (2009) Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. *Freshwater Biology*, **54**, 165-180.
- Lowe-McConnell R.H. (1999) *Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais*. Edusp, São Paulo.
- Macedo-Soares P.H.M., Petry A.C., Farjalla V.F. & Caramaschi E.P. (2010) Hydrological connectivity in coastal inland systems: lessons from a Neotropical fish metacommunity. *Ecology of Freshwater Fish*, **19**, 7-18.
- Mendonça F.P., Magnusson W.E. & Zuanon J. (2005) Relationships between habitat characteristics and fish assemblages in small streams of Central Amazonia. *Copeia*, **4**, 751-764.
- Meyer J.L., Strayer D.L., Wallace J.B., Eggert S.L., Helfman G.S. & Leonard N.E. (2007) The contribution of headwater streams to biodiversity in river networks. *Journal of the American Water Resources Association*, **43**, 86-103.
- Montag L.F.A., Freitas T.M.S., Wosiacki W.B. & Barthem R.B. (2008) Os peixes da Floresta Nacional de Caxiuanã (municípios de Melgaço e Portel, Pará - Brasil). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, **3**, 11-34.
- Montag L.F.A., Freitas T.M.S., Castro N.C., Wosiacki W.B. & Barthem R.B. (2009) Ictiofauna: diversidade e conservação. In: *Caxiuanã: Desafios para a conservação de uma Floresta Nacional na Amazônia* (Org. P.L.B. Lisboa), pp. 605-627. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém.

- Muneepeerakul R., Bertuzzo E., Lynch H.J., Fagan W.F., Rinaldo A., Rodriguez-Iturbe I. (2008) Neutral metacommunity models predict fish diversity patterns in Mississippi - Missouri basin. *Nature*, **453**, 220-223.
- Nabout J.C., Siqueira T., Bini L.M. & Nogueira I.S. (2009) No evidence for environmental and spatial processes in structuring phytoplankton communities. *Acta Oecologica*, **35**, 720-726.
- Nekola J.C. & White P.S. (1999) The distance decay of similarity in biogeography and ecology. *Journal of Biogeography*, **26**, 867-878.
- Nin C.S., Ruppenthal E.L. & Rodrigues G.G. (2009) Produção de folh o e fauna associada de macroinvertebrados aquáticos em cursos d'água de cabeceira em Floresta Ombrófila do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, **31**, 263-271.
- Oksanen J., Blanchet F.G., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R.B. *et al.* (2011). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0-2.
- Osorio D., Terborgh J., Alvarez A., Ortega H., Quispe R., Chipollini V. *et al.* (2011) Lateral migration of fish between an oxbow lake and an Amazonian headwater river. *Ecology of Freshwater Fish*, **20**, 619-627.
- Pazin V.F.V., Magnusson W.E., Zuanon J. & Mendonça J.P. (2006) Fish assemblages in temporary ponds adjacent to 'terra-firme' streams in Central Amazonia. *Freshwater Biology*, **51**, 1025-1037.
- Peel M.C., Finlayson B.L. & McMahon T.A. (2007) Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, **11**, 1633-1644.
- Pringle C.M., Naiman R.J., Bretschko G., Karr J.R., Oswood M.W., Webster J.R. *et al.* (1988) Patch dynamics in lotic systems: the stream as a mosaic. *Journal of the North American Benthological Society*, **7**, 503-524.
- Qian H., Ricklefs R.E. & White P.S. (2005) Beta diversity of angiosperms in temperate floras of eastern Asia and eastern North America. *Ecology Letters*, **8**, 15-22.

R Development Core Team (2011) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Available at: <http://www.R-project.org>.

Rangel T.F., Diniz-Filho J.A.F. & Bini L.M. (2010) SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, **33**, 46-50.

Rincón P.A. (1999) Uso do micro-hábitat em peixes de riachos: métodos e perspectivas. In: *Ecologia de Peixes de Riachos* (Eds. E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, P.R. Peres-Neto), pp. 23-90. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.

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

Soininen J., McDonald R. & Hillebrand H. (2007) The distance decay of similarity in ecological communities. *Ecography*, **30**, 3-12.

Suárez Y.R. & Petrere Jr M. (2007) Environmental factors predicting fish community structure in two neotropical rivers in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, **5**, 61-68.

Taylor C.M. (1997) Fish species richness and incidence patterns in isolated and connected stream pools: effects of pool volume and spatial position. *Oecologia*, **110**, 560-566.

Teresa F.B. & Romero R.M. (2010) Influence of the riparian zone phytophysiognomies on the longitudinal distribution of fishes: evidence from a Brazilian savanna stream. *Neotropical Ichthyology*, **8**, 163-170.

Thompson R. & Townsend C. (2006) A truce with neutral theory: local deterministic factors, species traits and dispersal limitation together determine patterns of diversity in stream invertebrates. *Journal of Animal Ecology*, **75**, 476-484.

Tuomisto H. & Ruokolainen K. (2006) Analyzing or explaining beta diversity? Understanding the targets of different methods of analysis. *Ecology*, **87**, 2697-2708.

Uieda V.S. & Castro R.M.C. (1999) Coleta e fixação de peixes de riachos. In: *Ecologia de Peixes de Riachos* (Eds. E.P. Caramaschi, R. Mazzoni, P.R. Peres-Neto), pp. 01-22. Série Oecologia Brasiliensis, v. VI. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro.

Welcomme R.L. (1983) River Basins. FAO Fisheries Technical Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. n°202, 60p.

Whittaker R.H. (1960) Vegetation of the Siskiyou mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, **30**, 279-338.

Whittaker R.H. (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, **21**, 213-251.

ANEXO

Regras para publicação na revista *Freshwater Biology*



Freshwater Biology

Edited by

Alan G. Hildrew and Colin R. Townsend

Print ISSN: 0046-5070

Online ISSN: 1365-2427

Frequency: Monthly

Current Volume: 56 / 2011

ISI Journal Citation Reports® Ranking: 2010: Marine & Freshwater Biology: 7 / 92
Impact Factor: 3.082

Author Guidelines

Did you know...*Freshwater Biology* has no page charges?

NEW: Online production tracking is now available for your article through Wiley-Blackwell's Author Services.

Author Services enables authors to track their article - once it has been accepted - through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit this page for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

All manuscripts should be submitted through the Freshwater Biology ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central) electronic editorial office, which may be accessed through the following site: <http://mc.manuscriptcentral.com/fwb>

The corresponding author will need to create an account (top left hand corner) the first time he/she accesses the site, and will be asked to provide full contact details. Freshwater Biology - ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central) will then create a user name and password which should be retained for future access to the site. Once the author is logged into the system, the Main Menu will be displayed. Clicking on the Author Centre will bring up instructions for uploading the manuscript and associated files. You will be able to submit and upload your complete manuscript as either a Word document or Rich Text Format (RTF) file. However, all diagrams, tables and figures must be uploaded as separate files. As part of the submission process, any uploaded files will then be converted into journal specific PDF and HTML versions (with covering page) which you will be required to open and check before submitting. Once submitted, you will receive an acknowledgement within a few minutes. All subsequent correspondence regarding the manuscript will be handled by e-mail.

If the author is absolutely unable to submit the manuscript through Freshwater Biology ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central), he/she should contact Professor Alan Hildrew (a.hildrew@qmul.ac.uk) or Professor Colin Townsend (colin.townsend@stonebow.otago.ac.nz) by e-mail.

SPECIAL ISSUES

Freshwater Biology publishes two-three themed issues each year which are available at the special single-issue price of £25.00 each. Visit the Special Issues page for more information. Only papers for those Special Issues that have been agreed with the Special Issues Editor (Professor Dave Strayer) should be submitted via Freshwater Biology ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central). However, if you have any queries in advance of submission, authors should contact him (strayerd@caryinstitute.org). Guest Editors should consult the Guidelines for Guest Editors of Special Issues.

APPLIED PAPERS

Any queries in advance of submission via ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central) should be directed to Professor Richard Johnson (richard.johnson@ma.slu.se).

SUBMISSION GUIDELINES

A single file should be prepared containing the title page, summary, text, acknowledgements, references and tables (see guidelines below). Additional files may be created for each figure. DOS or Windows operating system and Word Perfect or Word for Windows word-processing packages should be used to prepare the text file.

- Please leave the right-hand margin unjustified
- Turn the hyphenation option off
- Use tabs, not spaces to separate data in tables

(a) *Title page.* This should include the title, list of authors names, institute or laboratory of origin, name, postal address and email address of the author to whom proofs should be sent, an abbreviated title for use as a running head line and five keywords, which should be relevant for literature searching and each normally comprising not more than two words.

(b) *Summary.* All papers should include a summary, in short numbered paragraphs, limited to about 3% of the length of the text, and in any case to not more than 500 words. This should provide a concise statement of the scope of the work and its principal findings and be fully intelligible without reference to the main text.

(c) *Introduction.* This should contain a clear statement of the reason for doing the work, outlining essential background information but should not include either the results or conclusions.

(d) *Methods.* This should be concise but provide sufficient details to allow the work to be repeated. **Product and manufacturer names:** Where specific named materials/products are mentioned or named equipment used (including software packages), these should be identified by their manufacturer, followed by the manufacturer's location (e.g. town, state, country), or a source reference should be given if a standard or replicated procedure is being followed or uses.

(e) *Results.* This should not include material appropriate to the Discussion.

(f) *Discussion.* This should highlight the significance of the results and place them in the context of other work.

(g) *Acknowledgments.*

(h) *References.*

(i) *Tables.*

(j) *Figure legends.*

(k) *Illustrations.* The original drawings should not be sent until the Editor requests them.

Please see section on Tables, Figures and Illustrations for further information on electronic submission of artwork.

There are no formal limits to the length of papers, but page space in the journal is tight, and most papers (except review articles) should be no longer than 9,000 words in total (text plus references, excepting Figs and Tables).

WELFARE AND LEGAL POLICY

Researchers must have proper regard for conservation and animal welfare considerations. Attention is drawn to the 'Guidelines for the Use of Animals in Research' published in each January issue of the journal *Animal Behaviour* since 1991. Any possible adverse consequences of the work for populations or individual organisms must be weighed against the possible gains in knowledge and its practical applications. Authors are required to sign a declaration that their work conforms to the legal requirements of the country in which it was carried out ([see below](#)), but editors may seek advice from referees on ethical matters and the final decision will rest with the editors.

Note to NIH Grantees

Pursuant to NIH mandate, Wiley-Blackwell will post the accepted version of contributions authored by NIH grant-holders to PubMed Central upon acceptance. This accepted version will be made publicly available 12 months after publication. For further information, see www.wiley.com/go/nihmandate.

SUBMISSION

Freshwater Biology ScholarOne Manuscripts (formerly known as Manuscript Central) will require Authors to confirm the following:

- (i) that the work as submitted has not been published or accepted for publication, nor is being considered for publication elsewhere, either in whole or substantial part.
- (ii) that the work conforms to the legal requirements of the country in which it was carried out, including those relating to conservation and welfare, and to the journals policy on these matters (see above).
- (iii) that all authors and relevant institutions have read the submitted version of the manuscript and approve its submission.
- (iv) that all persons entitled to authorship have been so included.

Manuscripts must be in English and spelling should conform to the *Concise Oxford Dictionary of Current English*. Editors reserve the right to modify manuscripts that do not conform to scientific, technical, stylistic or grammatical standards, and minor alterations of this nature will normally be seen by authors only at the proof stage.

ONLINE OPEN

Online Open is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive.

For the full list of terms and conditions, see: http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms. Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at: <https://wileyonlinelibrary.com/onlineopenOrder>.

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

AUTHOR MATERIAL ARCHIVE POLICY

Please note that unless specifically requested, **Wiley-Blackwell will dispose of all hardcopy or electronic material submitted two months after publication**. If you require the return of any material submitted, please inform the editorial office or production editor as soon as possible if you have not yet done so.

SCIENTIFIC NAMES

The complete scientific name (genus, species and authority) should be cited for every organism when first mentioned except that the authority should not be given in the title or summary. Tables are often useful in collating specific names and, if used in this way, should be referred to early in the text. Subsequent to its first appearance in the text, the generic name may be abbreviated to an initial except where intervening references to other genera would cause confusion. Common names of organisms, if used, must be accompanied by the correct scientific name on first mention. Latin names should be italicized.

ABBREVIATIONS AND UNITS

Full names with uncommon abbreviations must be given with the first mention; new abbreviations should be coined only for unwieldy names and should not be used at all unless the names occur frequently. In the title and summary unusual abbreviations should be identified, in the introduction and discussion they should be used sparingly. SI units are preferred. Contributors should consult the Royal Society pamphlet *Quantities, Units and Symbols* (1975) and the IBP pamphlet *Quantities Units and Symbols for IBP Synthesis* (1975).

TABLES, FIGURES AND ILLUSTRATIONS

Tables should be numbered consecutively with Arabic numerals with a fully informative caption as a heading. Column headings should be brief, with units of measurement in parentheses. Vertical lines should not be used to separate columns. Electronic tables should be provided in an editable format (.rtf or .doc). All illustrations (including photographs) are classified as figures and should be numbered consecutively.

Authors should submit artwork electronically. **Photographs** should be saved at 300 d.p.i. in TIF format, or in JPG format with low compression. **Line figures** should preferably be submitted in vector graphics format, and either embedded as such in a Word document or saved in PDF or EPS format). If this is not possible, they should be saved separately as pixel-based graphics at 600 d.p.i. (at the required print size) and saved in TIF (not JPG) format, or embedded as such in a Word document. **Combination figures** (e.g.

with photographic and line/text content) should be prepared as for line figures. For help in preparing your figures please go to our Electronic Artwork Information page here.

In the full-text online edition of the journal, figure legends may be truncated in abbreviated links to the full screen version. Therefore the first 100 characters of any legend should inform the reader of key aspects of the figure.

COLOUR ILLUSTRATIONS

It is the policy of Freshwater Biology for authors to pay the full cost for the reproduction of their colour artwork in print. The cost of colour printing in this Journal has recently gone down, with the first figure costing 150 GBP and all subsequent figures 50 GBP each. Therefore, please note that if there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Wiley-Blackwell require you to complete and return a Colour Work Agreement form before your paper can be published. This form is required only for figures to be processed in colour in print and can be downloaded as a PDF* here. If you are unable to download the form, please contact the Production Editor at fwb@wiley.com and you will be emailed or faxed a form.

Any article received by Wiley-Blackwell with colour work will not be published until the form has been returned.

The Colour Work Agreement Form must be returned by post ONLY.

Production Editor:

Sue Tok

John Wiley & Sons Singapore

Journal Content Management

1 Fusionopolis Walk

#07-01 Solaris South Tower

Singapore 138 628

DID: (65) 6643 8442

Fax: (65) 6643 8008/6643 8599

email: fwb@wiley.com

*To read PDF files, you must have Acrobat Reader installed on your computer. If you do not have this program, it is available as a free download from the following web address: <http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

REFERENCES

References in articles - We recommend the use of a tool such as EndNote or Reference Manager for reference management and formatting.

EndNote reference styles can be searched for here:

<http://www.endnote.com/support/enstyles.asp>

Reference Manager reference styles can be searched for here:

<http://www.refman.com/support/rmstyles.asp>.

In the text, references should be made by giving the author's name with the year of publication, with one or both in parentheses. As in: "Smith (2002) found that fish..." OR "Fish were found mainly in deep water (Smith, 2002)". The same style is used for two-author papers. When reference is made to a work by three authors, all names should be given when cited for the first time and thereafter using only the first name and adding "*et al.*". For four or more authors, the first name followed by "*et al.*" should be used on all occasions. If several papers by the same author(s) and from the same year are cited -- a, b, c, etc., should be put after the year of publication. In the reference list, provide all authors for papers with six and less authors. For papers with more than six authors, list the first six authors followed by "*et al.*". References should be listed in alphabetical order at the end of the paper in the following standard form:

Avise J.C. (1994a) *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Chapman & Hall, New York.

Avise J.C. (1994b) *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. PhD Thesis, Chapman University, New York.

Cornut, J. E., Elger, A., Lambrigot, D., Marmonier, P. M. & Chauvet, E. (2010) Early stages of leaf decomposition are mediated by aquatic fungi in the hyporheic zone of woodland streams. *Freshwater Biology*, 55, 2541-2556.

Simon C. (1991) Molecular systematics at the species boundary. In: *Molecular Techniques in Taxonomy* (Eds G.M. Hewitt, A.W.B. Johnston & J.P.W. Young), pp. 33-71. NATO ASI Series, Vol. 57. Springer-Verlag, Berlin.

Simon C. (1992) Molecular systematics. In: *Proceedings of First International Symposium on Molecular Techniques in Taxonomy* (Ed. J.C. Avise), pp. 23-34. Denton, Texas, 4-6 November 1992. Springer,

Berlin.

Titles of journals should not be abbreviated. Unpublished material, except for PhD theses, should not be included among the references, but should be cited as 'X. Xxxxx, unpubl. data' in the text.

COPYRIGHT TRANSFER AGREEMENT

Authors will be required to sign a Copyright Transfer Agreement (CTA) for all papers accepted for publication. Signature on the CTA is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Copyright Transfer Agreement does not affect ownership of copyright in the material. (Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned). After submission authors will retain the right to publish their paper in various medium/circumstances (please see the form for further details). An appropriate form will be e-mailed to authors during the final stages of acceptance. Alternatively, authors may like to download a copy of the form [Here](#). The Copyright Transfer Agreement form can be returned via fax, email or post to the Production Office (as provided above).

PROOFS

The corresponding author will receive an email alert containing a link to a web site. A working e-mail address must therefore be provided for the corresponding author. The proof can be downloaded as a PDF (portable document format) file from this site. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following web site:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>.

This will enable the file to be opened, read on screen and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Hard copy proofs will be posted if no e-mail address is available. Excessive changes made by the author in the proofs, excluding typesetting errors, will be charged separately.

OFFPRINTS

The final PDF offprint of the online published article will be provided free of charge to the corresponding author, and will be available via Wiley-Blackwell Author Services only. Please register for free access by visiting <http://authorservices.wiley.com/bauthor/> and enjoy the many other benefits the service offers. The PDF offprint may be distributed subject to the Publisher's terms and conditions. Paper offprints of the printed published article may be purchased if ordered via the method stipulated on the instructions that will accompany the proofs. Printed offprints are posted to the correspondence address given for the paper unless a different address is specified when ordered. Note that it is not uncommon for printed offprints to take up to eight weeks to arrive after publication of the journal.

EARLY VIEW

Freshwater Biology is covered by Wiley-Blackwell's Early View service. Early View articles are complete full-text articles published online in advance of their publication in a printed issue. Articles are therefore available as soon as they are ready, rather than having to wait for the next scheduled print issue. Early View articles are complete and final. They have been fully reviewed, revised and edited for publication, and the authors' final corrections have been incorporated. Because they are in final form, no changes can be made after online publication. The nature of Early View articles means that they do not yet have volume, issue or page numbers, so Early View articles cannot be cited in the traditional way. They are therefore given a Digital Object Identifier (DOI), which allows the article to be cited and tracked before it is allocated to an issue. After print publication, the DOI remains valid and can continue to be used to cite and access the article. More information about DOIs can be found at: <http://www.doi.org/faq.html>. To receive an e-mail alert once your article has been published, please see this page.

Supporting Information

Supporting Information can be published as web materials on the Freshwater Biology web site at the Editor's discretion. Note that if material is integral to the article it should be published as part of the article and not as Supporting Information. Supporting Information must be important, ancillary information that is relevant to the parent article but which does not or cannot appear in the printed edition of the journal. Supporting Information may include raw data in tables, more detailed versions of tables containing information of use to specialists but not necessary to understand the article, long species lists, detailed site information and distribution maps, descriptions of complex models, worked examples of complex statistical procedures, etc. In order to provide long term access to Supporting Information the Editors will generally prefer to see the material mounted on the Freshwater Biology web site rather than on authors' sites. The Supporting Information will be accessible by hot links from the on-line version of Freshwater Biology. Authors should note that Supporting Information is merely 'linked' to the article but will not be organised into any easily searched database; nor will it be subject to copy-editing. Authors are responsible for the preparation of Supporting Information, which should be supplied in a format that will be most accessible by readers. For more information please see our guidelines at <http://authorservices.wiley.com/bauthor/suppmat.asp>.